

№3(74) 2010  
Выпуск 10

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:**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Белгородский государственный университет»

**Издатель:**

Белгородский государственный  
университет.  
Издательство 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

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Зам. главного редактора

**Давыденко Т.М.**

проректор по научной работе Белгородского  
государственного университета, доктор  
педагогических наук, профессор

Ответственный секретарь

**Московкин В.М.**

доктор географических наук, профессор  
кафедры мировой экономики  
Белгородского государственного  
университета

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Председатель редколлегии

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Главный редактор

**Присный А.В.**

доктор биологических наук, доцент  
(Белгородский государственный  
университет)

Заместители главного редактора:

**Лебедева О.Е.**

доктор химических наук, профессор  
(Белгородский государственный  
университет)

**Корнилов А.Г.**

доктор географических наук, профессор  
(Белгородский государственный  
университет)

## НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

**Belgorod State University  
Scientific Bulletin  
Natural sciences**

### СОДЕРЖАНИЕ

#### БИОЛОГИЯ

Обзор классификации семейства Коноплёвые (Cannabaceae  
Endlicher, 1837, Gen. Pl. 286). **А.В. Лазарев 5**

Влияние слабых магнитных полей на рост корешка и интенсивность дыхания проростков колумбовой травы. **Р.А. Колчанов 10**

Особенности прорастания семян *Geum urbanum* L.

**Т.В. Бурченко, А.В. Лазарев 13**

Улучшение физических свойств клейковины путем добавления зернобобового компонента в шрот мягкой пшеницы.

**В.П. Нецветаев, Ю.Н. Куркина, Т.А. Рыжкова 19**

Эфирные масла плодов *Heraclium ponticum* (Lipsky) Schischk.  
И Н. Sosnowskiy Manden. **К.Г. Ткаченко 23**

Морфолого-генетические параметры популяций наземного моллюска *Bradybaena fruticum* Müll. в заповеднике «Галичья Гора». **Э.А. Снегин 28**

Карабидокомплекс заповедного участка «Ямская степь» и прилегающих территорий в зоне влияния Лебединского горно-обогатительного комбината. **А.В. Присный, Ю.А. Присный, А.В. Мусина 34**

Сравнительный анализ разных технологий выращивания канального сома (*Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818)).

**И.Ю. Киреева, Ю.В. Ярошик 41**

Первая регистрация сирийского дятла – *Dendrocopos syriacus* (Hemprich et Ehrenberg, 1833) на востоке Тамбовской области.

**А.Н. Гудина 45**

Анализ многолетней динамики авифауны в условиях Воронежской области на примере Бобровского Прибитюжья.

**А.Ю. Соколов 47**

Количественная оценка пигментации скорлупы яиц у птиц: определение концентрации протопорфирина. **С.А. Родионова, П.Д. Венгеров 56**

Население кабанов (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) в заповеднике «Белогорье» и Окском заповеднике. **В.В. Червоный, М.В. Щекало 61**

Взаимосвязь показателей микроциркуляции и системной гемодинамики у лиц юношеского возраста. **Е.С. Тверитина, М.З. Федорова 70**

Ответственный секретарь:

**Куркина Ю.Н.**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент (Белгородский государственный  
университет)

Члены редколлегии:

**Балаятинская Л.Н.**, доктор химиче-  
ских наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Батлуцкая И.В.**, доктор биологиче-  
ских наук, доцент (Белгородский  
государственный университет)

**Везенцев А.И.**, доктор технических наук,  
профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Колчанов А.Ф.**, кандидат биологических  
наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Лисецкий Ф.М.**, доктор географических  
наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Лукин С.В.**, доктор географических  
наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Петин А.Н.**, кандидат географических  
наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Сергеев С.В.**, доктор геологических  
наук, профессор (Белгородский  
государственный университет)

**Сорокопудов В.Н.**, доктор  
сельскохозяйственных наук, профессор  
(Белгородский государственный  
университет)

**Тохтарь В.К.**, доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
(Белгородский государственный  
университет)

**Федорова М.З.**, доктор  
биологических наук, профессор  
(Белгородский государственный  
университет)

**Чендев Ю.Г.**, доктор  
географических наук, профессор  
(Белгородский государственный  
университет)

Оригинал-макет *А.В. Присный,*  
*Н.А. Гапоненко*  
E-mail: [prisniy@bsu.edu.ru](mailto:prisniy@bsu.edu.ru)  
Подписано в печать 15.03.2010  
Формат 60×84/8  
Гарнитура Georgia, Impact  
Усл. п. л. 17,67  
Тираж 1000 экз.  
Заказ 54

Подписные индексы в каталоге агентства :  
«Роспечать» – 81466,  
в объединенном каталоге  
«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован  
в издательстве Белгородского  
государственного университета  
Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

## ХИМИЯ

Инструментальные методы в исследовании компонентного состава биологически активных веществ имбиря (*Zingiber officinale*).

**Н.Г. Габрук, Ле Ван Тхуан 77**

Каротиноиды, хлорогеновые кислоты и другие природные соединения плодов рябины. **И.А. Гостищев, В.И. Дейнека, И.П. Анисимович, М.Ю. Третьяков, П.А. Мясникова, Л.А. Дейнека, В.Н. Сорокопудов 83**

Идентификация биологически активных компонентов *Aloe arborescens* Miller. **В.А. Рюшина, Н.Г. Габрук, Т.А. Шутеева 93**

Моделирование сорбционных процессов на гетерогенных поверхностях. **В.И. Дейнека, А.Н. Чулков, Л.А. Дейнека 97**

Исследование влияния параметров процесса полимеризации акриловой кислоты на вязкость полиакриловой кислоты.

**Л.Ф. Перистая, В.А. Перистый, Н.А. Павлов, И.В. Индина, М.Н. Япрынцева 107**

Синтез металлорганического каркаса IRMOF-1: эффект растворителя. **А.Ю. Свистунов, К.С. Ерохин, О.Е. Лебедева 112**

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Оценка химической активности атмосферы в промышленных центрах Белгородской области. **М.Г. Лебедева, О.В. Крымская 117**

К вопросу о соответствии родников Краснояружского, Ракитянского и Новооскольского районов критериям памятников природы регионального значения. **Л.Л. Новых, Г.А. Орехова 123**

Инженерно-геологические условия функционирования комплекса Белгородского государственного университета. **С.В. Сергеев, М.А. Рыбалов 132**

О необходимости исследования стабильности подземных вод при разведке и эксплуатации водозаборов. **А. Т. Скиданов, Г.К. Бубнова, И.К. Богуцкий 137**

## МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Решение задач с экологическим содержанием.

**Л.В. Колчанова 143**

Сведения об авторах 147

Информация для авторов 149

**№3(74) 2010  
Issue 10**

**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:**

State educational establishment of higher professional education  
«Belgorod State University»

**Publisher:**

Belgorod State University  
BSU Publishing house

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 State University, doctor of sociological sciences, professor

Deputy editor-in-chief

**T.M. Davydenko**

Vice-rector for scientific research of Belgorod State University, doctor of pedagogical sciences, professor

Assistant Editor

**V.M. Moskovkin**

Doctor of geographical sciences, professor of world economy department Belgorod State 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. Prisyi**

Doctor of biological sciences, professor (Belgorod State University)

Deputies of chief editor:

**O.E. Lebedeva**

Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod State University)

**A.G. Kornilov**

Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

Responsible secretary:

**Yu.N. Kurkina**

Candidate of agricultural sciences, associate professor (Belgorod State University)

**Belgorod State University  
Scientific Bulletin**

**Natural sciences**

**НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ**

**Белгородского государственного университета**

**Естественные науки**

**CONTENTS**

**BIOLOGY**

The Review of Classification of Hemp Family Cannabaceae Endlicher, 1837, Gen. Pl. 286. **A.V. Lazarev 5**

Influence of Weak Magnetic Fields on Roots Growth and Breathing Intensity of the Columbus Grass Sprouts. **R.A. Kolchanov 10**

Features of Germination of Seeds *Geum urbanum* L.  
**T.V. Burchenko, A.V. Lazarev 13**

Improvement in the Physical Characteristics of Gluten by Adding the Leguminous Component in the Common Wheat Meal.  
**V.P. Netsvetayev, Yu.N. Kurkina, T.A. Rizhkova 19**

Essential oils of fruit *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk. and *H. sosnowskyi* Manden. **K.G. Tkachenko 23**

Morphology-Genetic Parameters of Populations of Terrestrial Mollusk *Bradybaena fruticum* Müll. in Reservation «Galichja Gora».  
**E.A. Snejin 28**

Complex of Ground-Beetles of a Reserve Site «Yamskaya Steppe» and of Beside Located Territories in a Zone of Influence of Lebedinsky Ore-Dressing Combine. **A.V. Prisyi, Yu.A. Prisyi, A.V. Musina 34**

The Comparative Analysis of Different Technologies of Channel Catfish Breeding (*Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818)).  
**I.Yu. Kireeva, Yu.V. Jaroshyk 41**

The First Registration of Syrian Woodpecker *Dendrocopos syriacus* (Hemprich et Ehrenberg, 1833) in the East of Tambov Region.  
**A.N. Gudina 45**

The analysis of the long standing bird fauna dynamics in Voronezh Region conditions on the example of the Bobrovskoye Pribityuzhiye.  
**A.Yu. Sokolov 47**

Quantification of the Bird Eggshell Pigmentation: Determination of the Protoporphyrin Concentration. **S.A. Rodionova, P.D. Vengerov 56**

The Population of Wild Boars (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) in Reservation «Belogor'e» and Okskyi Reservation.  
**V.V. Chervonny, M.V. Schekalo 61**

The Correlations of the Microcirculation Indicators and the Hemodynamics System of Youths with Different Psychophysiological Types. **E.S. Tveritina, M.Z. Fedorova 70**

Members of editorial board:

**L.N. Balyatinskaya**, Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod State University)

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

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

**A.F. Kolchanov**, Candidate of biological sciences, professor (Belgorod State University)

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

**S.V. Lukin**, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State University)

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

**S.V. Sergeev**, Doctor of geography-mineralogical sciences, professor (Belgorod State University)

**V.N. Sorokopudov**, Doctor of agricultural sciences, professor (Belgorod State University)

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

**M.Z. Fiodorova**, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod State University)

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

Page layout by A.V. Prisniy  
N.A. Gaponenko  
E-mail: prisniy@bsu.edu.ru  
Passed for printing 15.03.2010  
Format 60×84/8  
Typeface Georgia, Impact  
Printer's sheets 17,67  
Circulation 1000 copies  
Order 54

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

## CHEMISTRY

Identification of Biologically Active Substances in Ginger (*Zingiber Officinale*) With Instrumental Methods. **N.G Gabruk, Le Van Thuan** 77

Carotenoids, Chlorogenic Acids and Other Natural Compounds of Sorbus Fruit. **I.A. Gostyshchev, V.I. Deineka, I.P. Anisimovich, M.Yu. Tre'akov, P.A. M'asnikova, L.A. Deineka, V.N. Sorokopudov** 83

Identification of Biologically Active Substances of *Aloe arborescens* Miller. **V.A. Ryushina, N.G. Gabruk, T.A. Shuteeva** 93

Sorption Modelling Upon Energetically Heterogeneous Surfaces. **V.I. Deineka, A.N. Chulkov, L.A. Deineka** 97

The Study of the Acrylic Acid Polymerization Parameters Effect on Viscosity of Polyacrylic Acid. **L.F. Peristaya, V.A. Peristy, N.A. Pavlov, I.V. Indina, M.N. Yapryntsev** 107

Synthesis of Metal-Organic Framework IrmoF-1: Effect of Solvent. **A.Yu. Svistunov, K.S. Erokhin, O.E. Lebedeva** 112

## EARTH SCIENCES

The Estimation of Atmosphere Chemical Activity in the Industrial Centers in Belgorod Region. **M.G. Lebedeva, O.V. Krymskaya** 117

Conformity of Springs of the Krasnoyarskiy, Rakityanskiy and Novooskolskiy Districts with the Criteria of Nature Sanctuaries of the Regional Value. **L.L. Novykh, G.A. Orehova** 123

Engineering-Geological Operating Conditions of the Complex of Belgorod State University. **S.V. Sergeev, M.A. Rybalov** 132

About Necessity of Research of Underground Waters Stability at Investigation and Water Fences Operation. **A.T. Skidanov, G.K. Bubnova, I.K. Bogutsky** 137

## METHODS OF TEACHING OF NATURAL SCIENCES

The Solution of Problems with Ecological Contents. **L.V. Kolchanova** 143

Information about Authors 147

Information for Authors 149

# БИОЛОГИЯ

УДК 582.635.38

## ОБЗОР КЛАССИФИКАЦИИ СЕМЕЙСТВА КОНОПЛЁВЫЕ (*CANNABACEAE* Endlicher, 1837, Gen. Pl. 286.)

**А.В. Лазарев***Белгородский  
государственный  
университет**Россия, 308015, г.Белгород,  
ул. Победы, 85**E-mail: lazarev@bsu.edu.ru*

Приведены результаты исследований систематики семейства коноплёвые, его положения в системе покрытосеменных. Для Белгородской области отмечены два рода: *Cannabis*, *Humulus*. Составлен определитель родов и видов.

Ключевые слова: семейство *Cannabaceae*, классификация, систематика, морфология.

### Введение

Семейство коноплёвых описано С.Л. Эндлихером в 1837 году [1]. Некоторые авторы включали его в семейство Могасеае в качестве подсемейства *Cannaboideae* [2, 3, 4], другие выделяли в самостоятельное семейство и размещали в системе порядка Крапивоцветные после тутовых.

Цель исследования коноплёвых: изучение систематического положения в системах покрытосеменных, изучение классификации и обобщение сведений о нём из различных литературных источников.

В результате проведенных нами исследований это семейство также считается самостоятельным., но включается в подпорядок *Urticineae* вместе с *Urticaceae*. Главные отличия от Могасеае – это отсутствие млечного сока и колпачков из прилистников на верхушках побегов, сухие плоды, скрученный зародыш в семени. Семена у коноплевых с эндоспермом. Цветки собраны в цимозные метельчатые соцветия. Мужские цветки имеют пятичленный околоцветник и пять прямых тычинок. По основным признакам оно ближе к крапивным.

Нами это семейство включено в подпорядок Крапивоцветные (Subordo *Urticineae*) [5]:

Система порядка *Urticales*

Subordo ULMINEAE.

1. *Ulmaceae* Mirbel, 1815. Gen. 7. Spp. с. 63.

2. *Celtidaceae* Link., 1831. Gen. 11. Spp. с. 150.

Subordo MORINEAE.

3. *Moraceae* Link., 1831. Gen. с. 34. Spp. с. 250.

4. *Artocarpaceae* Brown., 1819. Gen. с. 33. Spp. с. 256.

5. *Ficaceae* Dumort., 1829. Gen. 1. Spp. с. 1000.

Subordo URTICINEAE.

6. *Urticaceae* A.I.de Jussieu, 1789. Gen. 45. Spp. 850.

7. *Cecropiaceae* C.C.Berg, 1978. Gen. 6 (8?). Spp. 200.

**8. *Cannabaceae* Endlicher, 1837. Gen. 3. Spp. 4.**

Ниже даём более полное описание этого семейства.



Коноплевые – это прямостоячие или вьющиеся травы. Листья очередные или супротивные, пальчатолопастные или цельные, пальчатонервные. Прилистники свободные, остающиеся. Устьица аномоцитные. Цветки мелкие, невзрачные, анемофильные, в сложных цимозных соцветиях, аксиллярные. Растения однодомные или двудомные. Мужские соцветия метельчатые, многоцветковые. Женские соцветия сидячие, малоцветковые, головчатые или в виде «шишек». Мужские цветки: чашелистиков 5 черепитчатых, тычинок 5 супротивных, в почках прямые, рудиментарный гинецей (пистиллодий) отсутствует, пыльники двугнездные, вскрываются вдоль. Женские цветки: сидячие, имеют сростнолистную и цельнокрайнюю перепончатую чашечку, завязь сидячая одногнездная. Гинецей из 2 плодолистиков, столбик двураздельный с 2 длинными рыльцами, центральный, стилодиев 2 или 1. Семязачаток 1, апикальный. Плод орех с согнутым (у *Cannabis*) или улиткообразным завитым (у *Humulus*) зародышем и с небольшим количеством мясистого эндосперма. Цистолиты имеются в волосках. Во флоеме имеются секреторные структуры с зернистым содержимым. Млечники и млечный сок отсутствуют. Вторичная ксилема в стебле в виде сплошного кольца. Членики сосудов и волокнистые элементы с простыми порами. Оболочка микроспор обычно 3-, реже 2-, 4-, или 6-поровая; поры экваториальные, свободные, слегка приподнятые; пленка поры имеет слабо заметное утолщение в центре; онкус достигает значительной толщины; экзина тонкая [9]; спородерма коноплевых похожа на таковую рода *Maclura*.  $2n = 16, 20; x = 8$  (*Humulus*), 10 (*Cannabis*). Родов 3, видов 4. Таким образом, объём сем. Cannabaceae ограничивается тремя близкими родами: *Cannabis*, *Humulopsis*, *Humulus*. [6-12].

Type genus: *Cannabis* L.

#### КЛЮЧ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОДОВ

1. Прямостоячие, однолетние растения. Листья очередные или нижние супротивные, пальчато-рассеченные, зародыш поперек согнут.

.....1. Конопля – ***Cannabis* L.**  
– Листья супротивные, 5-7-пальчатолопастные, зародыш свернут в спираль. Лианы, цепляющиеся за опору Т-образными волосками.....2

2. Травянистая, однолетняя, двудомная лиана. Женские соцветия почти головчатые, 1.5-3.0 см дл. зеленоватые. ....3. ***Humulopsis* Grudz.**

– Вьющиеся многолетние растения. Листья все супротивные, пальчато-лопастные. Женские соцветия колосовидные, коричневатые, в виде «шишек».

.....2. **Хмель – *Humulus* L.**

#### 1. КОНОПЛЯ – *CANNABIS* L. Sp. Pl. 1027 (1753).

Высокие прямостоячие однолетние травы; листья очередные или нижние супротивные, черешковые, пальчато-лопастные с отдельными ланцетными зубчатыми сегментами; прилистники свободные; мужские цветки в метельчатых соцветиях; женские цветки расположены на осях между облиственными веточками. Мужские цветки: чашечка 5-членная, сегменты черепитчатые, тычинок 5. Женские цветки: чашечка пленчатая, прилегающая к завязи, цельная; завязь сидячая, столбик центральный, 2-раздельный, семяпочки висячие; орешек более или менее заключен в пленчатую чашечку, семена с мясистым односторонним эндоспермом; зародыш изогнут, с толстыми семядолями. 2 spp. [6-12].

Type: *C. sativa* L. В.Н.3:357;Е.Р. 3,1:97.

#### КЛЮЧ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ РОДА КОНОПЛЯ

1. Плоды при основании без сочленения, не опадающие, гладкие, серые, 4-5 мм дл.; околоплодник при плодах отсутствует. .... 1. **Конопля посевная – *C. sativa* L.**

– Плоды у основания с сочленением, легко опадающие, мраморовидные 3.5-4.5 мм дл.; околоплодник при плодах плотно прилегает.

..... 2. **К. сорнополевая – *C. ruderalis* Janisch**

### 1. Конопля посевная – *C. sativa* L. Sp. Pl.(1753) 1027

Однолетник, 50-150 см до 3 м высоты. Стебли ветвящиеся, неясно ребристые, коротко опушенные и покрытые точечными янтарными железками. Нижние листья супротивные, 5-7 (11) – пальчато-раздельные, доли линейно-ланцетные, крупно пильчатые; верхние листья очередные, тройчатые, иногда простые. Листья сверху темно-зеленые, покрыты жесткими волосками (в основании с окаймленными точечными цистолитами), снизу беловато-зеленые, покрыты щетинистыми волосками и желтыми дисковидными железками. Черешки опушенные, почти такой же длины, как лист. Прилистники мелкие, свободные, опадающие. Муж. соцвет. в виде цимозных метелок, цв. 1-1.5 мм дл., с 5 (4)-членным околоцветником. Тыч. 5, пыльники крупные, нити тычинок тонкие, короткие, в почке прямые. Растения отмирают вскоре после цветения. Пестичные. цв. 1-2 мм дл., почти сидячие, собраны в коротко колосовидные соцвет., в пазухах прицветников и прицветничков, густо покрытых желтоватыми железками. Околоцветник. 5-6 мм дл., цельный, незаметный, плотно прилегающий к завязи, рылец 2. Плод яйцевидный, 3-4 мм дл. и 2-3 мм шир. VII-VIII. Часто дичает, встречается по сорным местам, вдоль дорог, вблизи жилья, изредка в посевах, во всех районах, кроме Крайнего Севера, чаще в степных районах Юго-востока Европ. части СНГ и Сибири. **Европ. часть:** Заволж., Ниж.-Волж.; **Кавказ:** Предкавказ., Даг.; **Зап. Сибирь:** Верх.-Тоб., Ирт., Алт.; **Вост. Сибирь:** Лен.-Кол., Анг.-Саян., Даур.; **Дальн. Восток:** Уссур., Зее-Бур., Сах., Удск.; **Ср. Азия:** Арало-Касп., Прибалх., Дж.-Тарб., Тянь-Шан., Пам.-Ал. [8].

Широко разводилась в средней и южной полосах Европейской части СССР как текстильную, пищевую, техническую и масличную культуру. Из стеблей получали пеньку для изготовления мешков, канатов, пакли, одежды. Семена содержат до 40% жирного масла, которое использовалось в пищу и для приготовления мыла и олифы. В Азии и Африке, в субтропиках Америки конопля выращивается для получения медикаментов и наркотика. Наибольшее содержание наркотика у конопли индийской (*Cannabis sativa* var. *indica* L.[11]. В женских соцветиях железки накапливают смолу. Эту смолу под названием «гашиш» употребляют для курения и жевания. Наркотическое действие обусловлено наличием смолистого вещества с резким специфическим запахом – тетрагидроканнабиола из так называемых галлюциогенов каннибиолов. Одурманивающее действие конопли известно свыше тысячи лет. Об одурманивании дымом сообщал Геродот в своей знаменитой «Истории». Скифы не мылись водой, а устраивали себе «баню» в юрте. На раскаленные камни бросали семя конопли и вдыхали дым и пар. Измельченную часть растений используют для изготовления сигарет и называется марихуаной. Самый опасный наркотик гашиш, смолистое вещество. Считают, что название его произошло от названия исмаилистской секты в Аравии «хихашин». Они занимались ритуальными убийствами с применением гашиша для придания решимости. В 1961 году заключена Единая Конвенция по регулированию распространения наркотиков. Ее подписали все государства члены ООН.

### 2. Конопля сорнополевая – *C. ruderalis* Janisch

Однолетник, 50-120 см., V-VIII. Сорное, близ жилищ, по обочинам дорог, мусорным местам, в огородах, садах, на залежах, иногда в посевах зерновых, редко и в небольшом количестве.

Рудерально-сегетальный неустойчивый сорняк. Распространен чаще в степных районах юго-востока Европ. части СНГ и Сибири. **Европ. часть:** Верхн.-Днепр., Волж.-Дон., Днепр., Причерн., Ниж.-Дон., Ниж.-Волж.; **Кавказ:** Предкавказ., Вост. и Зап. Закавказ.; **Зап. Сибирь:** Верх.-Тоб., Ирт., Алт.; **Ср. Азия:** Прибалх., Тянь-Шан. Тип в Саратове [8].

### 2. ХМЕЛЬ – *HUMULUS* L. Sp. Pl. 1028 (1753); Gen. pl. ed. V(1754) 453; *Lupulus* Mill.(1754); Moench, Meth. 331 (1794)

Вьющиеся или ползучие многолетние растения до 5-6 м длины, с грубыми волосками. Листья супротивные, на длинных черешках, 3-5-лопастные (верхние иногда



цельные), округлые или яйцевидные, заостренные, с сердцевидным основанием, крупнопильчатые, зубцы с остроконечием, 5-7 нервные от основания, сверху гладкие, снизу шероховатые. Прилистники б. м. сросшиеся, опадают через некоторое время. Растения двудомные. Цветки на цветоножках, раздельнополые. Мужские соцветия метельчатые, женские – колосовидные в головках. В пазухе кроющих листьев развивается до 6 пестичных цветков. Мужской цветок: чашечка 5 раздельная, сегменты черепитчатые, тычинок 5, пыльники продолговатые. Женский цветок: чашечка тонкопленчатая, сросшаяся; завязь сидячая, столбик центральный, 2 раздельный; семязачки висючие, орешек широко яйцевидный, окруженный остающейся, часто железистой чашечкой; перикарп корковидный, семена с белым мясистым эндоспермом, спирально закрученным зародышем и узкими семядолями. 1 sp. В литературе упоминается также культивируемое декоративное растение хмель японский (*H. lupulus* var. *japonicus*). [8].

Тип: *H. lupulus* L. В. Н. 3:356; Е. Р. 3, 1:96.

Хмель обыкновенный культивируется с давних времён и дичает. Растёт на всех континентах. Из волокна изготавливали мешки, шпагат. Используют его в основном в производстве пива, в хлебопечении. Придаёт аромат и горечь. Для этого заготавливают женские соцветия «шишки». Из них готовят настой для производства пива. «В талмудических комментариях к библии утверждается, что евреи, находившиеся в пленении в Вавилоне, спаслись от проказы только потому, что пили пиво, приготовленное из хмеля» [13]. Хмель используется в медицине как успокоительное, мочегонное, противовоспалительное средство. Он входит в состав успокоительного чая.

### 3. HUMULOPSIS Grudz. 1988. Бот. ж. Т. 73, 4

Однолетняя травянистая, двудомная лиана; стебли ребристые, до 6 м дл., ветвящиеся, цепляющиеся. Листья супротивные, зубчатые, 5-7 – пальчато-лопастные, 5-12 см дл. и шир., в основании сердцевидные, снизу покрыты также мягкими желтыми дисковидными железками. Черешки почти такой же длины, как и пластинки, покрыты цепляющимися волосками. Мужские цветки: 5-мерные, собраны в метельчатые соцветия, 15-25 см дл.; тычинок 5, в почкосложении прямые, нити тонкие, вдвое короче пыльников. Пыльники двугнёздные. Листочки околоцветника реснитчатые, густоопушённые жёлтыми железками; Женские соцветия почти головчатые, 1.5-3 см дл., 10-12-цветковые. Цветки расположены по одному в пазухе прицветника. Околоцветник 2,5 мм дл., незаметный, неразделенный, пленчатый, с 12-14 жилками, при плодах пятнистый; завязь верхняя, рылец 2, вдвое длиннее завязи. Соплодие плотное, почти головчатое, до 3 см дл. Плод яйцевидно-шаровидный, 4-6 мм дл., плотно заключенный в околоцветник и обернутый разросшимся, толстоватым, на верхушке длинно суженным прицветником. Зародыш свернут в спираль. 2 n = 16 у женских растений и 2 n = 17 у мужских. Тип: *H. scandes* (Lour.) Grudz.

От рода *Humulus* хорошо отличается продолжительностью жизненного цикла, строением соцветий и соплодий, анатомическим строением перикарпия и черешка, составом флаваноидов, отсутствием люпулиновых железок, ультраструктурой околоцветника женских цветков, хромосомными числами.

Распространение: Дальний Восток России (Нижне-Зейский, Буреинский, Уссурийский, Южно-Сахалинский, Южно-Курильский районы), Восточный Китай, Япония, Корея. В восточных штатах Северной Америки распространился после интродукции. Ископаемые аналоги найдены (плоды) в олигоценовых отложениях Западной Сибири [14].

Единственный вид *H. scandes* описан из Китая. Произрастает по берегам рек на песчано-галечниковых отмелях, по долинам рек среди кустарников, в ольшаниках и ивняках, а также сорничает вдоль дорог, на вырубках по опушкам и близ жилья. X. лазящий [15, 16].

### Список литературы

1. Endlicher S.L. Genera plantarum. – Wien, 1836. – 1840. – 612 p.
2. Bentham G., Hooker J. D. Genera Plantarum. – London, 1862-1883. – Vol. I-III.





3. Engler A. Syllabus der Pflanzenfamilien. 11 Aufl. Berlin. (Herausgegeben von Ludvig Diels). – Berlin, 1936. – Bd. 1. – S. 183-184.
4. Engler A. Syllabus der Pflanzenfamilien. 12 Aufl. Berlin. (Herausgegeben von H. Melchior). – Berlin, 1964. – Bd. 2. – 621.
5. Лазарев А. В. Система крапивоцветных: Монография. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2005. – 208 с.
6. Тахтаджян А. Л. Система и филогения цветковых растений. – М.; Л.: Наука, 1966. – С. 128-129
7. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – С. 134.
8. Ярмоленко А.В. Порядок *Urticales* // Флора СССР. – М.; Л.: Изд. акад. наук СССР. – Т. 5. – С. 382-384.
9. Куприянова Л.А. Палинология сereжкоцветных. – М.; Л.: Наука, 1965. – 215 с.
10. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. – М.: Тов. научн. изданий КМК, 2006. – С. 187.
11. Журбин А.И. Ботаника с основами общей биологии. – М.: «Медицина», 1968. – С. 286.
12. 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. – С. 204-205
13. Грудзинская И.А., Яценко-Хмелевский А.А. Порядок крапивоцветные *Urticales*). (Жизнь растений. – М.: Просвещение, 1980. – Т. 6. Ч. 1 – С. 259-289.
14. Дорофеев П.И. *Urticales* // Ископаемые цветковые растения СССР. – М.; Л.: Наука, 1982. – Т. 2. – С. 7-59.
15. Грудзинская И. А. К систематике семейства *Cannabaceae* // Бот. журн. – 1988. – Т. 73, № 4. – С. 589 – 593.
16. Mason, Charles T. Vascular Plants of Arizona. *Cannabaceae* hemp famili // J. Ariz. Nev. Acad. Sci. – 1999. – 32, № 1. – P. 53-54.

### THE REVIEW OF CLASSIFICATION OF HEMP FAMILY *CANNABACEAE* Endlicher, 1837, Gen. Pl. 286

#### A.V. Lazarev

Belgorod State University

Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia

E-mail: lazarev@bsu.edu.ru

The presents the results of experimental studies in quarantine weeds of *Ambrosia artemisiifolia*. The author shows the dependence of allelopathic effect on plants' organ, concentration and the way of making an extraction.

Key words: allelopathy, quarantine weed, quarantine weeds, biologically active substances.



## ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА РОСТ КОРЕШКА И ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ ПРОРОСТКОВ КОЛУМБОВОЙ ТРАВЫ

**Р.А. Колчанов**

*Белгородский  
государственный  
университет*

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

*E-mail:  
kolchanov@dsu.edu.ru*

Представлены данные по влиянию магнитного поля (МП) на рост корешка и интенсивность дыхания проростков колумбовой травы. Установлено, что длина корешка проростков колумбовой травы в ослабленном магнитном поле (ОМП) превышает контрольные на 58%, а в пульсирующем магнитном поле (ПуМП) на 49%; замедление ростовых процессов сопровождалось в ОМП усилением выделения  $\text{CO}_2$  по сравнению с контрольными вариантами на 70-100%.

Ключевые слова: слабое магнитное поле, пульсирующее магнитное поле, геомагнитное поле, колумбова трава, корешки, дыхание, проросток, интенсивность, влияние, дыхательный коэффициент.

При изучении влияния однородного магнитного поля (ОМП) небольшой напряженности (58 и 62 Э) было обнаружено [1], что эти поля подавляют поглощение кислорода прорастающими семенами люпина, конских бобов, ржи, кукурузы, одновременно стимулируя рост проростков. При одинаковом количестве израсходованного сухого вещества зерновки содержание сухого вещества проростка на единицу длины снижалась по сравнению с контролем. Отмечалось также увеличение содержания РНК в опытных проростках по сравнению с контрольными. Одновременно магнитное поле (МП) напряженностью 10 и 20 Э вызывает поглощение кислорода семенами овса, ржи, бобов [2], причем наблюдалась прямая зависимость между напряженностью МП и степенью подавления дыхания.

Подавление дыхания прорастающих семян обнаружено в постоянном магнитном поле (ПМП) и более высоких напряженностей – 4000 и 12000 Э [3], при этом обнаруживается снижение энергетической эффективности дыхания.

При изучении влияния ПМП 4000 и 12000 Э на дыхательный коэффициент (ДК) установлено некоторое его повышение, а в то же время слабое (20 Э) магнитное поле не обнаруживает влияния на ДК [3] как и вообще на потребление кислорода. Необходимо при этом отметить, что изучение дыхательного коэффициента при действии МП производилось на изолированных корешках. То, что в опытах с целыми растениями (проростки) установлено снижение поглощения кислорода на 12-20% по сравнению с контролем говорит о том, что целые растения обладают более высокой чувствительностью к МП.

Как видим, влияние магнитных полей на процесс дыхания растений исследователями изучался. Тем не менее, мы использовали этот важнейший показатель жизнедеятельности растений, поскольку необходимо было решить вопрос о возможном влиянии на процесс дыхания ослабленного магнитного поля и слабых искусственных магнитных полей, сопоставимых по напряженности с геомагнитным полем.

Ослабление достигалось экранированием геомагнитного поля с помощью двойных стальных стаканов (до  $0,5 \times 10^{-3}$  Э) и в специальной камере, моделирующей геомагнитное поле (ослабленное до 0,1 Э). Пульсирующее магнитное поле (ПуМП) 30 Э получали в кольцах Гельмгольца.

Семена колумбовой травы располагались на фильтровальной бумаге зародышевой частью вниз, то есть перпендикулярно поверхности Земли; конец бумажного рулона опускали в стаканчик с водой. Контрольные семена помещались в аналогич-

ных рулонах в асбестовые стаканы равного объема с остальными. Прорастание проводилось при температуре 23°C.

В результате исследований было установлено (рис. 1), что длина корешка проростков колумбовой травы в опытных вариантах превышает контрольные. Причем наиболее ярко это проявляется на третьей сутки. ОМП 0.1 Э вызывает увеличение длины корешков на 58%, а ПуМП 30 Э увеличивает длину корешков на 49% по сравнению с контролем.

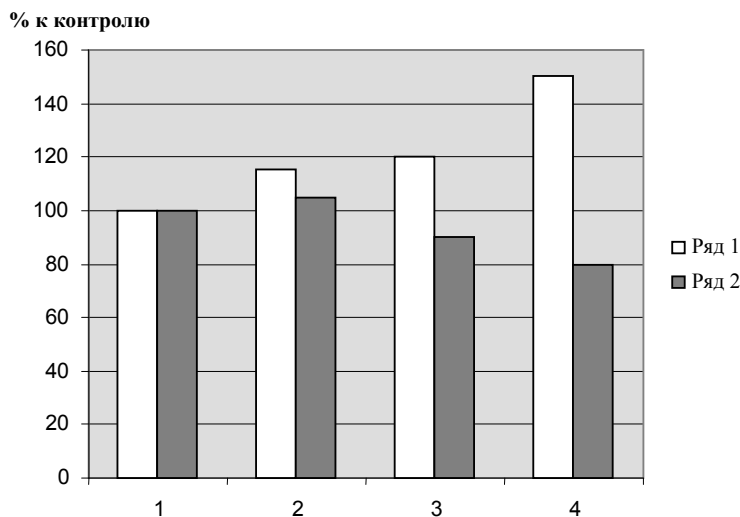


Рис. 1. Влияние пульсирующего магнитного поля  $H = 30 \text{ Э}$  на рост корешка (ряд 1) и интенсивность дыхания (ряд 2) проростка колумбовой травы (1 – контроль, 2 – 24 час., 3 – 48 час., 4 – 72 час.)

В опытах с ослабленным магнитным полем (ОМП) было установлено, что длина корешков колумбовой травы достоверно меньше, чем в контрольном варианте. Эта разница проявляется уже к 48 часу прорастания и сохраняется до 72 часа. Следует сказать, что подобное торможение роста корешков в ПМП мы наблюдали и в других опытах с проростками вики, гороха и проса.

Наряду с торможением роста корешка отмечены и другие нарушения роста: корешки в опытных вариантах чаще имели хаотическое направление (изгибы кончиков в разные стороны и т.п.). Отклонение от нормы у растений, прорастающих в ОМП, наблюдал П.П. Чуваев [4].

Определение интенсивности дыхания проростков колумбовой травы показало, что в ОМП оно выше, чем в контроле. Таким образом, задержка роста корешка проростка колумбовой травы в ОМП сопровождается усилением выделения  $CO_2$  (рис. 2).

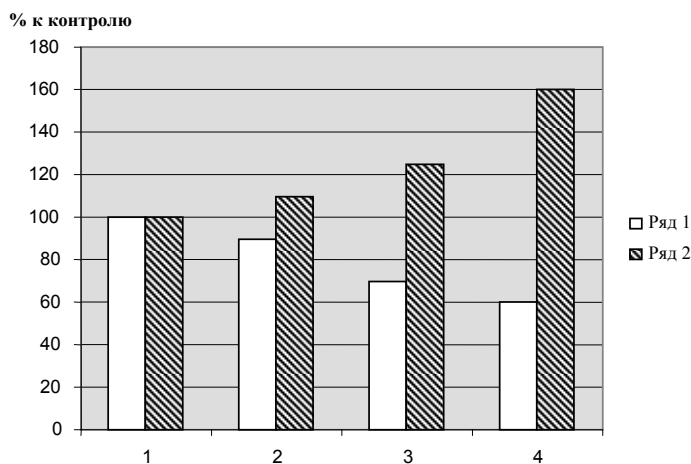


Рис. 2. Влияние ослабленного магнитного поля (экранирование геомагнитного поля до  $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Э}$ ) на рост корешка (ряд 1) и интенсивность дыхания (ряд 2) проростков колумбовой травы (1 – контроль, 2 – 24 час., 3 – 48 час., 4 – 72 час.)

Г.А. Тараканова и др. [2] показали, что в однородном магнитном поле (10 и 20 Э) между интенсивностью роста и потреблением кислорода нет прямой корреляции. В



наших опытах замедление ростовых процессов сопровождалось в ОМП усилением выделения  $\text{CO}_2$  по сравнению с контрольными вариантами на 70-100%.

#### Список литературы

1. Стрекова В.Ю., Тараканова Г.А., Прудникова В.П., Новицкий Ю.И. Некоторые биологические и цитохимические изменения у прорастающих семян в постоянном магнитном поле. I. Влияние неоднородного магнитного поля низкой напряженности // Ж. Физиол. раст. – 1965. – Т. 12, № 5. – С. 920-929.
2. Тараканова Г.А., Стрекова В.Ю., Прудникова В.П., Новицкий Ю.И. Некоторые биологические и цитохимические изменения у прорастающих семян в постоянном магнитном поле. II. Влияние неоднородного магнитного поля низкой напряженности // Ж. Физиол. раст. – 1965. – Т. 12, № 6. – С. 920-929.
3. Тараканова Г.А. Действие и последствие постоянного магнитного поля на дыхательный газообмен корней // Электронная обработка материалов. – Кишинев, 1968. – № 2. – С. 87-90.
4. Чуваев П.П. Влияние ориентации семян по сторонам на скорость их прорастания и характер роста проростков // Ж. Физиол. раст. – 1967. – Т. 14, вып. 3. – С. 540-543.

#### INFLUENCE OF WEAK MAGNETIC FIELDS ON ROOTS GROWTH AND BREATHING INTENSITY OF THE COLUMBUS GRASS SPROUTS

**R.A. Kolchanov**

*Belgorod State University*

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

*E-mail:  
kolchanov@dsu.edu.ru*

Date of magnetic field influence on roots growth and breathing intensity of columbus grass sprouts are presented. It is determined the rootlet length of the columbus grass sprouts in weak magnetic field (WMF) exceeds control ones by 58%, and in circular magnetic field (CMF) by 49%; in weak magnetic field (WMF) slowing down of growing processes is accompanied with intensification of  $\text{CO}_2$  precipitation by 70-100% in comparison with control variants.

Key words: weak magnetic field, circular magnetic field, geomagnetic field, columbus grass, roots, breathing, sprout, intensity, influence, respiratory quotient.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *GEUM URBANUM* L.

**Т.В. Бурченко,  
А.В. Лазарев**

Белгородский  
государственный  
университет

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

E-mail: lazarev@bsu.edu.ru

Выявлено, что для гравилата городского благоприятное воздействие в процессе проращивания семян оказывает стратификация и замачивание. Под воздействием стратификации процесс появления корешков ускоряется на 5 дней. Замачивание семян в течение 4 – 5 дней также увеличивает скорость их прорастания.

Ключевые слова: гравилат городской, семена, проращивание.

### Введение

Проращивание семян – это сложный процесс, зависящий от многих условий: температуры, особенностей субстрата, физиологических особенностей самих семян и др. Гравилат относится к неприхотливым растениям, не требующим особых условий для своего произрастания, он зимостоек и засухоустойчив. В природе всхожесть семян сохраняется 3 – 4 года. Всходы и взрослые растения переносят длительное похолодание. У рода *Geum* L. достаточно продолжителен период, когда семена находятся в состоянии покоя (4–6 месяцев) [1]. В естественных условиях семена способны прорасти уже в первую осень после рассеивания. Массовое же прорастание (70 – 80%) наблюдается весной [2]. По данным, приведенным в работе Taylor [3], всхожесть семян довольно высока даже через год в случае хранения семян в лабораторных условиях.

Целью нашей работы является установление зависимости скорости прорастания семян *Geum urbanum* L. от различных факторов: замачивания, света и стратификации.

По мнению многих авторов, процесс проращивания будет более эффективным, если будут созданы оптимальные температурные условия, влажность среды, доступ достаточного количества кислорода и [4, 5]. Для большинства культур максимальная температура прорастания семян лежит в пределах 35-40%. Применительно к гравилату установлено, что минимальные температуры для прорастания семян, собранных в разных популяциях от 10 до 12,4°C в лабораторных условиях, в природе – на 4°C ниже. В природе в период прорастания семян для них предпочтительна умеренная влажность почвы.

### Материал и методика исследования

Качество семян определяется их всхожестью, энергией прорастания, жизнеспособностью, доброкачественностью, чистотой, хозяйственной годностью и массой семян. Изучалась всхожесть семян гравилата городского по методике М. К Фирсовой. Определялась зависимость скорости прорастания семян от света и затемнения, стратификации, влажности. Для экспериментов использовали семена *Geum urbanum* урожая 2009 года, произрастающего в районе посёлка Крейда г. Белгорода и хранили в сухом месте в бумажных пакетах. Масса семян определялась на электронных весах с точностью до 0.01 г. В наших опытах проращивание свежесобранных семян осуществлялось в лабораторных условиях в чашках Петри на поверхности влажной марли. Температура воздуха в помещении колебалась от 18 до 20°C. Для каждого варианта исследований было взято по 100 штук семян в четырехкратной повторности.

Нами проводились различные способы предпосевной подготовки (замачивание, стратификация). Всхожесть анализируемого образца устанавливалась путём вы-

числения среднего арифметического из результатов проращивания четырёх повторностей с учётом допустимых отклонений.

Энергия прорастания – это способность семян давать нормальные проростки за установленный более короткий, чем для определения всхожести, срок. Этот показатель определяется параллельно со всхожестью. Он характеризует дружность прорастания семян.

Срок учёта энергии прорастания семян определяли средним минимальным количеством дней, в течение которых произрастает максимум семян гравилата. Средний семенной покой (P) рассчитывали по формуле:

$$P = (a_1 t_1 + a_2 t_2 + \dots + a_n t_n) / (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$$

где  $t_1, t_2, \dots, t_n$  – дни от начала проращивания семян;

$a_1 + a_2 + \dots + a_n$  – число семян, соответственно проросших в эти дни.

Исследования выполнены с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

### Результаты исследования

Гравилат городской достаточно интересное растение в плане строения плода и семени. Плод – многоорешек. Орешки односемянные покрыты волосками, при основании прижатые, кверху отстоящими, булавовидные, красноватые, блестящие, сжатые с боков, слегка бороздчатые, сужены в носик. Плодик заканчивается крючком. Гравилат относится к эпизоохорным растениям. У видов гравилата цепляющийся крючок на орешке является нижним члеником столбика, удлиняющимся у плода. Распространению семян животными и человеком способствуют также многочисленные волоски и неровности на поверхности плода (рис. 1, 2, 3, 4). Длина волосков на плодиках гравилата городского колеблется в пределах  $52.93 \mu\text{m}$  –  $13339.51 \mu\text{m}$  (рис. 2, 5).



Рис.1. Проращение семян

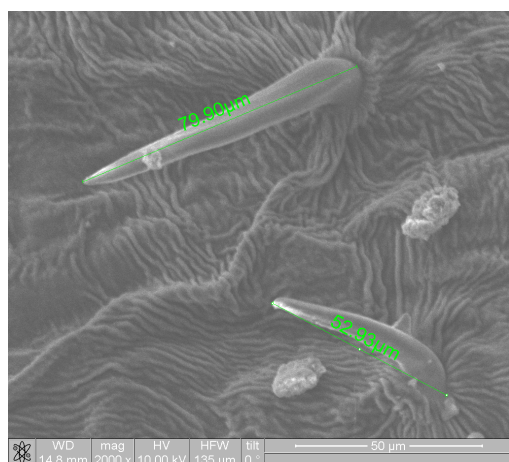


Рис.2 Волоски и неровности

У гравилата городского более крупные семена прорастают значительно лучше, что зависит от большего количества питательных веществ.

Как известно, существует два типа прорастания семени: подземный или гипогейный, когда семя остаётся под землёй, и надземный, или эпигейный, когда семя выносится над поверхностью почвы растущим гипокотилем вместе с семядолями [6]. Известно, что городской гравилат относится к растениям с эпигейным прорастанием. Так как для многих видов, произрастающих в естественных условиях, экологическое значение светочувствительности очень важно, мы проводили проращивание семян гравилата городского без доступа света и на свету. На наш взгляд, семена *Geum urbanum*, переносимые как человеком, так и животными, попадают на поверхность почвы, а не заделываются внутрь. Именно свет является одним из стимуляторов прорастания семян. Наши опыты показали наибольшее количество семян проросших в первые дни именно на свету, на что указывают результаты экспериментов первой повторности (табл. 1).

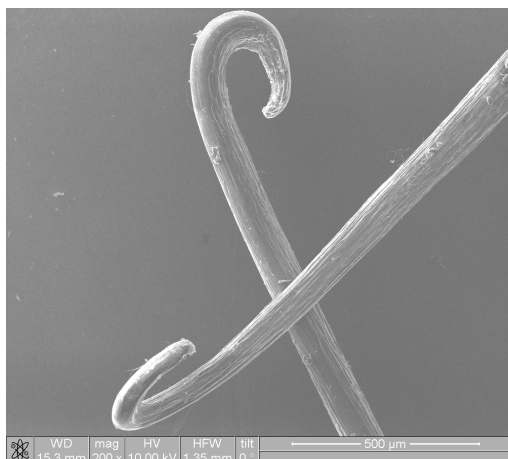


Рис. 3. Столбики с крючком

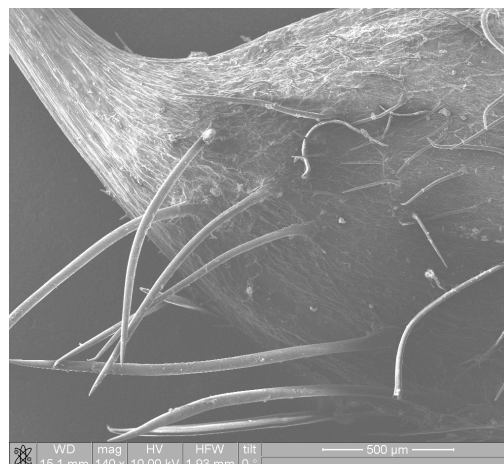


Рис. 4. Основание столбика с тонкими волосками

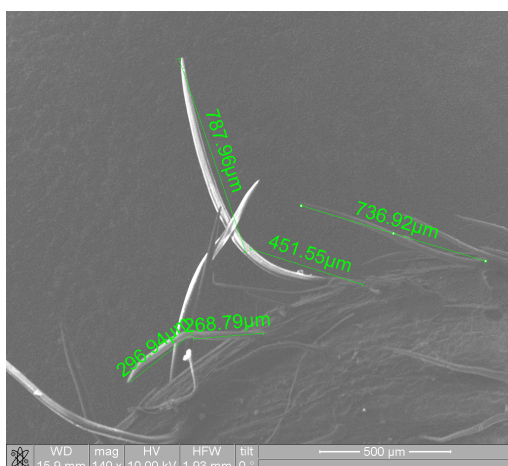


Рис. 5. Длина тонких волосков

Как видно из полученных результатов, первые проростки появились на 11 день (см. табл. 1). Влияние света на прорастание семян многих культур до настоящего времени точно не установлено, хотя некоторые исследователи считают, что свет активизирует деятельность ферментов в прорастающих семенах. Данные, представленные на рисунке 6, позволяют сделать вывод, что общее количество проросших семян гравилата городского как в темноте, так и на свету приблизительно одинаковое и равно 30-33% (табл. 2, 3). Но в случае попадания света отмечается резкий скачок в прорастании на 12 день, что позволяет сделать вывод, что свет является благоприятным

фактором для всхожести семян в природе. Всхожесть семян, как показывают результаты, довольно низкая, и без резких колебаний, начиная с 15 дня, постепенно к 20 дню сходящая на нет.

Таблица 1

**Определение всхожести семян гравилата городского**

Повторность	Количество проросших семян по дням															Всхожесть, %
	Дни от начала прорастания															
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	5	9	6	4	1	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1	32
2	4	3	5	1	2	4	1	2	2	1	3	1	1	2	0	32
3	6	1	3	2	3	2	0	2	1	1	1	0	1	1	1	25
4	5	4	5	2	2	3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	28

Одновременно со всхожестью мы определяли энергию прорастания семян, то есть дружность появления проростков за относительно короткий срок. Для семян гравилата сроком определения энергии прорастания в лабораторных условиях ориентировочно принимают первые 11-14 дней от дня проращивания.

Средний семенной покой данных четырёх проб равен:

$$(14.1 + 16.0 + 15.4 + 14.8) / 4 = 15.$$

Ряд авторов указывают на необходимость стратификации для семян некоторых гравилатов, которая увеличивает содержание в них стимулятора роста, служит пусковым механизмом для их быстрого прорастания. [7, 8, 9]. Так *G. coccineum* Sibth. et Smitt не имеет покоя. Семена гравилата речного в лабораторных условиях без стратификации начинают прорасти уже через 7-8 дней [2]. *G. urbanum* L. нуждается в холодной стратификации.

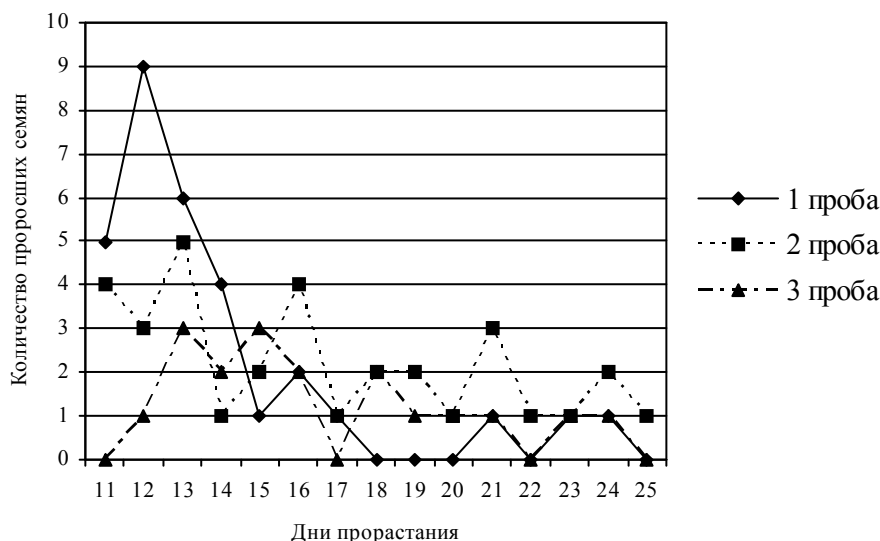


Рис. 6. Количество проросших семян (среднее) в опыте №1,2,3 в дни наблюдений. 1 проба – прорастание на свету, 2, 3 проба – прорастание в темноте

Нами был проведен опыт по проращивания семян гравилата городского при воздействии низких температур. Перед определением всхожести семена выдерживались 3 дня при  $t$  5-10°C.

Таблица 2

#### Показатели прорастания семян на свету после стратификации

Повторность	Дни от начала прорастания														
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Количество проросших семян.															
1	7	12	15	11	7	3	3	3	1	6	2	2	3	3	3
2	8	11	12	15	8	4	4	3	2	4	2	1	2	3	1
3	6	10	10	10	12	6	4	3	3	5	3	2	3	2	2
4	7	15	16	13	6	4	2	2	4	3	2	1	4	4	2

Всхожесть семян на свету после стратификации получилась равной:

$$(81+80+81+85) / 4 = 81.7.$$

При таком показателе допустимое отклонение составляет 4%.

Таблица 3

#### Показатели прорастания семян в темноте после стратификации

Повторность	Дни от начала прорастания														
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Количество проросших семян.															
1	0	1	2	5	8	9	14	8	4	4	2	4	2	3	1
2	2	1	0	3	2	1	2	3	8	5	3	11	7	6	2
3	1	2	1	3	4	6	8	10	7	4	3	2	3	2	1
4	3	2	4	5	6	4	6	4	4	5	2	6	4	4	2

Всхожесть семян в темноте после холодной стратификации получилась равной:  $(67+56+57+61) / 4 = 241 / 4 = 60,2$ ; допустимое отклонение 6/0.



Полученные результаты показывают, что первые корешки на семенах появились на 7 день, что значительно (на 5 дней) сократило время прорастания при применении стратификации. Причём процент всхожести довольно высокий – 82% на свету, 58% в темноте. В результате исследования прорастания семян *Geum urbanum* появилась такая закономерность: всхожесть гибридных семян без стратификации появляется на 11 день (см. рис. 6), а со стратификацией всхожесть сокращается до 7 дней (рис. 7). Из этого можно сделать вывод, что стратификация является своеобразным толчком, мобилизирующим силы семян для прорастания. В природе входе естественного понижения температуры осуществляется природная стратификация.

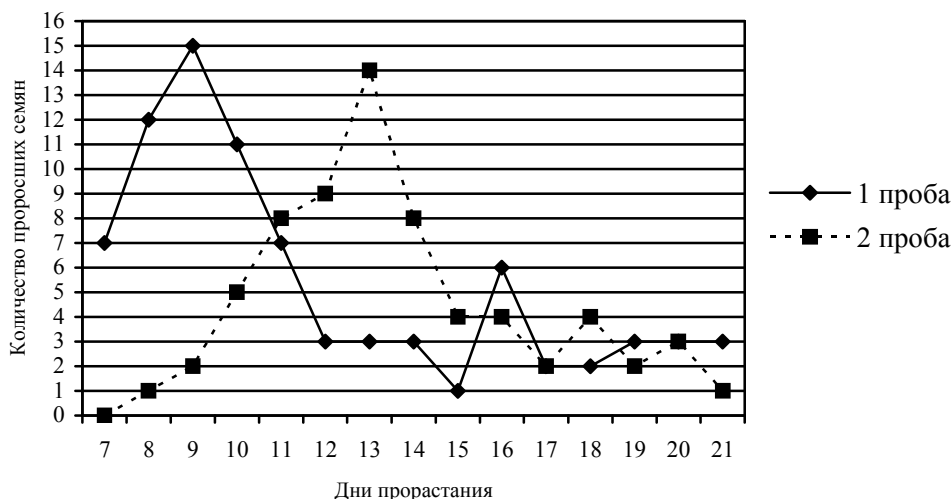


Рис. 7. Количество проросших семян (среднее) в дни наблюдений после стратификации 1 проба – прорастание семян гравилата на свету. 2 проба – прорастание семян в темноте

В ходе дальнейшего исследования выявлена следующая закономерность: прорастание замоченных гибридных семян началось на 16 день, а сухих – на 19 день, причём в результате замачивания на 24 день появилось максимальное количество (16 шт.) проросших семян (рис. 8).

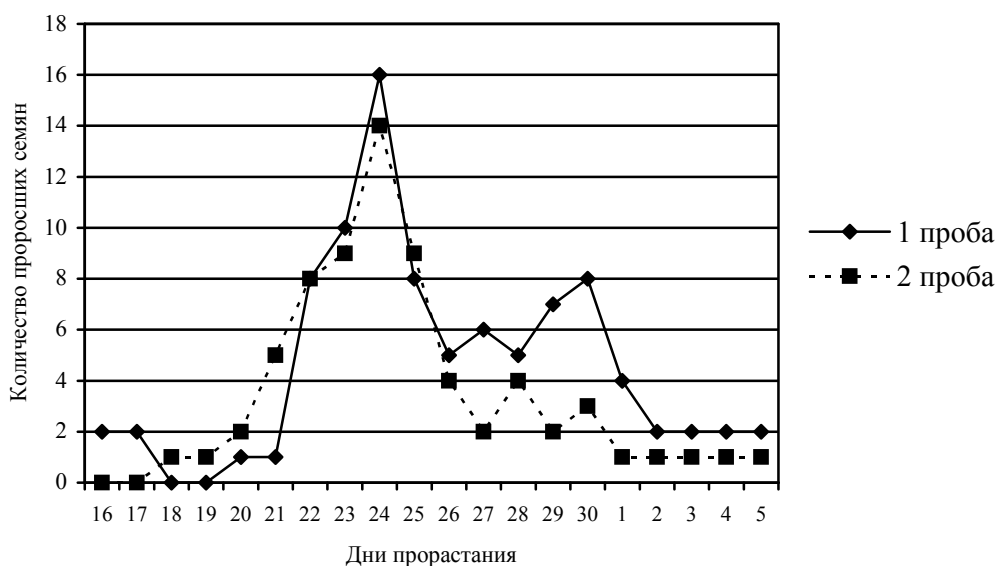


Рис. 8. Количество проросших семян (среднее) в дни наблюдений в зависимости от замачивания 1 проба – с замачиванием. 2 проба – без замачивания



Как видно из графика первые всходы появляются на 16 день, что свидетельствует о лучшем прорастании на влажной марле, используемой в качестве субстрата. Многослойная марля способствует лучшему поступлению воздуха и равномерному увлажнению.

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о необходимости замачивания семян в течение 4–5 дней для увеличения скорости их прорастания.

При достаточно высокой всхожести семян гравилата отмечается низкий процент их жизнеспособности. Из каждых 25 высаженных в грунт пророщенных семян гравилата городского жизнеспособными оказались только 3 (12%). Возможно поэтому, гравилат городской в естественных условиях произрастает не сплошным ковром, а лишь фрагментарно, отдельными группками. На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что гравилат городской неплохо приспособлен к размножению семенным способом. Более высокая всхожесть выявлена у стратифицированных семян. В естественных условиях семена гравилата проходят своеобразную предпосевную подготовку в виде замачивания и стратификации.

### Выводы

При применении стратификации при проращивании семян в лабораторных условиях выявлены следующие показатели: всхожесть сухих семян 30%; стратифицированных: на свету – 85%, в темноте – 58%. У гравилата городского наблюдается растянутая всхожесть семян, невысокие полевая всхожесть и энергия прорастания. Даже при относительно высокой всхожести подготовленных замачиванием и холодной стратификацией семян наблюдается их низкая жизнеспособность.

### Список литературы

1. Formanowiczowa H., Kozłowski J. Biologia kietkowania i ocean laboratoryjna nasion roślin leszczniczych jako materialu siewnego. YII b. Nasiona gatunków z rodziny Rosaceae – rodzaj Geum L. // *Herba polon.* – 1969. Vol. 15, № 1. – P. 37-45.
2. Рысина Г. П. Ранние этапы онтогенеза лесных травянистых растений Подмосквья. – М.: Наука, 1973. – 216 с.
3. Taylor K. Biological flora of the British isles. *Geum urbanum* L. // *J. Ecol.* – 1997. Vol. 85. – P. 705-720.
4. Фирсова М.К. Семенной контроль. – М.: Изд-во «Колос», 1969. – 295 с.
5. Овчаров К. Е.. Физиологические основы всхожести семян. – М.: Наука, 1969. – 280 с.
6. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: семя. – Л.: Наука, 1990. – 204 с.
7. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Под ред. М.Г. Николаевой и Н. В. Обручевой с предисл. М. Г. Николаевой. – М.: Колос, 1982. – 495 с.
8. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.И. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
9. Kinzel W. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. – Stuttgart, 1920. – 187 s.

### FEATURES OF GERMINATION OF SEEDS *GEUM URBANUM* L.

**T.V. Burchenko,  
A.V. Lazarev**

*Belgorod State University*

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

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

We revealed that stratification and soak exert a favorable influence on avens during germination seeds. Radices occurrence accelerates for 5 days under the influence of stratification process. Seeds soaking during 4-5 days also increases their germination speeds.

Key words: avens, seeds, germination.

УДК 633.11:633.353:635.652.2:635.656

## УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЛЕЙКОВИНЫ ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ ЗЕРНОБОБОВОГО КОМПОНЕНТА В ШРОТ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.П. Нецветаев<sup>1,2</sup>,  
Ю.Н. Куркина<sup>2</sup>,  
Т.А. Рыжкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Государственное научное учреждение Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии  
Россия, 308001, г. Белгород,  
ул. Октябрьская, 58

<sup>2</sup> Белгородский государственный университет  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85  
E-mail:  
netsvetaev@bsu.edu.ru

В статье представлены результаты исследования по влиянию добавок зернобобовых при получении шрота мягкой пшеницы на качество клейковины. Показано, что добавление бобов кормовых, гороха посевного и фасоли обыкновенной улучшает качество клейковины пшеницы, которое поражено вредным клопом-черепашкой (*Eurygaster integriceps* Put.). При поражении 3.5-4.0% зерен вредителем качество клейковины сорта *Селянка одесская* соответствовало II-III группе, а сорта *Синтетик* - III группе. Существенные изменения в физических свойствах клейковины, выявляемые ИДК-анализом, наблюдались при добавлении 30% кормовых бобов, 20-30% гороха или 20% фасоли. Это позволило довести качество клейковины обоих сортов пшеницы до уровня II группы. Наиболее сильное влияние на изменение качества клейковины оказала фасоль. Обнаруженное действие добавок зернобобовых, по-видимому, связано с ингибиторной активностью бобового компонента на ферментативный комплекс клопа-черепашки.

Ключевые слова: качество клейковины, белок, ИДК-анализ, клоп-черепашка, пшеница мягкая, бобы кормовые, горох посевной, фасоль обыкновенная

### Введение

Известно, что белок зерновых не сбалансирован по аминокислотному составу по сравнению с бобовыми культурами [1]. В связи с этим добавка зернобобового компонента в пшеничную муку может улучшить питательную ценность выпечки. Это обусловлено увеличением белковости хлебопекарной продукции и улучшением сбалансированности ее по аминокислотному составу. В то же время, остается открытым вопрос о потребительской ценности данной продукции, которая зависит как от количества белка, так и качества клейковины. Качество клейковины мягкой пшеницы обусловлено различными межмолекулярными связями: водородными, дисульфидными и др. [2].

На качество зерна и клейковины могут влиять различные факторы – погодные условия, азотное питание растений и наличие вредителей, таких как клоп черепашка *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae). Известно, что ферменты клопа приводят к размягчению клейковины и увеличению показателя индекса деформации клейковины (ИДК) [3]. Следовательно, физические свойства белкового комплекса ухудшаются. Характерно, что в семенах бобовых культур содержится больше белка и значительное большее количество ингибиторов протеолитических ферментов по сравнению со злаками [1, 4, 5]. Учитывая эти факты, целью исследования являлась оценка влияния добавления разного зернобобового компонента в пшеничный образец на формирование физических свойств клейковины, выделяемой из шрота соответствующей зерновой смеси.

### Материалы и методы

Исследовали озимую мягкую пшеницу урожая 2008 года сортов *Селянка одесская* и *Синтетик*. Первый сорт относится к экстра-сильным пшеницам и образует клейковину первой (табл. 1.) группы качества [6]. Сорт *Синтетик*, созданный в ГНУ Белгородском НИИСХ Россельхозакадемии и с 2008 года включенный в Государственный реестр селекционных достижений РФ), формирует более слабую клейковину – второй группы качества [3, 7].

Из зернобобовых культур использовали шрот бобов конских *Vicia faba* L. (сорт *Севериновские*), гороха посевного *Pisum sativum* L. (сорт *Мадонна*), фасоли обыкновенной *Phaseolus vulgaris* L. (сорт *Юбилейная 287*).



Таблица 1

## Группы качества клейковины (ГОСТ 13586.1-68)

Показание прибора ИДК-1 в условных единицах	Группа качества	Характеристика клейковины
0-15	III	Неудовлетворительно крепкая
20-40	II	Удовлетворительно крепкая
45-75	I	Хорошая
80-100	II	Удовлетворительно слабая
105 и более	III	Неудовлетворительно слабая

Опыты проводили на базе лабораторий ГНУ Белгородского НИИСХ Россельхозакадемии и БелГУ. Для анализа ИДК и сырого протеина зерно пшеницы и бобовых размалывали на лабораторной мельнице МЛ-1 (типа Циклон). Определение количества и качества клейковины проводили стандартным методом (ГОСТ 13586.1-68), путем замачивания шрота с последующим отмыванием клейковины в водопроводной воде и определением упругих свойств на приборе ИДК-1 [8], а также модифицированным методом согласно В.П. Нецветаеву с соавторами путем выдерживания шрота в 0,05М растворе уксусной кислоты с последующим отмыванием в водопроводной воде [3, 9].

Количество сырого протеина устанавливали на основе определения азота по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93) с последующим пересчетом результатов на сырой белок [10]. Содержание шрота бобовых культур в общей навеске составляло 10, 20 и 30 %.

## Результаты и их обсуждение

Средние данные по физическим свойствам клейковины и количеству белка при добавлении бобовых культур в пшеничный шрот представлены в таблице 2. Как видно, в контрольных образцах пшеницы при стандартной методике показатели ИДК имели высокие значения, т.е. клейковина была низкого качества (III группа), а содержание белка было около 13.3%.

Таблица 2

## Влияние шрота бобов, гороха и фасоли на качество клейковины и содержание белка в смеси шрота разных сортов пшеницы

Содержание шрота бобовых в общей навеске, %	ИДК, усл.ед.	Группа качества	Количество сырого протеина, %	ИДК, усл.ед.	Группа качества	Количество сырого протеина, %
Стандартный метод (контроль)	101	II-III	13,1	110	III	13,3
<b>Бобы кормовые</b>						
10	107	III	14.8	107	III	15.0
20	105	III	16.6	102	III	16.7
30	86*	II	18.3	100	II	18.4
<i>HCP<sub>0.95</sub></i>	<i>14.8</i>	-	-	<i>11.0</i>	-	-
<b>Горох посевной</b>						
10	107	III	14.0	101	III	14.2
20	101	II-III	14.8	100*	II	15.0
30	99	II	15.7	100*	II	15.9
<i>HCP<sub>0.95</sub></i>	<i>13.3</i>	-	-	<i>9.8</i>	-	-
<b>Фасоль обыкновенная</b>						
10	95	II	14.1	104	III	14.3
20	82*	II	15.1	95*	II	15.3
30	73*	I	16.1	94*	II	16.2
<i>HCP<sub>0.95</sub></i>	<i>12.8</i>	-	-	<i>11.8</i>	-	-

\*отмечены достоверные отличия от стандарта по показателю ИДК.

Высокие значения индекса деформации клейковины на контроле объясняются поражением зерна вредным клопом-черепашкой. Так, сорт *Селянка одесская* имел 4.0%, а сорт *Синтетик* – 3.5% пораженных вредителем зерен. Характерно, что при таком уровне поражения клопом *Селянка одесская* сформировала II-III группу качества клейковины, а *Синтетик*, несколько хуже, – III группу качества. Это подтверждает сравнительные оценки этих и других сортов по физическим свойствам клейковины за предыдущие годы, отмеченные разными авторами [3, 6, 9].

Добавление 30% кормовых бобов существенно увеличивало качество клейковины сорта *Селянка одесская*. Сорт *Синтетик* проявил тенденцию к улучшению качества клейковины (табл. 2). Добавление гороха также способствовало улучшению качества клейковины. В данном случае наибольшее влияние гороха выявлено на клейковину, отмытую на основе шрота сорта пшеницы *Синтетик*. Из изученных бобовых культур наибольшее влияние на улучшение качественных характеристик клейковины пшеницы обнаружено при добавлении в пшеничный шрот фасоли (табл. 2). Как видно, у обоих сортов существенно улучшились физические свойства клейковины при добавлении уже 10-20% фасоли в шрот пшеницы.

Таким образом, добавление бобового компонента в пшеничный размол позволяет улучшить физические свойства клейковины как «сильных», так и более «слабых» сортов пшеницы при поражении их вредным клопом-черепашкой, что позволит получить более качественную по потребительским свойствам выпечку.

Полученные результаты (табл. 2) можно интерпретировать различиями между сортами бобовых культур по содержанию ингибиторов протеолитических ферментов. Так, уже в первых сводках по ингибиторам протеаз [11] было отмечено, что в семействе бобовых имеются виды, накапливающие большое количество ингибиторов трипсина (фасоль, соя) и виды с невысокой ингибиторной активностью к протеолитическим ферментам (горох, бобы). В связи с этим, понятны различия по эффективности влияния добавок разных бобовых культур на проявление физических свойств клейковины из зерна пшеницы, пораженного клопом-черепашкой. В нашем случае, наибольший эффект был связан с фасолью (табл. 2), культурой, которая характеризуется высоким накоплением ингибиторов трипсина. F. Maforimbo и др. [12] считают, что для сбалансированного питания целесообразно использовать добавку соевого компонента до 50% в пшеничной муке, но это снижает хлебопекарные качества. Для устранения негативного эффекта авторы предлагают муку из сои предварительно подвергать термической обработке, что положительно сказывается на потребительской ценности выпечки.

Для уменьшения ненаследственной изменчивости, обусловленной влиянием клопа черепашки, на качество клейковины и выявления генетических факторов, контролирующих физические свойства клейковины в ГНУ Белгородском НИИСХ Россельхозакадемии используется модифицированная методика отмывки клейковины [9]. В соответствии с ней провели сравнительный анализ качества клейковины исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние метода отмывки на показатели качества клейковины мягкой пшеницы**

Метод определения клейковины	Количество сырой клейковины, %	ИДК, у.е	Группа качества
<i>Селянка одесская</i>			
Стандартный метод	36	101	II-III
Модифицированный метод	29	68	I
<i>Синтетик</i>			
Стандартный метод	33	110	III
Модифицированный метод	29	84	II

Как видно, подкисленный раствор при замочке шрота приводил к изменению качества клейковины подобно тому, как при добавлении добавок бобовых культур. Кислые условия с одной стороны, способствуют агрегации белковых молекул с помо-



щью дисульфидных связей [3], а с другой, по-видимому, значительно ингибируют активность ферментов клопа. В данном случае, как и в первом, *Селянка одесская* интенсивнее улучшала качество клейковины по сравнению с более «слабой» пшеницей – *Синтетиком*. В результате, разными путями получаем близкие эффекты по влиянию на физические свойства клейковины.

Таким образом, добавление бобового компонента в пшеничную муку позволяет не только улучшить ценность белка и увеличить его количество, но и повысить качество клейковины зерна пшеницы, пораженной вредным клопом-черепашкой.

### Список литературы

1. Рядчиков В.Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. М: Колос, 1978. – 368 с.
2. Созинов А.А. Количество и качество зерна // Наука и жизнь . – 1975. – №11. – С. 63-69.
3. Нецветаев В.П., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. – 2009. – № 11 (66), вып. 9. – С. 56-64.
4. Вишнякова М.А. Основные направления изучения коллекции зернобобовых ВИР на современном этапе // Генетичні ресурси рослин. – 2008. – № 6. – С. 9-14.
5. Соловьева В.Ф. Содержание ингибиторов трипсина в семенах и продуктах переработки зернобобовых // Проблемы харчування. – 2003. – № 1. Сайт: [http://www.medved.kiev.ua/arh\\_nutr/nt1\\_2003.htm](http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/nt1_2003.htm)
6. Литвиненко М.А., Лифенко С.П., Лінчевський А.А. и др. Каталог новых сортів зернових колосових культур Селекційно-генетичного інституту. – Одесса, 2000. – 88 с.
7. Нецветаев В.П., Доманов Н.М. Сорта озимой пшеницы и технологии их возделывания. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2009. – 20 с.
8. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. ГОСТ 13586.1-68.
9. Нецветаев В.П., Моторина И.П., Петренко А.В. Сравнение методов определения качества клейковины зерна мягкой пшеницы на приборе ИДК-1 // Доклады РАСХН. – 2005. – № 4 – С. 14-16.
10. Методы определения содержания азота и сырого протеина. ГОСТ 13496.4-93.
11. Borchers R., Ackerson C.W., Kimmel L. Trypsin inhibitor. IV. Occurrence in seed of the Leguminosae and other seeds // Arch. Biochem. – 1947. – Vol. 13. – P. 291.
12. Maforimbo F., Uthayakumaran S., Skurray G., Wrigley C. Conferring gluten-like properties on soy protein to improve soy-wheat bread quality.- 9<sup>th</sup> International Gluten Workshop, San Francisco, CA. – 2006. – P. 15.

### IMPROVEMENT IN THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF GLUTEN BY ADDING THE LEGUMINOUS COMPONENT IN THE COMMON WHEAT MEAL

**V.P. Netsvetaev<sup>1,2</sup>,  
Yu.N. Kurkina<sup>2</sup>,  
T.A. Rizhkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Belgorod Research Institute of Agriculture RAAS

Oktyabr'skaya Str., 58,  
Belgorod, 308001, Russia

<sup>2</sup> Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia

E-mail:  
[netsvetaev@bsu.edu.ru](mailto:netsvetaev@bsu.edu.ru)

The research results of the influence of the legumes additives in common wheat meal to the quality of gluten are represented. The addition of the beans, pea and haricot improves the quality of the wheat gluten, which seeds are attacked by the corn-bug (*Eurygaster integriceps* Put.). The proportion 3,5-4,0% of grains attacked by insects the quality of the gluten of variety *Selyanka odesskaya* is formed to II-III group, and variety *Synthetic* – to III group. Considerable changes in the physical characteristics of the glutes, revealed by IDK-analysis, were observed during addition 30% of broad beans, 20-30% of pea or 20% of bush bean. This fact made it possible to raise the gluten quality of both wheat varieties to the level of the II group. Bush bean exerted the strongest influence on a quality change of gluten. The discovered action of legumes additives is, apparently, connected with the inhibiting activity of bean component to the fermentative complex of corn-bug.

Key words: gluten quality, protein, IDK-analysis, corn-bug, common wheat, broad beans, pea, bush bean.

УДК 633.81 : 582.893 : 547.913

## ЭФИРНЫЕ МАСЛА ПЛОДОВ *HERACLEUM PONTICUM* (LIPSKY) SCHISCHK. И *H. SOSNOWSKYI* MANDEN

**К.Г. Ткаченко***Ботанический институт  
им. В.Л. Комарова РАН**Санкт-Петербург,  
ул. проф. Попова, 2**E-mail:  
kigatka@rambler.ru*

Исследовано изменение компонентного состава эфирных масел плодов *Heracleum ponticum* и *H. sosnowskyi* (*Apiaceae*), выращенных на опытной станции Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Ленинградской области. Основными компонентами исследованных масел являются сложные эфиры и терпены. Содержание и соотношение идентифицированных веществ меняется в зависимости от места произрастания, года получения, возраста растений.

Ключевые слова: борщевик понтийский, *Heracleum ponticum*, борщевик сосновского, *Heracleum sosnowskyi*, плоды, эфирные масла, содержание, компонентный состав, октилацетат, сложные эфиры, терпены.

### Введение

Плоды видов рода Борщевик *Heracleum* L. содержат значительное количество эфирного масла – от 1 до 10 % [1-5]. Эфирные масла в плодах локализируются в эфирномасличных (секреторных) каналах [6-9], одним из главных компонентов которого является октанол и его сложные эфиры [10-17]. В течение ряда лет был исследован состав эфирных масел плодов ряда видов рода *Heracleum* [15, 18-24].

Выявление динамики основных компонентов эфирных масел плодов интродуцированных видов рода *Heracleum* L. проведено с целью изучения изменения содержания веществ в зависимости от методов выделения, возраста растений, года сбора, а так же для оценки возможного использования полученных данных в решении вопросов систематики (хемосистематики) видов этого рода.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были использованы плоды двух видов рода борщевик: б. понтийский *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk. и б. сосновского *Heracleum sosnowskyi* Manden. Растения выращивали на научно-опытной станции Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН “Отрадное” (Ленинградская обл., Приозерский р-н).

Эфирные масла получали из воздушно-сухих плодов в лабораторных условиях стандартным методом гидродистилляции [25]. Для оптимизации увеличения выхода искомого продукта из растительного сырья был предпринят вариант отгонки его в насыщенном солевом растворе [26-28]. Дополнительно, с целью выявления возможности сохранения легколетучих компонентов, проведено выделение эфирного масла в модифицированном аппарате, где реакционная колба была размещена в микроволновой установке, далее, обычным путём через обратный водяной холодильник происходил сбор масла.

Изучение компонентного состава эфирных масел осуществляли методами ГЖХ и ХМС, что подробно описано в наших ранее опубликованных работах [5, 20, 23, 24].

Данные по основным идентифицированным компонентам и содержанию их в составе эфирных масел плодов двух видов борщевиков приведены в табл. 1 и 2. Анализ этих данных показывает, что состав масел из плодов, собранных в местах их естественного произрастания, существенно отличается от такового, полученного из плодов интродуцированных растений. Подтверждено положение, высказанное в 60-х и 70-х годах XX века Н.А. Гурвич [29, 30] о том, что в эфирном масле плодов видов рода *Heracleum* содержатся только спирты и сложные эфиры. Выращивание растений в новых почвенно-климати-



ческих условиях, приводит к тому, что в составе эфирного масла плодов синтезируются соединения класса терпенов. И, соответственно, происходит изменение количественного соотношения компонентов, входящих в состав эфирных масел.

Таблица 1

**Компонентный состав эфирного масла плодов *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk. разных лет сбора и разного возраста**

RI	Вещество \ Образцы	1	2	3	4	5	6	7	8
852 ± 2	1-Гексанол	–	–	–	–	–	0.1	0.1	0.2
934 ± 3	α – Пинен	–	8.3	7.3	8.1	9,8	8.0	7.6	6.9
979 ± 2	β – Пинен	–	2.6	2,8	3.3	3.4	3.0	4.2	1.3
983 + 3	Октанол	4.7	6.6	5.5	5.5	6,4	6.7	5.1	5.9
985 ± 3	Октаналь	1.3	5.2	4.7	4.2	3,9	4.4	4.6	0.9
995 ± 3	Гексилацетат	–	–	–	–	–	–	–	0.8
1018 ± 4	п-Цимол	–	0.3	0.2	0.9	–	–	1.3	1.5
1026 ± 3	Лимонен	–	0.5	–	0.3	1,5	1.7	0.2	0.3
1112 + 3	Борнилацетат	–	0.9	2.2	–	1,6	1.1	2.0	0.9
1135 + 3	Гексилизобутират	–	0.9	0.5	0.3	–	0.1	0.7	0.2
1170 ± 3	Гексилбутират	–	0.8	0.9	1.2	1,9	0.9	0.7	0.1
1187 ± 2	Октилацетат	86.0	44.0	43.0	44.0	39,0	40.0	46.0	48.0
1229 + 2	Гексилизовалерат	2.5	2.2	1.9	1.8	–	0.5	2.1	1.8
1325 ± 4	Октилизобутират	0.5	3.7	3.1	3.5	4.3	2.8	2.9	0.5
1362 ± 3	Октилбутират	–	5.3	6.3	5.7	7,4	7.2	5.6	3.2
1377 ± 2	Гексилкапронат	1.3	1.1	–	0.3	–	0.1	–	0.9
1393 + 2	Децилацетат	–	1.5	1.1	0.9	2,4	0.9	0.9	0.8
1409 ± 2	Октилизовалерат	1.0	6.1	5.9	4.7	6,8	5.9	4.8	1.3
1594 ± 3	Октилкапронат	1.4	4.5	4.5	3.3	5,9	4.5	3.6	2.2
1633 ± 4	Октилкаприлат	–	3.9	3.9	1.1	4,7	3.9	2.6	1.1

Примечание:

- 1 – плоды собраны в местах естественного произрастания (Республика Адыгея, окр. пос. Гузерипль)
- 2 – от 3-х летних растений выращенных в Ленинградской области (1987)
- 3 – от интродуцированных 7-ми летних растений (1987)
- 4 – от интродуцированных 8-ми летних растений (1988)
- 5 – от интродуцированных 11-ти летних растений (1987)
- 6 – от интродуцированных 12-ти летних растений (1988)
- 7 – от интродуцированных 11-ти летних растений, полученное в микроволновой установке
- 8 – от интродуцированных 11-ти летних растений, отогнанное в насыщенном солевом растворе

Таблица 2

**Компонентный состав эфирного масла плодов *Heracleum sosnowskyi* Manden. образцов разного происхождения**

RI	Вещество \ Образцы	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
852 ± 2	1-Гексанол	–	–	1.1	–	2.7	3.1
934 ± 3	α – Пинен	–	0.7	0.9	0.4	2.9	2.9
985 ± 4	Октаналь	–	1.0	0.5	0.8	0.9	1.2
995 ± 3	Гексилацетат	–	0.9	1.1	1.1	0.6	0.8





Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
1018 ± 4	n-Цимол	–	–	–	–	0.7	0.6
1061 ± 2	1-Октанол	3.3	2.3	2.4	2.1	0.9	0.8
1170 ± 3	Гексилбутират	7.4	6.5	7.7	5.9	5.3	5.1
1135 ± 3	Гексилизобутират	–	3.9	6.2	4.3	7.3	7.1
1187 ± 2	Октилацетат	63.0	59.0	55.0	58.0	57.0	55.0
1229 ± 2	Гексилизовалерат	14.0	12.9	9.5	11.9	11.0	9.9
1325 ± 4	Октилизобутират	6.7	2.7	3.0	2.1	2.5	2.2
1377 ± 2	Гексилкапронат	–	2.2	2.9	1.8	4.2	4.0
1409 ± 2	Октилизовалерат	2.2	2.0	2.1	2.4	3.1	3.4
1594 ± 3	Октилкапронат	0.2	0.9	1.5	1.2	1.0	1.1

Примечание:

- 1 – собраны в местах естественного произрастания (Северная Осетия, окр. пос. Куssу, 1967 г.)
- 2 – от выращенных в Ленинградской области своей репродукции (1987 г.)
- 3 – то же, но полученное в микроволновой установке (1987 г.)
- 4 – от выращенных в Ленинградской области из семян своей репродукции (1988 г.)
- 5 – сорт «Северянин» (Сыктывкар, 1987 г.)
- 6 – то же, но полученное в микроволновой установке

Эфирное масло, выделенное из плодов *Heracleum sosnowskyi*, равно как и *Heracleum ponticum*, выращенных в разных географических точках, собранные в один год, имеют разный состав и количественное содержание компонентов эфирного масла. При этом для *Heracleum sosnowskyi* общими для всех образцов являются, 1-октанол, гексилбутират, октилацетат, гексил- и октилизовалераты, октилизобутират и октилкапронат. А для *Heracleum ponticum* такими соединениями являются: октанол, октаналь, октилацетат, октилизобутират, октилизовалерат и октилкапронат.

Подтвержден факт, что в эфирном масле плодов видов рода *Heracleum*, в местах их естественного произрастания, основными компонентами являются спирты и сложные эфиры [26, 27]. Условия интродукции существенно влияют на изменение, как компонентного состава (появляются соединения класса терпенов), так и на процентное соотношение веществ, входящих в его состав.

Компонентный состав и количественное содержание веществ в эфирном масле плодов борщевиков меняется в зависимости от возраста растений, года сбора сырья, места произрастания и способа его выделения.

Наибольшее число компонентов эфирного масла из плодов борщевиков выделяется при прогреве реакционной колбы в микроволновой установке, а так же при повышении температуры кипения раствора, что обеспечивает отгонка в насыщенном солевом растворе.

Показано, что компонентный состав эфирного масла плодов изученных видов рода *Heracleum* меняется в зависимости от метода выделения искомого продукта, года сбора сырья, возраста растений, что в значительной степени осложняет использование полученных данных для решения хемосистематических вопросов.

Благодарности:

Выражаю благодарность к.х.н. И.А. Цибульской, и профессору, д.х.н. И.Г. Зенкевичу (Санкт–Петербургский государственный университет) за оказанную помощь в работе, предоставленное оборудование, консультации и ценные советы.

### Список литературы

1. Кулиева Х.Г., Абасов Р., Лятифова А.Х. О содержании эфирного масла в некоторых видах *Heracleum* L. // Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук. – 1970. – Вып. 1. – С. 8-12.
2. Кулиева Х.Г., Лятифова А.Х. Содержание эфирных масел в плодах некоторых видов борщевика в зависимости от строения канальцев // Раст. ресурсы. – 1977. – Т. 13, вып. 1. – С. 80-83.



3. Ткаченко К.Г. Выход и физико-химические константы эфирного масла из некоторых видов рода *Heracleum* L. // Растит. ресурсы. – 1982. – Т.18, вып. 1. – С. 83-86.
4. Ткаченко К.Г. Эфирные масла из плодов *Heracleum* L., выращенных в Ленинградской обл. // Растит. ресурсы. – 1987. – Т. 23, вып. 3. – С. 429-436.
5. Ткаченко К.Г., Зенкевич И.Г. Состав эфирных масел из плодов некоторых видов *Heracleum* L. // Раст. ресурсы. – 1987. – Т. 23, вып. 1. – С. 87-91.
6. Krishna S.K., Badhwar R.L. Aromatic plants of India // J. of Sci. and Industr. Res. (New Delhi). – 1953. – Vol. 12, № 2. – P. 267-290.
7. Денисова Г.А. Классификационная схема специализированных терпеноид-содержащих вместилищ растений // Бот. журн. – 1979. – Т. 64, № 1. – С. 10-18.
8. Денисова Г.А. Терпеноидсодержащие структуры растений. – Л., 1989. – 228 с.
9. Тамамшян С.Г. Типы секреторных в плодах зонтичных // Совещание по вопросам изучения и освоения растительных ресурсов СССР. Тез. докл. – Новосибирск, 1968. – С. 170-171.
10. Обухов А.Н., Кондрацкий А.П. Технология эфирномасличного производства. – М., 1946. – 480 с.
11. Пигулевский Г.В. Эфирные масла. – М.; Л., 1938.
12. Пигулевский Г.В., Ковалева В.И. Постоянство и изменчивость состава эфирных масел в роде *Heracleum* L. из Азербайджана // Тр. БИН АН СССР. Сер. V. Растительное сырье. – М.; Л., 1952. – Вып. 3. – С. 29-35.
13. Пигулевский Г.В., Ковалева В.И. Химический состав эфирного масла *Heracleum mantegazzianum* Somm. et Levier. // Журн. прикл. химии. – 1959. – Т. 23. – С. 1320-1325.
14. Солодовниченко Н.М., Борисюк Ю.Г. Химическое исследование плодов *Heracleum sibiricum* L. // Тр. Харьк. фармац. ин-та. – 1962. – Вып. 2. – С. 27-29.
15. Wellendorf M. Essential oils in *Heracleum* species // Dansk Tidsskr. Farm. – 1968. – № 42. – P. 33-42.
16. Jain S.R. Investigation on essential oil of *Heracleum mantegazzianum* Somm. et Lavier. // Planta med. – 1969. – Bd. 17, N. 3. – S. 230-235.
17. Bicchì C., D'Amato A., Frattini C., Cappelletti E., Caniato R., Filippini R. Chemical diversity of the contents from the secretory structures of *Heracleum sphondylium* subsp. *sphondylium* // Phytochemistry. – 1990. – Vol. 29, № 6. – P. 1883-1887.
18. Клюев Н.А., Дмитриев Л.Б., Эсванджия Г.А., Грандберг И.И. Исследование строения и состава компонентов эфирного масла из *Heracleum calcareum* L. // Докл. ТСХА. – 1977. – Вып. 233. – С. 138-144.
19. Кожин С.А., Нгуен Ме Линь. Эфирные масла из листьев и репродуктивных органов *Heracleum trachyloma* Fisch. et Mey. и изменения их состава по фазам развития растений // Растит. ресурсы. – 1976. – Т. 12, вып. 1. – С. 42-52.
20. Ткаченко К.Г., Кожин С.А. Состав эфирного масла зрелых плодов *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk. ex Grossh., выращиваемого в Ленинградской области // Растит. ресурсы. – 1983. – Т.19, вып. 4. – С. 520-523.
21. Ткаченко К.Г. Сравнительный состав эфирных масел из плодов *Heracleum dissectum* Ledeb. и *H. lehtmannianum* Bunge. // Рациональное использование растительных ресурсов Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во Наука Казахской ССР, 1986. – С. 275-277.
22. Ткаченко К.Г., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Компонентный состав эфирных масел некоторых видов *Heracleum* L., интродуцированных в Ленинградскую область. Сообщ. 3. Эфирные масла цветков и плодов // Растит. ресурсы. – 2001. – Т. 37, вып. 4. – С. 69-76.
23. Tkachenko K.G. Constituents of essential oils from fruit of some *Heracleum* L. species // J. Essent. Oil Res. – 1993. – Vol. 5, № 6. – P. 687-689.
24. Tkachenko K.G., Zenkevich I.G. The essential oil of the flowers of *Heracleum antasiaticum* Manden. grown in Russia // J. Essent. Oil Res. – 1993. – Vol. 5, № 4. – P. 227-228.
25. Государственная фармакопея СССР. – М., 1987. – Т. 1. – С. 290-295.
26. Ткаченко К.Г., Зенкевич И.Г., Коробова М.М. Оптимизация выделения эфирного масла из растительного сырья // Современное состояние и перспективы научных исследований в области фармации. Тез. докл. – Самара, 1996. – С. 167-169.
27. Зенкевич И.Г., Ткаченко К.Г., Коробова М.М. Использование растворов неорганических солей для увеличения выхода эфирных масел методом гидродистилляции // Растит. ресурсы. – 1998. – Т. 34, вып. 3. – С. 107-111.
28. Ткаченко К.Г., Зенкевич И.Г., Коробова М.М. Особенности переработки растительного сырья для увеличения выхода эфирных масел // Растит. ресурсы. – 1998. – Т. 34, вып. 3. – С. 129-137.



29. Гурвич Н. А. Изучение закономерностей биохимической изменчивости растений при их видообразовании // Растительное сырье Азербайджана. – Баку, 1971. – С. 13–32.

30. Гурвич Н. А. Опыт классификации эфирномасличных растений // Тр. БИН им. В.Л. Комарова АН СССР. Сер. 5, вып. 6. – Л., 1960. – С. 7 – 126.

#### **ESSENTIAL OILS OF FRUIT *HERACLEUM PONTICUM* (LIPSKY) SCHISCHK AND *H. SOSNOWSKYI* MANDEN**

#### **K.G. Tkachenko**

*Komarov Botanical Institute of RAS  
Prof. Popov Str., 2,  
St.- Petersburg, 197376, Russia*

*E-mail:  
kigatka@rambler.ru*

Change of component structure of essential oils substances of *Heracleum ponticum* and *H. sosnowskyi* (Apiaceae) fruits, which were grown at the Experiment Station of Komarov Botanical Garden, RAS, in Leningrad Region was investigated. The main components of investigated essential oils are esters and terpenes. Content and ratio of identified extractives are changing according to habitat, year of derivation and plant age.

Key words: hogweed, *Heracleum ponticum*, *Heracleum sosnowskyi*, fruit, essential oils, content, component structure, octilacetate, esters, terpenes.



УДК 575.22; 502.4

## МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОПУЛЯЦИЙ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *BRADYBAENA FRUTICUM* MÜLL. В ЗАПОВЕДНИКЕ «ГАЛИЧЬЯ ГОРА»

**Э.А. Снегин***Белгородский  
государственный  
университет**Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85**E-mail: snegin@bsu.edu.ru*

В работе приведены результаты исследований популяций кустарниковой улитки (*Bradybaena fruticum* Müll.), обитающих на различных участках заповедника «Галичья Гора». Анализировалась изменчивость конхиологических признаков, включающих морфометрические показатели, наличие продольной полосы на раковине и варианты окраски раковины. В качестве генетических маркеров использовались четыре локуса мономерных эстераз. Показана оригинальность по частотам аллелей и повышенная гетерозиготность изучаемых групп улиток, выявлены векторы естественного отбора, высказывается гипотеза формирования генофонда популяции из урочища «Воргол» сохранившей горную специализацию.

Ключевые слова: наземный моллюск, популяции, заповедник.

### Введение

Данная работа посвящена анализу внутривидовой изменчивости, которая дает очень важные представления о популяционной структуре вида. Изучение фенотипической и генотипической изменчивости признаков позволяет выявить особенности локальных и географических факторов среды обитания, выступающих в роли факторов естественного отбора и формирующих фенотипический облик популяции, оказывая селективное влияние, как на отдельных особей, так и на группы в целом. К тому же исследование полиморфизма популяций разных видов животных имеет сравнительно-эволюционное значение. Полиморфизм в популяциях наземных моллюсков – явление довольно распространенное, и полиморфные виды служат удобной моделью для изучения многих вопросов микроэволюции. Кроме того, работа в области генетического подхода очень важна для целей мониторинга, так как позволяет оценить степень антропогенного воздействия на природные популяции. Производимые человеком глобальные изменения в природе сильно сказываются на генетической структуре видов, что находит свое отражение во внешнем облике, как отдельных особей, так и целых популяций.

Объектом нашего исследования стал наземный брюхоногий моллюск кустарниковая улитка (*Bradybaena fruticum* Müll.), вид, который уже многие годы используется в качестве биоиндикатора влияния человека на экосистемы различных ландшафтов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Основная цель работы состояла в изучении особенностей изменчивости конхиологических и биохимических признаков в популяциях *Br. fruticum*, обитающих на трех участках заповедника «Галичья Гора»: на участке с одноименным названием «Галичья Гора», на участках «Воргол» и «Плющань».

### Материал и методика

Материалом для исследования послужили коллекционные сборы раковин кустарниковой улитки из заповедника «Галичья Гора», а также образцы тканей особей изучаемого вида, хранящиеся в криобанке, созданном при зоологическом музее БелГУ. Выборки из популяций были сделаны во время экспедиции в 2006 году. 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 раковины представлена на рисунке 1. Все параметры измерялись в миллиметрах с точностью до

десятых долей штангенциркулем. Кроме того, оценивалась частота встречаемости дискретных фенотипов, таких как наличие продольной полосы на раковине (П+ – гомозигота по рецессивному аллелю [10]) и желтый цвет раковины (Ц<sub>3</sub> – гомозигота по аллелю желтой окраски [6, 7]). Всего изучено 122 раковины.

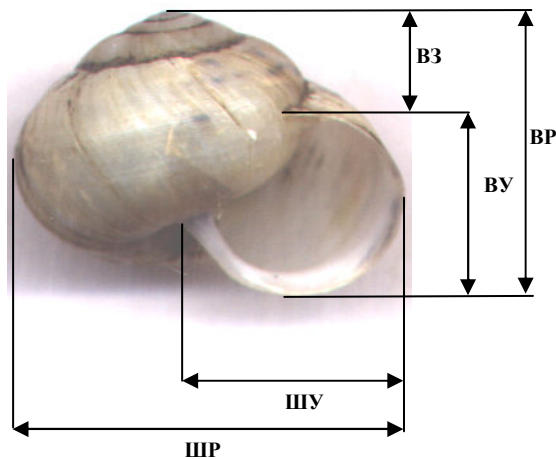


Рис. 1. Схема промеров раковины *Bradybaena fruticum* (ШП – ширина раковины, ВР – высота раковины, ВУ – высота устья, ШУ – ширина устья, ВЗ – высота завитка)

Для электрофоретического анализа было использовано 80 особей. Экстракцию водорастворимых белков проводили из ретрактора ноги моллюсков, путем замораживания при – 80°С с последующим оттаиванием и механическим измельчением тefлоновым гомогенизатором в 0.05 М трис-НСl-буфере (pH 6.7). Электрофорез изоферментов проводился в 10% полиакриламидном геле в камере *Protean II xi Cell 20* («Bio-Rad»). Гелевый трис-НСl-буфер (концентрирующий гель pH 6.7, разделяющий гель pH 8.9); электродный трис-глициновый-буфер (pH 8.3). Окрашивание блоков проводилось в субстратной смеси: трис-НСl (pH 7.4), α-нафтилацетат, прочный красный TR.

В качестве генетических маркеров нами использовались четыре локуса мономерных неспецифических эстераз: *Est2* (с тремя аллелями), *Est3* (с тремя аллелями), *Est 4* (с пятью аллелями) и *Est 5* (с пятью аллелями)<sup>1</sup>. Наследование всех локусов идет по кодоминантному типу [5].

Обработка полученных данных проводилась с использованием программы *GenAlEx* [11].

### Результаты исследований

Результаты морфометрического анализа представлены в табл. 1. Согласно полученным данным популяции улиток из заповедного участка «Галичья Гора» и «Плющань» достоверно превосходят ряду абсолютных показателей популяцию улиток из урочища «Воргол». Это, вероятно, является следствием более благоприятных условий для роста в биотопах первых двух участков. Здесь улитки обитают в пойме реки Дон, в зарослях ивы богатых основными кормовыми растениями, такими как крапива, лопух, хмель и т.д. Стоит отметить, что такие биотопы обычны для этого вида в условиях лесостепи Среднерусской возвышенности.

Что касается популяции, обитающей на участке «Воргол», то эта группа была отмечена в нетипичных для вида условиях – у подножья скальных выходов девонских известняков, в пойме реки Воргол, где фактически на открытом пространстве, отсутствовали крупные тенистые деревья и соответствующая пойменная растительность.

<sup>1</sup> В исследуемых группах не обнаружены аллели *Est4-4*, *Est4-5*, *Est5-4* и *Est4-5*.



Кроме того, юго-западная экспозиция способствовала быстрому нагреву поверхности почвы в дневные часы. Поэтому улиткам, чтобы избежать перегрева, приходилось уходить под известковые камни и забиваться в скальные трещины. Вероятно, это обстоятельство способствовало тому, что естественный отбор в этом биотопе шел в направлении более мелких размеров раковины. Кроме того, улитки данной группы имели достоверно более узкое устье, о чем говорит индекс ВУ/ШУ и более прижатый завиток (индекс ВЗ/ВР), что позволяет этим животным успешно прятаться в узких нишах и трещинах скальной породы.

Таблица 1

**Показатели конхиологических признаков в популяциях кустарниковой улитки заповедника «Галичья Гора»**

Параметры раковины	«Галичья Гора» (N=70)	«Воргол» (N=28)	«Плющань» (N=23)
Число оборотов	5.2±0.05	5.1±0.07	5.2±0.05
Ширина раковины (мм)	20.0±0.3	18.2±0.7	20.1±0.5
Высота раковины (мм)	16.2±0.3	15.1±0.5	16.2±0.5
Ширина устья (мм)	11.0±0.2	11.0±0.2	10.9±0.3
Высота устья (мм)	10.7±0.2	10.1±0.3	10.6±0.3
Высота завитка (мм)	6.4±0.2	5.5±0.4	6.8±0.4
Высота раковины/ширина раковины	0.8±0.01	0.8±0.001	0.78±0.02
Высота устья/ширина устья	0.97±0.01	0.68±0.02	0.94±0.02
Высота завитка/высота раковины	0.39±0.01	0.34±0.03	0.40±0.02
Частота фена П+	0	0.643	0.043
Частота фена Ц <sub>3</sub>	0	0.214	0

Оригинальность популяции из заповедного участка «Воргол» прослеживается и в отношении частот полиморфных морфологических и биохимических признаков. Так, в частности, здесь отмечена достоверно высокая доля полосатых особей и особей, имеющих желтую раковину (при среднем показателе для региона фена П+ = 0.133 ± 0.05, фена Ц<sub>3</sub> = 0.11 ± 0.04). Предыдущими исследованиями установлено, что особи с продольной полосой на раковине предпочитают тенистые и прохладные биотопы [5, 12]. В данном случае, необходимое затенение и оптимальный температурный режим в разное время суток, возможно, создают скальные выходы. Повышенная частота встречаемости улиток с желтой раковиной, вероятно, может указывать на повышенный радиационный фон в этом биотопе, т.к. подобная корреляция неоднократно отмечалась нами ранее в различных популяциях кустарниковой улитки юга лесостепи, обитающих в местах тектонических разломов с выходом радона [6, 7]. Стоит отметить также, что эти два фена являются гомозиготными, и увеличение их частоты может являться следствием генетико-автоматических процессов.

По результатам анализа генетической изменчивости, представленным в таблице 2, можно сказать следующее.

Во-первых, хотелось бы отметить отсутствие двух аллелей в локусах *Est4* и *Est5*, а также фиксацию аллеля *Est2-2* в популяциях из участков «Галичья Гора» и «Воргол». Но вместе с тем, в исследуемых группах присутствует высокий уровень гетерозиготности и низкий уровень инбридинга по другим локусам. Данный факт свидетельствует о благополучном состоянии генофондов изучаемых популяций, чему, вероятно, способствует сохранение режима охраны и отсутствие в этом районе явных возмущающих факторов со стороны человека. Для сравнения, в изученных нами ранее в за-

поведных участках «Ямская степь» и «Стенки-Изгорья» (заповедник «Белогорье»), располагающихся на юге Среднерусской возвышенности, средняя гетерозиготность по четырем локусам эстеразы в популяциях кустарниковой улитки составила  $0.244 \pm 0.035$  ( $N = 127$ ) и  $0.266 \pm 0.042$  ( $N = 76$ ) соответственно [9], что достоверно ниже аналогичных данных, полученных для заповедника «Галичья Гора» ( $0.365 \pm 0.18$ ).

Во-вторых, в популяции из урочища «Воргол» отмечены достоверно высокие частоты аллелей *Est5-1* и *Est5-3*, представленные в основном в гетерозиготах. По результатам предыдущих исследований частота этих аллелей в популяциях лесостепи колеблется для *Est5-1* в диапазоне 0.013 до 0.091, а для *Est5-3* – от 0.006 до 0.008<sup>1</sup> [9].

Таблица 2

**Показатели генетической изменчивости в изучаемых популяциях кустарниковой улитки заповедника «Галичья Гора»**

Популяция	Локус	Частоты аллелей	<i>A<sub>e</sub></i>	<i>I</i>	<i>H<sub>o</sub></i>	<i>H<sub>e</sub></i>	<i>F</i>
«Галичья Гора» ( <i>N</i> = 40)	<i>Est2</i>	<i>Est2-2</i> = 1	1.000	0.000	0.0	0.0	-
	<i>Est3</i>	<i>Est3-1</i> = 0.4 <i>Est3-2</i> = 0.6	1.923	0.673	0.800	0.480	-0.667
	<i>Est4</i>	<i>Est4-1</i> = 0.213 <i>Est4-2</i> = 0.763 <i>Est4-3</i> = 0.025	1.594	0.628	0.475	0.373	-0.274
	<i>Est5</i>	<i>Est5-1</i> = 0.025 <i>Est5-2</i> = 0.975	1.051	0.117	0.050	0.049	-0.026
«Воргол» ( <i>N</i> = 20)	<i>Est2</i>	<i>Est2-2</i> = 1	1.000	0.000	0.0	0.0	-
	<i>Est3</i>	<i>Est3-1</i> = 0.05 <i>Est3-2</i> = 0.95	1.105	0.199	0.100	0.095	-0.053
	<i>Est4</i>	<i>Est4-1</i> = 0.3 <i>Est4-2</i> = 0.7	1.724	0.611	0.200	0.420	0.524
	<i>Est5</i>	<i>Est5-1</i> = 0.475 <i>Est5-3</i> = 0.525	1.995	0.692	0.950	0.499	-0.905
«Плещань» ( <i>N</i> = 20)	<i>Est2</i>	<i>Est2-1</i> = 0.15 <i>Est2-2</i> = 0.725 <i>Est2-3</i> = 0.125	1.774	0.778	0.400	0.436	0.083
	<i>Est3</i>	<i>Est3-1</i> = 0.125 <i>Est3-2</i> = 0.85 <i>Est3-3</i> = 0.025	1.354	0.490	0.300	0.261	-0.148
	<i>Est4</i>	<i>Est4-1</i> = 0.35 <i>Est4-2</i> = 0.65	1.835	0.647	0.700	0.455	-0.538
	<i>Est5</i>	<i>Est5-1</i> = 0.2 <i>Est5-2</i> = 0.8	1.471	0.500	0.400	0.320	-0.250

Примечание: *A<sub>e</sub>* – эффективное число аллелей; *H<sub>o</sub>* – наблюдаемая гетерозиготность; *H<sub>e</sub>* – ожидаемая гетерозиготность; *I* – индекс Шеннона, *F* – коэффициент инбридинга.

Такое явное увеличение частоты редких для лесостепи аллелей подчеркивает уникальность этой группы. Вероятно, упомянутые выше, неспецифические условия обитания на участке «Воргол» определили вектор естественного отбора в направлении формирования столь оригинального генофонда, достоверно отличного не только от генофондов соседних популяций, но и от генофондов популяций этого вида в лесостепи в целом. Этот вывод подтверждает кластерный анализ, проведенный с использованием генетических расстояний [13]. Согласно представленной схеме популяция из заповедного участка «Воргол» значительно дистанцировалась от сравниваемых групп, которые образовали отдельный кластер, соответствующий донскому бассейну (рис.2).

<sup>1</sup> В большинстве изученных популяций лесостепи локус *Est5* представлен гомозиготным фенотипом 22.

Стоит отметить, что согласно наиболее вероятной гипотезе центром возникновения (и расселения) семейства *Bradybaenidae* считают горные районы Азии [14]. Кустарниковая улитка является единственным видом этого обширного семейства, освоившего европейский континент<sup>1</sup>, где предпочитает избегать горных биотопов. Таким образом, реликтовая популяция из урочища «Воргол», возможно, несет в себе тот исходный генофонд, который мог быть унаследован от предковой группы в период расселения, что помогло ей сохранить горную специализацию.

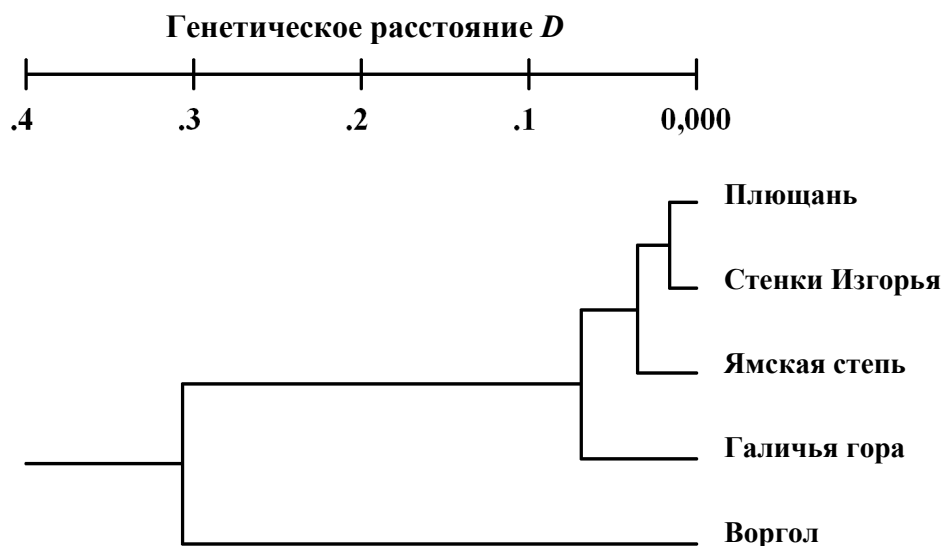


Рис. 2. Дендрограмма генетических расстояний по Неи [13](UPGMA)

Безусловно, этот вывод требует определенной доли осторожности. Но, тем не менее, обнаруженное своеобразие популяций кустарниковой улитки в заповеднике «Галичья Гора» лишний раз подчеркивает уникальность этого природного наследия и диктует необходимость его дальнейшего сохранения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы РНПВШ № 2.2.3.1/ 3723, РФФИ № 09-04-97513 р\_центр\_а.

### Литература

1. Матекин П.В., Макеева В.М. Полиморфная система эстераз и пространственная структура вида у кустарниковой улитки (*Bradybaena fruticum* Mull.) // Журн. общей биологии. – 1977. – Т.38, № 6. – С. 908-913.
2. Зейферт Д.В., Действие естественного отбора на генетическую структуру популяций наземного моллюска *Bradybaena fruticum* (Mull.) // Журн. общей биологии. – 1987. – Т. 48, № 4. – С. 549-554.
3. Хохуткин И.М. Структура изменчивости видов на примере наземных моллюсков. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 175 с.
4. Матекин П.В., Макеева В.М., Пахорукова Л.В., Снегин Э.А., Пространственные различия популяций *Bradybaena fruticum* по комбинационным фенотипам в пределах Русской равнины // Моллюски. Проблемы систематики, экологии и филогении. Тезисы докладов. – СПб.: ЗИН, 2000. – С. 86-87.
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.

<sup>1</sup> Самостоятельность другого вида из этого семейства *Bradybaena schrencky* (Midd.), также зашедшего на территорию Европы в настоящее время оспаривается.



6. 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.
7. Снегин Э.А. Эколого-генетические аспекты расселения *Bradybaena fruticum* (Mollusca, Gastropoda, Pullmonata) в элементах лесостепного ландшафта // Экология. – 2005. – № 1. – С. 39-47.
8. Снегин Э.А. Особенности генотипической структуры популяций кустарниковой улитки Трансильвании // Эколого-Функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища: Збірник наукових праць. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2006. – Вып. 2. – С. 304-307.
9. Снегин Э.А. Анализ популяционных генофондов особо охраняемых природных территорий в условиях лесостепного ландшафта (на примере наземного моллюска *Bradybaena fruticum* Müll (Gastropoda, Pulmonata) // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 12. – С. 123-129.
10. Хохуткин И.М. О наследовании признака «опоясности» в естественных популяциях наземного брюхоногого моллюска *Bradybaena fruticum* (Mull.) // Генетика. – 1979. – Т. 15, № 5. – С. 868-871.
11. Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx V5: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Australian National University, Canberra, Australia. – 2001. <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlEx/>
12. Рункова Г.Г., Максимов В.Н., Ковальчук Л.А., Хохуткин И.М. Эндогенная активность оксидаз и их реакция на тироксин в гомогенатах двух морф *Bradybaena fruticum* (Mull.) в условиях разных температур // Докл. АН СССР. – 1974. – Т. 219, № 2. – С. 471-472.
13. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – Vol. 89. – P. 583-590.
14. Матекин П. В. Наземные моллюски семейства Bradybaenidae Средней Азии // Тр. Зоол. музея МГУ: Исследования по фауне Советского союза. – М., 1972. – Т. 12. – С. 112-114.

#### **MORPHOLOGY-GENETIC PARAMETERS OF POPULATIONS OF TERRESTRIAL MOLLUSK *BRADYBAENA FRUTICUM* MÜLL. IN RESERVATION «GALICHJA GORA»**

##### **E.A. Snegin**

Belgorod State University  
Pobedy Str., 85,  
Belgorod, 308015, Russia

E-mail: [snegin@bsu.edu.ru](mailto:snegin@bsu.edu.ru)

Research results of bush snail populations (*Bradybaena fruticum* Müll), dwelling on various fields of reservation «Galichja Gora» are described in the work. Variability of the conchiological attributes including morphometric parameters, presence of a longitudinal strip on a concha and variants of concha colouring are analyzed. Four locuses monomeric esterases were used as genetical markers. Originality on frequencies alleles and a high degree of heterozygosity of investigated of bunches snails is shown, vectors of natural selection are revealed, the hypothesis of formation of a gene pool of a population from reserved field «Vorgol» kept mountain specialization expresses.

Key words: a terrestrial mollusk, populations, reservation.



УДК 595.7(924.85)

## КАРАБИДОКОМПЛЕКС ЗАПОВЕДНОГО УЧАСТКА «ЯМСКАЯ СТЕПЬ» И ПРИЛЕЖАЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

**А.В. Присный,  
Ю.А. Присный,  
А.В. Мусина**

*Белгородский  
государственный  
университет*

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

*E-mail: prisniy@bsu.edu.ru*

На территории Губкинского и Старооскольского районов Белгородской области расположен комплекс горнорудных и других предприятий. В зоне их влияния находится и уникальный участок северной степи «Ямская степь». Изучались изменения в составе фауны жуужелиц заповедной территории, произошедшие за 30 лет, а также современное состояние карабидо-комплексов в зоне влияния Лебединского горно-обогатительного комбината. Установлено уменьшение численности или исчезновение видов, характерных для естественных дубрав и степей и увеличение разнообразия и обилия луговых мезофилов.

Ключевые слова: жуужелицы, «Ямская степь», изменения.

### Введение

«Ямская степь», ныне один из участков государственного природного заповедника «Белогорье», расположен на севере Белгородской области в непосредственной близости к Лебединскому горно-обогатительному комбинату (ЛГОК). Вводом в эксплуатацию Лебединского рудника в 1959 г. и Стойленского рудника в 1968 г. началась открытая разработка богатых железных руд КМА. Строительство этих комбинатов завершено в 1975 г. [1]. С начала 80-х годов началось выраженное влияние предприятий горнорудного производства (пыление отвалов, изменение гидрологического и гидро-термического режима) на биоценозы прилежащих территорий, включая уникальный участок плакорной лугостепи. В это же время (1981-1982 гг.) Харьковскими энтомологами были произведены обстоятельные сборы насекомых на участках Центрально-Черноземного заповедника, куда в то время входила и «Ямская степь». В настоящее время весь собранный ими материал хранится в фондовой коллекции Харьковского энтомологического общества. Результаты обработки этих сборов, в сильно сокращенном виде, были опубликованы в 1984 году [2]. Повторная обработка собранных почвенными ловушками жуужелиц (Coleoptera: Carabidae) была произведена Т.Э. Гречаниченко, что позволило ей, с учетом собственных данных привести для фауны «Ямской степи» 85 видов жуков этого семейства, а для охранной зоны – дополнительно 6 видов [3]. При этом на ватных матрасиках, предоставленных нам для дополнительного анализа М.А. Филатовым, хранятся жуужелицы 61-го вида, в том числе 34-х видов, собранных в границах заповедного участка, 33-х видов, собранных в смежных агробиоценозах. Из числа приведенных Т.Э. Гречаниченко в указанной публикации со ссылкой на данные сборы, 17 видов на матрасиках отсутствуют. Собственные данные автора по заповедному участку касаются 51-го вида. Примечательно, что в конце 90-х годов в «Ямской степи» не был обнаружен 41 вид из первоначального перечня.

### Материал и методика

Материалом для исследований служили насекомые жесткокрылые (Coleoptera) семейства жуужелиц (Carabidae). В подавляющем большинстве они входят в группу герпетобионтов – обитателей поверхности почвы, ее верхнего горизонта и растительного опада. Оптимальным способом учета жуужелиц является сбор почвенными ловушками Барбера. В Белгородской области в состав семейства, за исключением видов, исчезнувших во второй половине XX века, входит около 220 видов. Большая их часть –

хищники, стоящие у вершины экологической пирамиды, меньшая – зоофитофаги и лишь несколько видов являются фитофагами. Среди представителей семейства выделяется несколько экологических групп по гидропреферендуму – прибрежные и луговые гигрофилы, лесные и лугово-лесные мезофилы, луговые мезофилы и мезоксерофилы, луговые и степные ксерофилы, – что позволяет использовать экологическую структуру карабидофауны для характеристики гидротермических условий среды обитания.

Для учета жужелиц в зоне потенциального влияния комплекса горнорудных предприятий, в различных направлениях от промплощадки ЛГОК, в 2006-2008 гг. на разном удалении от нее устанавливались группы почвенных ловушек Барбера: в нижней и средней частях балки «Суры», на плакоре и меловом останце в границах заповедного участка «Ямская степь», а также в 8-и пунктах, расположенных южнее и юго-западнее его. В большинстве пунктов ловушки размещались в относительно однородных условиях близких к условиям балки «Суры»: общий уклон на север; сочетание леса и лугостепи или луга. В каждом пункте в одном или двух местах устанавливалось по 10 ловушек: по 5 в стороны от линии опушки с расстоянием 10 м между ловушками. Кроме того, учеты почвенными ловушками произведены в двух лесных массивах, подверженных высокой рекреационной нагрузке вблизи г. Губкина, на действующем и рекультивированных гидроотвалах ЛГОК.

Пункты учетов (с расстоянием от промплощадки ЛГОК): отработанный карьер-гидроотвал у микрорайона Лебеди-2-2.5 км к северу (С); рекльтивированный гидроотвал ЛГОК – 0.5 км к западу (З); гидроотвалы ЛГОК у пос. Заповедный – 4 км к югу (Ю); балка «Суры» («Ямская степь») – 6.5 и 7 км к Ю; «Ямская степь», плакор – 7.5 км к Ю; «Ямская степь», меловой останец у юго-восточной (ЮВ) границы участка – 8.5 км к Ю; урочище «Михеево» – 11 км к ЮЮЗ; ур. «Сенное» у с. Сергиевка – 10 км к юго-западу (ЮЗ); лог «Должик» в урочище «Должик» у дер. Дубравка – 14 км; урочище «Дубянка» у с. Сапрыкино – 13,5 км к Ю; балка Жилина Владина в урочище «Хмелеватое» у с. Мелавое – 22 км к западу-юго-западу (ЗЮЗ); урочище «Водяное» у с. Дальняя Ливенка – 22 км ЮЗ; «Коньшинский лог» в урочище «Вислое» у с. Коньшино – 30,5 км к Ю; склон правого берега р. Ольшанка у с. Кочегуры – 28 км к З; лесной массив «Теплый колодец» в окр. пос. Аверино – 13 км. (ЗСЗ); ур. «Журавлики» на З окраине г. Губкина – 8 км к западу-север-западу (ЗСЗ); лесной массив у с. Огибное – 20 км к югу-юго-западу (ЗЮЗ).

Всего в пунктах учетов собрано около 25 000 экземпляров жужелиц.

### Результаты исследований

По состоянию на начало 2001 года объединенный список видов, включающий сведения, опубликованные Т.Э. Гречаниченко [3], и наши фрагментарные данные включал 93 вида, в том числе 78 видов собранных в 1981-1982 гг., из которых через полтора десятилетия не был отмечен 41 вид.

В материале, собранном в 2006-2008 гг. идентифицировано 99 видов: 60 – отмеченных до 2001 г. и 39 – новых для фауны участка. Одновременно 33 вида из упомянутого списка не были обнаружены. В итоге на сегодняшний день список идентифицированных видов жужелиц когда-либо собранных на участке «Ямская степь» достиг 130-и. Обращает на себя внимание весьма низкое значение коэффициента общности Сёренсена фаунистических списков, составленных до 2001 года и после него:  $K = 0.47$ . Для сравнения: на отвалах ГОКов и в пригородных лесах выявлено 100 видов жужелиц; из них лишь 18 отсутствуют в сводном списке по «Ямской степи»; коэффициент фаунистической общности промзоны и заповедного участка по состоянию после 2001 г. – 0.70, а по состоянию до 2001 г. – 0.61.

Виды, устойчиво сохраняющие присутствие на заповедном участке, представлены собственно лугово-степными мезоксерофилами – 5 (*Carabus arvensis* Hbst., *C. estreicheri* F.-W., *C. hungaricus* F., *Poecilus lepidus* Leske., *Zabrus spinipes* F.), собственно лесными мезофилами – 2 (*Leistus ferrugineus* L., *Pterostichus oblongopunctatus* F.), луговыми и лугово-лесными мезофиллами – 20 (*Amara aenea* Deg., *A. eurynota* Pz., *A. ovata* F., *Anchomenus dorsalis* Pont., *Badister bullatus* Scrhk., *Brachinus crepitans* L., *Calathus fuscipes* Gz., *C. melanocephalus* L., *Calosoma investigator* Ill., *Carabus cancella-*



*tus* Ill., *C. haeres* F.-W., *Curtonotus aulicus* Panz., *Harpalus griseus* Pz., *H. rubripes* Duft., *H. rufipes* Deg., *H. tardus* Pz., *Poecilus cupreus* L., *P. versicolor* Sturm., *Pterostichus melanarius* Ill., *P. niger* Schall.). Особого упоминания заслуживает повторное обнаружение степных видов *C. arvensis* Hbst., *C. hungaricus* F. и *P. lepidus* Leske. Среди которых *C. hungaricus* F. считался «по-видимому исчезнувшим» на территории Белгородской области [4].

Не обнаружены ни разу, начиная с 2001 г., дубравные *Abax parallelopedus* Pill. et Mitt., *Calosoma inquisitor* L., *C. sycophanta* L., *Carabus glabratus* Pk., лугово-лесные *Carabus stscheglovi* Mnnh. и *Chlaenius tristis* Schall., луговостепные мезофилы *Agonum lugens* Duft., *A. micans* Nic., *Amara crenata* Dej., *A. equestris* Duft., *A. ingénua* Duft., *A. municipalis* Duft., *A. spreta* Dej., *Calathus ambiguus* Payk., *Calosoma auropunctatum* Hbst., *Cicindela campestris* L., *Harpalus affinis* Schrnk., *H. ampicollis* Men., *H. anxius* Duft., *H. atratus* Latr., *H. froelichi* Sturm., *H. pumilus* Sturm., *H. smaragdinus* Duft., *Lebia cruxminor* L., *L. cyanocephala* L., *Ophonus diffinis* Dej., *Paradromius linearis* Ol., *Philorhizus spilotus* Ill., а также степные мезоксерофилы *Calosoma denticolle* Gebl., *Harpalus modestus* Dej., *Poecilus crenuliger* Ch., *P. puncticollis* Dej., *P. punctulatus* Schall. Правда вблизи участка на отвалах промышленной зоны и в лиственных лесах в этот же период из их числа были обнаружены *C. ambiguus*, *C. auropunctatum*, *C. denticolle*, *C. inquisitor*, *Cicindela campestris*, *Harpalus affinis*, *H. ampicollis*, *H. anxius*, *H. atratus*, *H. modestus*, *P. punctulatus*. Что касается *C. glabratus*, *C. stscheglovi*, *P. crenuliger*, *P. puncticollis*, *P. punctulatus*, то эти виды в последние десятилетия сокращают свою распространенность и встречаемость по всему региону, а *C. sycophanta*, вероятно, здесь исчез полностью. В целом же, подавляющее большинство из 33-х не обнаруживаемых видов на территории Белгородской области относятся к числу редких.

По-инному характеризуются виды, впервые отмеченные на заповедном участке. Из 39-и таких видов – 28 – широко распространенные луговые, лугово-лесные и лесные мезофилы обитающие также и в техногенных биотопах промышленной зоны ЛГОК (*Amara brunnea* Gyll, *A. convexior* Steph., *A. littorea* Thoms., *A. similata* Gyll, *Anisodactylus signatus* Panz, *Asaphidion flavipes* L., *Badister lacertosus* Sturm, *Bembidion properans* Steph, *B. quadrimaculatum* L., *Blemus discus* F., *Carabus granulatus* L., *Chlaenius vestitus* Pk, *Cicindela germanica* L., *Clivina fossor* L., *Drypta dentata* Rossi., *Epaphius secalis* Pk., *Lebia chlorocephala* Hoffm., *Licinus depressus* Pk., *Microlestes fissuralis* Rtt., *M. minutulus* Gz., *Notiophilus laticollis* Chd., *N. palustris* Duft., *Panagaeus cruxmajor* L., *Platynus assimile* Pk., *Pterostichus ovoideus* Sturm, *P. strenuus* Pz., *P. vernalis* Pz., *Trechus quadristriatus* Schrnk.), и еще 8, также мезофильных видов, известны из других пунктов Губкинского и Старооскольского районов, хотя встречаются sporadически (*Agonum duftschmidti* Smidt., *Amara tibialis* Pz., *Harpalus smaragdinus* Duft., *H. xanthopus winkleri* Schaub, *Ophonus subquadratus* Dej., *Oxypselaphus obscurus* Hbst., *Patrobus assimilis* Pk., *P. septemtrionis* Dej.). Остальные три вида – новые для Белгородской области: *Amara taurica* Motsch. – восточно-степной вид, вероятно, ранее не выявленный в силу своей редкости; *Bembidion minimum* F. и *Bembidion rethenum* Tschit., предположительно, присутствовали в сборах и ранее, но не были идентифицированы.

Отмеченные изменения в фаунистических списках одной и той же территории за почти 30-летний период не могут быть объяснены с позиций ритмики биоценозов: наблюдается явное смещение структуры карабидокомплекса в направлении мезофильности; исчезают стенотопные (дубравные и степные) виды, заменяясь политопными (луговыми и лугово-лесными). Фактически, наблюдается «растворение» биоценоза целинной лугостепи в окружающих биоценозах сорных залежей и сельскохозяйственных угодий, при выраженном изменении гидротермического режима в зоне влияния горнообогатительных комбинатов.

Подтверждение сказанного мы находим в сопоставительных значениях суммарного численного индекса «лес / луг (степь)» в карабидокомплексах в зоне влияния ЛГОК и СГОК, рассчитанного для пунктов учетов, удаленных от промзоны на разные

расстояния (рис.) по уловам в ловушки в период массового выхода особей нового поколения (июль-август) в 2006 году по формуле

$$И = (a-b)/(a+b),$$

где *a* – число особей, отловленных в лесу, *b* – число особей, отловленных на лугу. Для примера в таблице 1 приведены индексы доминирующих видов, характеризующие их приуроченность к биотопу. В данном случае положительные значения имеют виды «преимущественно лесные», а отрицательные – «преимущественно луговые».

Таблица 1  
**Топические предпочтения доминирующих в пунктах учета в Губкинском районе Белгородской области в 2007, 2008 г., видов жужелиц**

Виды	Индекс «лес/луг»
<i>Pterostichus strenuus</i> Pz.	+ 1.00
<i>Patrobus atrorufus</i> Stroem.	+ 1.00
<i>Platynus assimilis</i> Pk.	+ 1.00
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> F.	+ 0.98
<i>Harpalus rufipes</i> Deg.	+ 0.72
<i>Anchomenus dorsalis</i> Pont.	+ 0.69
<i>Pterostichus melanarius</i> Ill.	+ 0.68
<i>Carabus granulatus</i> L.	+ 0.63
<i>Badister bullatus</i> Scrhk.	+ 0.50
<i>Licinus depressus</i> Pk.	+ 0.50
<i>Panagaeus bipustulatus</i> F.	+ 0.47
<i>Pterostichus niger</i> Schall.	+ 0.44
<i>Pterostichus vernalis</i> Pz.	+ 0.25
<i>Amara aenea</i> Deg.	+ 0.25
<i>Eraphius secalis</i> Pk.	+ 0.20
<i>Carabus cancellatus</i> Ill.	- 0.01
<i>Pterostichus nigrata</i> F.	- 0.25
<i>Pterostichus ovoideus</i> Sturm.	- 0.25
<i>Poecilus versicolor</i> Sturm.	- 0.31
<i>Harpalus griseus</i> Pz.	- 0.33
<i>Poecilus cupreus</i> L.	- 0.37
<i>Leistus ferrugineus</i> L.	- 0.38
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> L.	- 0.50
<i>Ophonus azureus</i> F.	- 0.50
<i>Carabus marginalis</i> F.	- 0.51
<i>Harpalus distinguendus</i> Duft.	- 0.67
<i>Amara eurynota</i> Pz.	- 0.75
<i>Anisodactylus signatus</i> Pz.	- 0.75
<i>Curtonotus aulicus</i> Panz.	- 0.79
<i>Harpalus rubripes</i> Duft.	- 0.80
<i>Ophonus rupicola</i> Sturm.	- 0.89
<i>Cymindis angularis</i> Gyll.	- 0.92
<i>Calathus melanocephalus</i> L.	- 1.00
<i>Amara consularis</i> Duft.	- 1.00
<i>Brachinus crepitans</i> L.	- 1.00

### Выводы

В Губкинском районе за весь анализируемый период исследований (с 1981 г.) отмечено 183 вида жужелиц, в т.ч. 150 – после 2001 г.

Общий список видов жужелиц «Ямской степи» составляет 130 видов.

Из 35 видов жужелиц, входящих в число доминантов, субдоминантов и «обычных» в пунктах сборов большинство представлены луговыми формами с интраполизональным типом распространения: лесные – 6, лугово-лесные – 10, луговые – 19; бореальные – 1, неморальные – 4, интраполизональные – 22, интрастенозональные – 8. В доминирующей группировке отсутствуют лугово-степные и степные интрастенозональные и зональные виды.

Со всей очевидностью проявляется резкая смена структуры карабидокомплекса в самой «Ямской степи» с доминирования луговых мезоксерофилов на доминирование лугово-степных мезофилов во времени и сглаживание этой тенденции по мере удаления от гидроотвалов ЛГОК.

В общем проанализированном материале из 12-и пунктов учета, расположенных в секторе юг – юго-запад от промзоны ЛГОК в 2006-2008 гг. идентифицирован 121 вид. При этом ни расстояние от объекта, ни общее количество собранного материала не явились условием, определяющим видовое разнообразие (табл. 2). Предположительно, локальная фауна определяется исходным типом сообщества и степенью его сохранности.

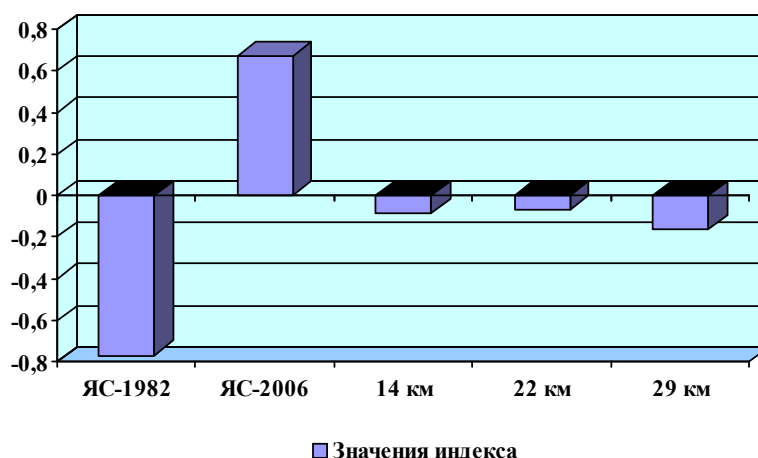


Рис. Значения суммарного численного индекса «лес / луг (степь)» в карабидокомплексах в зоне влияния ЛГОК и СГОК (1982 и 2006 гг.)  
 ЯС – «Ямская степь»; 14 км – Дубравка + Сапрыкино; 22 км – Мелавое + Д.Ливенка+Огибное;  
 29 км – Коньшино + Проточное + Савенково

Таблица 2

**Объем собранного материала (экз.) и видовое разнообразие жуужелиц в пунктах учетов в 2007 и 2008 гг.**

Пункты учетов	Число экземпляров		Число видов		Индекс разнообразия		Расстояние от «объекта» (км)
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	
1	2	3	4	5	6	7	8
Май-июнь							
Ямская степь, Суры	769	531	53	45	0.069	0.085	6.5; 7
Ямская степь, плакор	113	509	17	26	0.150	0.051	7.5
Ямская степь, Останец	61	133	8	9	0.131	0.068	8.5
Михеево	-	543	-	38	-	0.070	8
Дубравка	597	147	51	33	0.085	0.224	14
Сергиевка	443	567	32	33	0.072	0.058	14
Сапрыкино	148	194	23	20	0.155	0.103	15
Дальняя Ливенка	479	378	36	33	0.075	0.087	22
Мелавое	117	499	11	31	0.094	0.062	22
Кочегуры	812	524	43	45	0.053	0.086	29.5
Коньшино	395	330	29	45	0.073	0.136	30.5
Июль-август							
Гидроотвал	664	-	18	-	0.027	-	4
Ямская степь, Суры	287	144	31	33	0.108	0.229	6.5; 7
Ямская степь, плакор	90	315	15	22	0.167	0.070	7.5
Ямская степь, Останец	15	27	7	6	0.467	0.222	8
Михеево	230	79	13	17	0.057	0.215	8
Дубравка	133	150	23	25	0.173	0.167	14
Сергиевка	298	451	29	23	0.097	0.051	14
Сапрыкино	83	55	11	15	0.133	0.273	15
Дальняя Ливенка	83	71	25	21	0.301	0.296	22
Мелавое	168	77	22	18	0.131	0.234	22



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Кочегуры	310	678	26	34	0.084	0.050	29.5
Коньшино	127	106	24	31	0.189	0.292	30.5
Всего	6422	6508	122	124	0.020	0.019	4-30.5

Среди впервые отмечаемых видов за период исследования (с 2001 по 2008 год) 39-и видов – 28 – широко распространенные луговые, лугово-лесные и лесные мезофилы обитающие также и в техногенных биотопах промышленной зоны ЛГОК, и еще 8, также мезофильных видов, известны из других пунктов Губкинского и Старооскольского районов, как встречающиеся спорадически. Остальные три вида – новые для Белгородской области (*Amara taurica*, *Bembidion minimum* и *B. rethenum*).

Видов, устойчиво сохраняющих присутствие на заповедном участке за период с 2001 по 2008 год, отмечено 24. Среди них собственно лугово-степных мезоксерофилов – 2, собственно лесных мезофилов – 2, луговых и лугово-лесных мезофилов – 20.

Большинство устойчиво не обнаруживаемых в «Ямской степи» видов (всего 33) на территории Белгородской области относятся к числу редких. *C. glabratus*, *C. stscheglovi*, *P. crenuliger*, *P. puncticollis*, *P. punctulatus* в последние десятилетия сокращают свою распространенность и встречаемость по всему региону, а *C. sycophanta*, вероятно, здесь исчез полностью.

Наблюдается явное смещение структуры карабидокомплекса «Ямской степи» в направлении мезофильности; исчезают стенотопные (дубравные и степные) виды, заменяясь политопными (луговыми и лугово-лесными).

Со всей очевидностью проявляется резкая смена структуры карабидокомплекса в самой «Ямской степи» с доминирования луговых мезоксерофилов на доминирование лугово-степных мезофилов во времени и сглаживание этой тенденции по мере удаления от гидроотвалов ЛГОК.

В техногенных и трансформированных естественных биотопах губкинско-старооскольской промышленной зоны в 2006-2009 гг. зарегистрировано 100 видов семейства Жужелицы.

В общем проанализированном материале из 12-и пунктов учета в 2007, 2008 гг. идентифицирован 121 вид. При этом ни расстояние от объекта, ни общее количество собранного материала не явились условием, определяющим видовое разнообразие. Предположительно, локальная фауна определяется исходным типом сообщества и степенью его сохранности.

Часть работы выполнена при финансовой поддержке РНПВШ. Проект № 2.2.3.1/ 3723, РФФИ № 09-04-97513 р\_центр\_а.

### Список литературы

1. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / Под ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. – 556 с.
2. К фауне и экологии насекомых и пауков Ямского участка Центрально-Черноземного государственного заповедника / Б.М. Якушенко, В.Н. Грамма, А.В. Захаренко и др. // Эколого-фаунистические исследования Центральной лесостепи Европейской части СССР: Сб. науч. тр. ЦНИЛ Главохоты РСФСР. – М., 1984. – С. 54-61.
3. Гречаниченко, Т.Э. Карабидофауна Центрально-Черноземного заповедника / Т.Э. Гречаниченко // Зоологические исследования в заповедниках Центрального Черноземья: Тр. Ассоциации особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья России. – Тула, 2001. – Вып. 2. – С. 132-138.
4. Красная книга Белгородской области: Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание / Общ. науч. ред. А.В. Присный. – Белгород, 2005. – 532 с.



---

**COMPLEX of GROUND-BEETLES of a RESERVED SITE «YAMSKAYA STEPPE » and of BESIDE LOCATED TERRITORIES in a ZONE of INFLUENCE of LEBEDINSKY ORE-DRESSING COMBINE**

**A.V. Prisnyi,  
Yu.A. Prisnyi,  
A.V. Musina**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail: prisniy@bsu.edu.ru*

The large mining complex is located on the territory of Gubkinsky and Starooskolsky districts of Belgorod region. In a zone of its influence there is also a unique area of northern steppe «Yamskaya Steppe». The changes in the fauna structure of ground-beetles of the reserved territory (in the past 30 years) and present-day condition of carbide complexes in the zone of influence of Lebedinsky mining and processing combined works were studied. The reduction of species number or extinction of species, characteristic for natural both oak-forests and steppes are recorded. The diversity increase and abundance of meadow mesophilous are defined.

Key words: ground-beetles, «Yamskaya Steppe», change.



УДК 639.312:639.371.5:591.531.1

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ КАНАЛЬНОГО СОМА (*ICHTALURUS PUNCTATUS* (RAFINESQUE 1818))

**И.Ю. Киреева,  
Ю.В. Ярошик**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования*

*Украина, 03041, Киев,  
ул. Генерала Родимцева, 19*

*E-mail: kireevaiu@mail.ru*

В работе показаны особенности методов выращивания товарного канального сома в условиях прудовой и садковой технологий, изложены основные требования к условиям среды, выявлены преимущества и недостатки каждой технологии. Установлено, что садковый метод выращивания экономически более выгоден, поскольку рыба достигает товарной массы в сбросной теплой воде в более короткие сроки, при условии регулярного контроля за содержанием в воде кислорода и поддержании его на оптимальном уровне с целью исключения заморных явлений. Рыбопродуктивность по канальному сому в садках составляет 90-120 кг/м<sup>2</sup> против 0,15-0,2 кг/м<sup>2</sup> в прудах. Данная технология является ресурсосберегающей.

Ключевые слова: аквакультура, сеголетки, годовики, садки, пруды, рыбопродуктивность, зарыбок, заморы, дель, ячея.

### Введение

Актуальным вопросом рыбной отрасли Украины является подбор наиболее рациональных и эффективных методов ведения хозяйства, выращивание перспективных объектов аквакультуры на основе использования ресурсосберегающих технологий. В практике рыбного хозяйства с целью увеличения производства рыбной продукции широко используют интродукцию новых промыслово-ценных видов рыб. Одним из таких перспективных объектов является канальный сом – теплолюбивый пресноводный представитель североамериканской ихтиофауны (рис), который обладает сразу несколькими достоинствами: одинаково хорошо чувствует себя в пресной и соленой воде, быстро растет, легко размножается, выживает в перенаселенном водоеме и способен переносить временное падение кислорода до 1 г/л. Он не имеет чешуи и мелких костей, его мясо отличается ценными вкусовыми и диетическими качествами, а по нежности и вкусу не уступает популярным форели и осетрине. Американского канального сома справедливо считают тепловодным аналогом форели. В США эта рыба является основным объектом товарного рыбоводства, объем потребления которой только жителями этой страны достигает 300 тыс. тонн ежегодно [5]. В странах СНГ канальный сом известен с 1974 года, когда его завезли с целью заселения в сбросных водах тепловых электростанций. Эта рыба хорошо чувствует себя при температуре 25-30°C, но способна и к длительным зимовкам, если температура подо льдом не опускается ниже +5°C [4]. В рыбоводных хозяйствах канального сома разводят прудовым, садковым и аквариумным (бассейновым) способами.

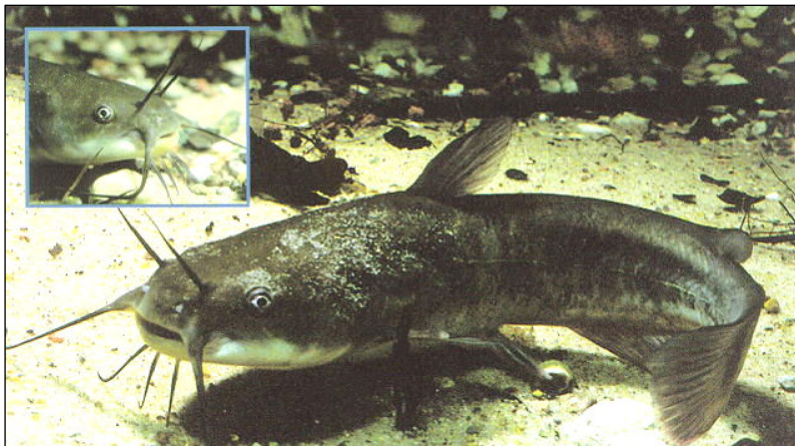


Рис. Внешний вид канального сома



### Объекты и методы исследования

Объект исследования – канальный сом. Цель исследования – сравнительный анализ разных технологий выращивания товарного канального сома. Используются методические инструкции и нормативные материалы по садковой и прудовой технологиям при двухлетнем цикле: от подращивания личинки до получения товарных двухлеток.

### Результаты и их обсуждение

Анализ имеющейся в нашем распоряжении информации материалов показал, что прудовой метод выращивания канального сома в Украине целесообразно применять в южных регионах (V–IV рыбоводная зоны), где температура воды в течение вегетационного периода превышает 22°C. Данный метод разведения самый простой и достаточно распространенный. Как правило, рыбу выращивают в монокультуре. Сеголеток канального сома выращивают в небольших выростных прудах, площадью 4-10 га, иногда даже больше. Глубина их составляет 0.9-1.8 м. Пруды зарыбляют весной, а облавливают осенью. Период выращивания длится около 210 дней. Плотность посадки определяется расходом воды, размерами высаживаемой на выращивание молоди и желаемой массой товарной рыбы. Для обычных прудов плотность посадки – 50-75 тыс. экз./га. Конечная масса сеголеток 15-20 г, с выходом за вегетационный период – 50%. Средняя рыбопродуктивность прудов по сеголеткам канального сома составляет 7.5 ц/га. Как правило, их выращивают в монокультуре. При выращивании молоди канального сома особое внимание следует обращать на интенсивность и рацион кормления. В начальный период корма задают в небольшом объеме, исходя из его поедаемости, а затем из расчета 5-6% массы рыбы. Для выращивания двухлеток канального сома больше подходят небольшие по площади пруды с хорошо спланированным ложем до 10 га, глубиной до 1.5 м. Корма должны быть хорошо сбалансированы по белковому компоненту, главным образом животного происхождения. При плотности посадки годовиков на выращивание равной 5 тыс. экз./га, с учетом вышеуказанных требований, выход двухлеток составлял – 90%. В районах, где температура воды в вегетационный период выше 22°C, при использовании посадочного материала массой 15 г, можно получить двухлеток массой 300 г, а при посадке годовиков весом 20 г – 400-500 г. При этом рыбопродуктивность прудов по канальному сому составляет 15-20 ц/га [4].

При выращивании сомов в садках водоемов-охладителей гидроэлектростанций создаются наиболее оптимальные условия. Чаще используют садки из алюминиевой проволочной сетки с пластмассовыми поплавками. При выращивании данным методом, зарыбок выращивают поэтапно: 1) подращивание личинок в стеклопластиковых лотках, объемом 1.5 м<sup>3</sup> до навески 100 мг в течение 10 дней при плотности посадки 30 тыс. экз./м<sup>3</sup>; 2) выращивание молоди до 1 г производится в тех же лотках, что и на первом этапе подращивания, при снижении плотности посадки до 5 тыс. экз./м<sup>3</sup> в течение 40-45 суток. Выход на первом этапе не превышает 80%, а на втором – составляет 90%.

В период подращивания личинок интенсивно кормят живыми кормами (выловленным зоопланктоном) и специальным стартовым комбикормом РГМ-5 с большим содержанием протеинов. По мере набора рыбой массы, доля живых кормов в рационе уменьшается [2]. При достижении молоди навески 1 г, личинок пересаживают в садки.

Выращивание сеголеток происходит также в два этапа. Первый – выращивание молоди навеской от 1 до 5 г. в садках, площадью 4-12 м<sup>2</sup> с размером ячеек 3-5 мм, при плотности посадки 2.5 тыс. экз./м<sup>2</sup> в течение 30-45 дней. Выход сеголеток массой 5 г составляет 60%. Второй этап – выращивание молоди от 5 до 20 г в садках, площадью до 20 м<sup>2</sup>, при плотности посадки 1 тыс. экз./м<sup>2</sup> в течение 60-75 дней. Выход сеголеток массой 20 г. составляет 80%.

Для кормления, на первом этапе подращивания используют пастообразный корм (селезенка и 1% премикса) и комбикорм для сеголетков форели. Соотношение пастообразного и сухого кормов 1:1. Величина рациона в начале периода выращива-

ния составляет 10%, а в конце – 6% массы рыбы. Частота кормления – от 10 (в начале периода) до 6 (в конце) раз в день. На втором этапе выращивания доля пастообразных кормов снижается до 30%. Величина рациона 5-6% массы рыбы. Частота кормления 3-4 раза в день [2].

Для выращивания товарных двухлеток рекомендуемая площадь садка 16-24 м<sup>2</sup>, ячея дели 14-20 мм. Плотность посадки годовиков должна составлять 350 экз./м<sup>2</sup>. При продолжительности выращивания около 6 мес. двухлетки достигают массы 400 г. Выживаемость при этом составляет 80 %, а выход продукции – 90-120 кг/м<sup>2</sup> [1].

Необходимо указать преимущества и недостатки каждого из представленных методов выращивания канального сома. К преимуществам прудового метода выращивания относятся: простота организации технологического процесса, отсутствие отдельных этапов подращивания как личинок, так и сеголеток, а также необходимости применения искусственного кормления. Для выращивания канального сома данным методом подходят обычные карповые пруды, а рыба может использовать естественную кормовую базу водоема. Главный недостаток заключается в том, что создание прудового хозяйства требует значительных площадей как земельных, так и водных ресурсов. Кроме того, к недостаткам прудового метода, также относятся: 1) сильная зависимость объекта выращивания от температурных и климатических условий; 2) большая трудоемкость процесса облова прудов с целью изъятия выращенной рыбы и контроля за состоянием прудов по гидрохимическими, биологическими и рыбоводным показателями; 3) низкие показатели рыбопродуктивности водоема с единицы площади – 15-20 ц/га.

Что касается положительных особенностей выращивания сома в садковых рыбоводных хозяйствах, то к ним относятся исключительно низкие затраты на их создание и соответственно быстрая окупаемость. Также к положительным чертам можно отнести и несложный контроль за качеством воды и выращиваемой рыбы, небольшая площадь, занимаемая садками, удобное обслуживание (доступность, уход). Садковые хозяйства могут быть весьма эффективными и при неполном производственном цикле. Одним из недостатков данного метода, так же как и прудового, является полная зависимость процесса выращивания рыбы от внешних факторов среды, которые, однако, устраняются более легко за счет доступности рыбы и возможности ее перевода в более благоприятные условия, а также невозможности использования в рационе (за некоторыми исключениями) естественной кормовой базы. Угрозой для рыб при садковом выращивании может быть только внезапный дефицит кислорода [5].

### **Заключение**

Проанализировав обе технологии можно сделать вывод, что выращивание в садках экономически выгоднее, чем в прудах, так как затраты при этом ниже. При использовании теплых сбросных вод, рыба быстрее достигает товарной массы, а хозяйства получает более высокую рыбопродуктивность – 90-120 кг/ м<sup>2</sup>, в то время как при прудовой технологии – 15-20 ц/га (0.15-0.2 кг/м<sup>2</sup>). Таким образом, в условиях дефицита водных и земельных ресурсов садковое выращивание канального сома представляет собой одну из ресурсосберегающих технологий в рыбоводстве [4].

### **Список литературы**

1. Андрищенко А.И., Алимов С.И., Захаренко М.О., Вовк Н.И. Технології виробництва об'єктів аквакультури: Навчальний посібник. – К., 2006. – 336 с.
2. Нелеп І.П. Шляхи раціональної годівлі канального сома в умовах індустріального рибництва. – К., 1993. – 56 с.
3. Привезенцев Ю.А. Выращивание рыб в малых водоемах – М.: Агропромиздат. – 1991. – 276 с.
4. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. Т. 2 / Ред. Н.Г. Ланда. – М.: Агропромиздат. – 1986. – С. 24 -42.
5. <http://www.salmo.ru/fish/index.php>



## THE COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TECHNOLOGIES OF CHANNEL CATFISH BREEDING (*ICHTALURUS PUNCTATUS* (RAFINESQUE 1818))

**I.Yu. Kireeva,  
Yu.V. Jaroshyk**

*National university of life  
and environment sciences  
of Ukraine*

*Rodimceva Str., 19, Kyiv,  
03041, Ukraine*

*E-mail: kireevaiu@mail.ru*

The features of methods of commodity channel catfish breeding in the conditions of pond and fish-well technologies are shown. The basic requirements to the environment are expounded. Advantages and disadvantages of each technology are exposed. It is recorded that the fish-well method of breeding is economic advantageous, as fish reach commodity mass in warm waste waters during shorter period of time when the oxygen proportion is regularly controlled and maintained at the optimum level in order to prevent fish-kell. The productivity of channel catfish in the fish-wells is 90–120 kg/m<sup>2</sup>, in the pounds the value is 0.15–0.2 kg/m<sup>2</sup>,

Keywords: aquaculture, underyearlings, yearlings, fish-wells, ponds, fish productivity, fingerlings, fish-kill, net webbing, cell.



УДК 598.2

## ПЕРВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ СИРИЙСКОГО ДЯТЛА *DENDROCOROS SYRIACUS* (HEMPRICH ET EHRENBURG, 1833) НА ВОСТОКЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.Н. Гудина**

*Государственный  
природный заповедник  
«Воронинский»*

*Россия, 393310,  
р.п. Инжавино  
Тамбовской обл.,  
ул. Братская, 23*

*E-mail: karajvor@mail.ru*

Сообщается о первой встрече сирийского дятла на территории Тамбовской области.

Ключевые слова: сирийский дятел, первая регистрация, Тамбовская область.

### Сообщение

В Центральном Черноземье эта расселяющаяся на восток птица более-менее обычной, в том числе и на гнездовании, стала только в Воронежской области [1, 2, 3, др.]. Вместе с тем, в Воронежском заповеднике она зарегистрирована только 15.06.2005 г. [4]. В Курской области сирийский дятел впервые отмечен 23.08.2005 г. в Обоянском районе [5], в Центрально-Чернозёмном заповеднике – 14.04.2007 г. [6]. В Липецкой области эта птица впервые обнаружена 5.02.2005 г. в г. Грязи [7]. Этот город находится всего в 10 км от границы с Тамбовской областью. Однако, на территории Тамбовщины сирийский дятел пока ни разу встречен не был [8].

30.01.2010 г. пара сирийских дятлов встречена нами в районном посёлке Инжавино. В первый после сильных крещенских морозов тёплый день птицы в течение нескольких часов (примерно с 13 до 16 час.) держались в одном из приусадебных садов на ул. Ленинградской. Самец периодически вылетал из сада с плодами фруктовых деревьев (яблоки или сливы) и долбил их, усаживаясь на уличном столбе. До 8.02.2010 г. (включительно) сирийские дятлы почти ежедневно наблюдались в радиусе 150 м от места первой встречи.

### Список литературы

1. Белик В.П. Заметки о летней авифауне Воронежской области и прилежащих районов // Редкие виды птиц и ценные орнитологические территории Центрального Черноземья. – Липецк, 1999. – С. 66–69.
2. Барышников Н.Д. Сирийский дятел – новый гнездящийся вид Воронежской области // Орнитология. – 2001. – Вып. 29. – С. 292.
3. Венгеров П.Д., Смирнов С.В. О гнездовании сирийского дятла в городе Воронеже и Воронежской области // Роль особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья в сохранении и изучении биоразнообразия лесостепи: Материалы научн.-практ. конф., посвящ. 75-летию Воронеж. гос. природн. заповедника. – Воронеж, 2002. – С. 25–26.
4. Венгеров П.Д., Лихацкий Ю.П. Птицы // Позвоночные животные Воронежского заповедника. – Воронеж: ВГПУ, 2008. – С. 19–61.
5. Власов А.А. Сирийский дятел – новый вид птиц Курской области // Соколя Дубрава: Альманах Центрально-Чернозёмного заповедника о природе Курской области. – 2005. – № 3. – С. 15.
6. Власов А.А., Миронов В.И. Редкие птицы Курской области. – Курск, 2008. – 126 с.
7. Сарычев В.С. Сирийский дятел – *Dendrocopos syriacus* Hemprich et Ehrenberg, 1833 // Позвоночные Липецкой области: Кадастр. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2009. – С. 265.



8. Лада Г.А., Соколов А.С. Отряд Дятлообразные Piciformes // Позвоночные Тамбовской области: Кадастр. – Тамбов, 2007. – С. 145–150.

**THE FIRST REGISTRATION OF SYRIAN WOODPECKER *DENDROCOPOS SYRIACUS* (HEMPRICH ET EHRENBURG, 1833) IN THE EAST OF TAMBOV REGION**

**A.N. Gudina**

*State Nature Reserve  
«Voroninskiy»  
Bratskaja, 22, Inzhavino,  
Tambov Region, 393310,  
Russia*

*E-mail: karajvor@mail.ru*

It is reported about the first bird registration of Syrian Woodpecker in the east of Tambov region.

Key words: Syrian Woodpecker, first registration, Tambov region.

УДК 591.9 (470.324)

## АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ АВИФАУНЫ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ БОБРОВСКОГО ПРИБИТЮЖЬЯ

**А.Ю. Соколов***Государственный  
природный заповедник  
«Белогорье»**Россия, 309342,  
Белгородская обл.,  
пос. Борисовка,  
пер. Монастырский, 3**E-mail: falcon209@mail.ru*

В статье приводится анализ более чем 150-летней динамики фауны и населения птиц Воронежской области на примере Бобровского Прибитюжья (долина реки Битюг, Хреновской бор и сопредельные территории) на основе результатов исследований ряда орнитологов, а также непосредственно авторских данных. Наряду с исчезновением отдельных видов отмечается появление новых представителей в фауне данного района и региона в целом. В работе рассматриваются основные причины как негативных, так и позитивных изменений; дается краткая характеристика изменений структуры авифауны с позиции принадлежности птиц к различным экологическим группировкам.

Ключевые слова: авифауна, вид, динамика, экологическая группировка, река Битюг, Хреновской бор.

### Введение

Территория Воронежской области, находящейся на границе лесостепной и степной природных зон, в настоящее время почти на 80% занята сельхозугодиями [1], что обуславливает значительную степень хозяйственного воздействия на природу в целом и в частности на птиц. Относительно сохранившимися местообитаниями последних являются в первую очередь участки речных пойм и естественные лесные массивы. В совокупности с окружающими их сельхозугодиями они образуют значительные по площади сложные комплексы, в которых с одной стороны сочетается большинство характерных для региона ландшафтных и фитоценологических особенностей, и которые с другой стороны могут рассматриваться как своеобразные резерваты биологического разнообразия. Одним из таких участков в Воронежской области является Бобровское Прибитюжье, включающее долину реки Битюг в ее среднем и отчасти нижнем течении, расположенный на левом берегу реки (фактически в административных границах Бобровского района) Хреновской бор и прилегающие водоразделы, занятые преимущественно агроценозами.

Первое подробное описание авифауны Воронежской губернии было сделано Н.А. Северцовым в середине XIX века [2]. Значительная часть исследований, легших в основу данной работы, проводилась в долине р. Битюг, а также на водоразделах рек Битюг и Икорец, Битюг и Хопер. Затем аналогичные исследования были проведены С.И. Огневым и К.А. Воробьевым [3]. Эти ученые в своей работе также особое внимание уделили изучению фауны долины р. Битюг в ее среднем течении. Таким образом, с одной стороны был заложен фундамент авифаунистических исследований в Воронежской области. С другой стороны данным обстоятельством обусловлен особенный интерес проведения в Прибитюжье наряду с прочими орнитологическими исследованиями работ по динамике фауны и населения птиц.

### Материал и методы исследований

Непосредственно автором данной публикации регулярные исследования в Прибитюжье проводятся с 1989 г. Общая площадь территории составляет порядка 2 тыс. км<sup>2</sup>. Она находится, практически, в географическом центре Воронежской области; располагается большей частью на Окско-Донской низменности, а её южная часть заходит на Калачскую возвышенность. Помимо долины р. Битюг с водоразделами (включая Хреновской бор) в район исследований входит левобережный и небольшая



часть правобережного участка долины р. Икорец в среднем течении, а также почти вся (за исключением самой верхней части) долина р. Чигла – левого притока Битюга.

Полученные данные были собраны при посещении и обследовании территории в ходе пеших маршрутных исследований и стационарных наблюдений. Основная часть исследований была направлена на изучение фауны и населения гнездящихся птиц, поэтому проводилась в весенне-летний период. Большое внимание также уделялось наблюдениям во время весеннего и осеннего пролета, позволившим собрать достаточно полные данные о видовом составе пролетных видов птиц. Значительная часть данных по видовому составу и численности зимующих птиц получены в ходе зимних учетов птиц в рамках российской программы «Pagus». Немало дополнивших общую картину данных относительно видов летней авифауны собрано во время проведения учетов по российским программам «Мониторинг лугово-полевых птиц» и «Мониторинг лесных птиц».

### Результаты исследований и их обсуждение

В ходе анализа названных выше источников, а также более поздних публикаций [4, 5] и результатов авторских исследований был выявлен ряд изменений в фауне и населении птиц Прибитюжья. Большинство их (с некоторой разницей во времени, объяснимой географической протяженностью и особенностями ландшафтных, фитоценологических и, в какой-то мере, климатических условий) проявилось по отношению к авифауне Воронежской области в целом, в определенной степени иллюстрируя динамику видового состава и численности птиц всего региона.

Среди основных факторов, тем или иным образом повлиявших на изменение населения птиц Бобровского Прибитюжья, стоит выделить следующие.

#### 1. Трансформация естественных местообитаний

а) путем прямого воздействия хозяйственной деятельности человека; б) путем косвенного воздействия хозяйственной деятельности человека.

#### 2. Преследование человеком (добыча).

а) в процессе легальной охоты; б) браконьерской добычей; в) в ходе кампании по борьбе с хищными птицами.

#### 3. Снижение численности некоторых видов на значительной части гнездового ареала.

#### 4. Естественные циклические колебания численности.

#### 5. Вытеснение другими видами.

#### 6. Расширение гнездового ареала отдельными видами.

#### 7. Увеличение (восстановление) численности.

Говоря о влиянии данных факторов на изменения видового состава и численности птиц, будь то конкретный участок или регион в целом, следует учитывать то обстоятельство, что, во-первых, некоторые виды подвергались (и, отчасти, подвергаются) воздействию одновременно нескольких факторов; во-вторых, некоторые факторы на различные виды или экологические группы видов оказывают неоднозначное влияние.

В Воронежской губернии земледелие являлось одной из основных отраслей уже во второй половине XIX века. Динамику роста площадей, занятых сельскохозяйственными землями и в частности пашней можно в общих чертах проследить по следующим временным срезам. На начало XIX века площадь Бобровского уезда составляла 8613.75 км<sup>2</sup>; сельхозземли занимали 72.65%, из них пашня – 23.82%; при этом неудобья занимали 17.86% территории уезда [6]. На начало XX века под сельхозземлями в уезде находилось лишь 47.26% территории, однако пашня занимала уже 29.08% [7]. На 1961 г. при площади Бобровского района в 1935 км<sup>2</sup> на долю сельхозземель приходилось 67.69%; при этом пашней было занято 57.15% территории района [8].

Естественно, такой ход освоения угодий не мог не отразиться негативно на благополучии состояния степных видов птиц. Кроме этого площади пригодных для них местообитаний сокращались за счет появления на территории региона ряда искусственных лесных массивов. Вероятно, не самое положительное влияние на типично



степных обитателей оказала и активная практика использования в сельскохозяйственном земледелии полей защитных лесополос, которая начала принимать значительные масштабы с 1949 г. [9]. Наряду с непосредственной трансформацией степных местообитаний, такие виды, как, например, дрофа (*Otis tarda*), стрепет (*Tetrax tetrax*), степной орел (*Aquila rapax*), степная тиркушка (*Glareola nordmanni*) существенно страдали и от возросшего фактора беспокойства, как косвенного (во время полевых сельхозработ, при выпасе с/х животных), так и прямого (добыча, преследование). В 1960-1980-е гг. далеко не последнюю роль сыграла и химизация сельского хозяйства. В итоге уже на протяжении первой половины XX века в северных и центральных районах Воронежской области началось выраженное сокращение численности гнездящихся дрофы, стрепета, степного орла, а во второй половине этого столетия – еще степного (*Circus macrourus*) и полевого (*Circus cyaneus*) луней, степной тиркушки, степного (*Melanocorypha calandra*), малого (*Calandrella cinerea*) и белокрылого (*Melanocorypha leucoptera*) жаворонков. Впрочем, два последних вида в Воронежской области всегда были редкими [2, 3, 4].

В настоящее время из всех перечисленных видов на территории Бобровского Прибитюжья достоверно отмечены лишь три. Полевой лунь регулярно встречается на пролете; гнездование степного луня носит характер крайне редких инвазий; дрофа встречается в данном районе ежегодно, но современный статус ее не ясен [10, 11]. Что же касается остальных видов, то они либо вообще не встречаются в последнее время на территории Воронежской области, либо встречи носят крайне редкий, а возможность гнездования – большей частью лишь предположительный характер [5, 12].

Несколько меньше количество лесных видов птиц, пострадавших от трансформации местообитаний. В настоящее время лесистость Воронежской области не превышает 10% общей территории [13]. В Бобровском Прибитюжье этот показатель (в первую очередь благодаря Хреновскому бору) доходит на сегодняшний день до 17%. В обозримом историческом прошлом сокращение площадей лесных массивов, некогда покрывавших в значительно большей степени территорию современной Воронежской области, в Бобровском Прибитюжье началось с конца XVIII века вследствие практически бесконтрольных рубок [14]. Так, если в середине XIX века площадь Хреновского бора составляла порядка 27.3 тыс. га [2], то уже к концу этого тысячелетия – лишь около 10.5 тыс. га [15]. Искусственные лесовосстановительные работы в Хреновском бору хоть и были начаты в конце XIX века [16], более-менее значительные масштабы приобрели только в первой половине XX века.

Сведение сплошных участков старовозрастных лесов сказалось в первую очередь на древесногнездящихся крупных видах Соколообразных (*Falconiformes*), таких как скопа (*Pandion haliaetus*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), могильник (*Aquila heliaca*), беркут (*Aquila chrysaetos*). Наряду с изъятием потенциально пригодных для устройства гнезд деревьев во время рубок оказывался еще и фактор беспокойства. Негативность ситуации, вероятно, усугубилась в 1950-1960-е гг., когда во многих странах и, в том числе, в России велась активная кампания по борьбе с хищными птицами. В результате, в Прибитюжье к концу XIX века полностью перестал гнездиться беркут, единично отмечавшийся на гнездовании Н.А. Северцовым [2], а в первой половине XX века – скопа и орлан-белохвост [3, 4]. Численность могильника на данный момент сократилась до минимума; по-видимому, гнездование не каждый год имеет успешный характер.

Вероятно, вырубка дубрав (включая перестойные дуплистые деревья) в определенной степени способствовала сокращению численности клинтуха (*Columba oenas*) и сизоворонки (*Coracias garrulus*) [17]. Хотя, у последнего вида в настоящее время наблюдается глубокая депрессия численности на всей северной части гнездового ареала [18, 19, 20 и др.]. Гнездование клинтуха носит в последние годы нерегулярный характер, численность подвержена колебаниям.

В конце XIX века пойменные водоемы наряду с террасными, расположенными на территории Хреновского бора, с одной стороны подвергались сукцессионным из-



менениям. С другой стороны уровень воды в пойменных и водораздельных озерах был нарушен из-за больших масштабов рубок, проводившихся в бору. Наконец, на данный период пришлось значительные засухи [21, 22]. Вследствие этого большинство пойменных озер изменило свой облик по сравнению с таковым на период середины XIX века; значительно уменьшились площади открытой водной глади на них, образовались обширные крепи из тростника, рогозов, камыша. Для гнездования некоторых видов в результате создались благоприятные условия, однако эти же обстоятельства послужили причиной того, что на пойменных озерах перестали гнездиться большая (*Podiceps cristatus*) и малая (*Podiceps ruficollis*) поганки, серая утка (*Anas strepera*) и, видимо, белоглазая чернеть (*Aythya nyroca*); первая, правда, перешла позже на гнездование в другие биотопы.

Прекращение использования в 1980-1990-е г.г. под сенокосы и выпас пойменных лугов способствовало их активному зарастанию высокостебельными видами травянистой растительности и фактически исключило возможность гнездования таких видов, как травник (*Tringa totanus*), поручейник (*Tringa stagnatilis*), большой веретенник (*Limosa limosa*), дупель (*Gallinago media*) [11, 23]. Тотальное расширение площадей сельхозземель привело в свою очередь к нарушению водного режима в озерах и болотах, расположенных в степных западинах, что лишило типичных местообитаний черношейную (*Podiceps nigricollis*) и серошею (*Podiceps grisegena*) поганок, большого кроншнепа (*Numenius arquata*), а также уже перечисленных представителей отряда Ржанкообразных (*Charadriiformes*). Наконец, неумеренная охота на европейского сурка (*Marmota bobac*), приведшая к его практически полному истреблению на большей части территории Воронежской губернии, видимо, во многом определила прекращение на длительное время гнездования огаря (*Tadorna ferruginea*), который в середине XIX века отмечался в Прибитюжье как малочисленный гнездящийся вид [2, 3].

На снижение численности таких представителей прибитюжской фауны как серый гусь (*Anser anser*), лебедь-шипун (*Cygnus olor*), скопа, большой подорлик (*Aquila clanga*), степной орел, могильник, беркут, орлан-белохвост, балобан (*Falco cherrug*), сапсан (*Falco peregrinus*), дрофа, стрепет, большой кроншнеп, филин (*Bubo bubo*) в числе прочих факторов существенно, видимо, повлияло прямое преследование человеком: добыча в качестве охотничьих видов и браконьерский отстрел. Сказалось (а отчасти продолжает сказываться в настоящее время) также частое беспокойство в гнездовой период.

По отношению к некоторым видам имело место вытеснение их другими видами. В частности, по мнению С.И. Огнева и К.А. Воробьева (1923), сапсан из воронежских лесов был вытеснен активно расселявшимся балобаном. Рост численности тетеревиатника (*Accipiter gentilis*), отмеченный в начале XXI века в ряде регионов [24] и увеличение степени эвритопности данного вида являются одной из наиболее видимых причин того, что к настоящему времени в районе исследований перестал регистрироваться европейский тювик (*Accipiter brevipes*), возобновивший здесь свое гнездование с 1994 г. По отношению к большому подорлику в конце 1990-х г.г. в Прибитюжье отмечалось вытеснение последнего из районов гнездования орланом-белохвостом [25, 26].

Для таких видов как сплюшка (*Otus scops*) и просянка (*Emberiza calandra*), а в определенной степени, видимо, еще и степной лушь в условиях Воронежской области отмечены выраженные колебания с циклами различной продолжительности [4, 5, 12]. Сплюшка в настоящее время в Прибитюжье не регистрируется [27]; последняя достоверная встреча этого вида на территории Хреновского бора отмечена в 1982 г. [28]; просянка демонстрирует некоторый подъем численности после длительного отсутствия [11]. Возможно, такие колебания свойственны большому числу видов, однако из-за большой продолжительности циклов на сегодняшний день нет еще достаточного количества данных, позволяющих однозначно это утверждать.

Для таких видов, как белоглазая чернеть, балобан, степная пустельга (*Falco naumanni*), степная тиркушка, белая лазоревка (*Parus cyanus*) в последние десятилетия отмечено снижение численности на значительной части гнездового ареала в Ев-

ропейской России [29]. Применительно к центру и югу Черноземья, аналогичная ситуация сложилась с кобчиком (*Falco vespertinus*) и степным жаворонком [12].

Наряду со снижением численности или полным исчезновением, в фауне гнездящихся видов Прибитюжья за период с начала XX века по настоящее время с одной стороны появились новые представители, с другой – либо возобновилось после длительных перерывов гнездование, либо численность некоторых видов сравнительно (в отдельных случаях – значительно) возросла. Причинами этого в свою очередь явились расширение гнездового ареала видов, а также отмечаемый рост численности на значительной части ареала.

Во время своих исследований Н.А. Северцов не обнаружил такие виды, как малая поганка, средний дятел (*Dendrocopos medius*), сойка (*Garrulus glandarius*) и зеленая пеночка (*Phylloscopus trochiloides*) [2]. По мнению С.И. Огнева и К.А. Воробьева эти виды начали гнездиться в Прибитюжье в конце XIX – начале XX века, расширив свой гнездовой ареал [3]. Не указаны в работе первого автора мухоловки – белошейка (*Ficedula albicollis*) и малая (*Ficedula parva*); обыкновенный канюк (*Buteo buteo*) и коноплянка (*Acanthis cannabina*) встречены им только на пролете; гнездование таких видов, как вертишейка (*Jynx torquilla*) и дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*) носит предположительный характер. Все они (кроме обоих видов мухоловок) на начало XX века приводятся как обычные виды; для вертишейки, коноплянки и дубоноса, кроме того отмечена тенденция роста численности [3]. В отношении двух последних видов существенную положительную роль, видимо, сыграло появление полезащитных лесополос и искусственных лесных массивов.

Такие виды как желтоголовая трясогузка (*Motacilla citreola*), мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca*) и белобровик (*Turdus iliacus*) по данным И.И. Барабаша-Никифорова и Л.Л. Семаго начали регистрироваться на гнездовании в Воронежской области только в 1950-1960-е гг. [4]. Непосредственно в Прибитюжье мухоловка-пеструшка и белобровик появились, по всей видимости, чуть позже. Что касается желтоголовой трясогузки, то ее единственная известная на тот период для региона гнездовая группировка (в 15-20 пар) была обнаружена именно в пойме р. Битюг в окрестностях г. Боброва [4].

В 1973 г. в с. Слобода Бобровского района зарегистрирован случай гнездования кольчатой горлицы (*Streptopelia decaocto*) [30]. С начала 1980-х гг. на территории области отмечается гнездование белого аиста (*Ciconia ciconia*); в Прибитюжье он гнездится с 1983 г. [31]. Почти исключительно как синантропный вид в условиях Бобровского Прибитюжья с 1990 г. на гнездовании регистрируется горихвостка-чернушка (*Phoenicurus ochruros*).

Залеты желны (*Dryocopus martius*) на территорию Прибитюжья регистрировались с 1984 г. [32]; достоверный случай гнездования в Хреновском бору впервые отмечен в 1991 г. [33]. В дальнейшем наблюдался постепенный рост численности и расселение этого дятла по пойменным лесам вниз по течению р. Битюг [17, 34, 35]. В 1991 г. Н.Д. Барышниковым на окраине с. Хреновое Бобровского района отмечена смешанная гнездящаяся пара, состоящая из самки пестрого (*Dendrocopos major*) и самца сирийского (*Dendrocopos syriacus*) дятла [36]. Однако в Прибитюжье численность последнего вида, проявляющего выраженную тенденцию к синантропизации, начала заметно увеличиваться лишь в начале XXI века [11, 17].

С 1996 г. на территории Бобровского Прибитюжья регулярно на гнездовании отмечается черноголовый чекан (*Saxicola torquata*) [11, 34]. В 1997 г. в районе исследований впервые достоверно зарегистрировано гнездование большой белой цапли, а в 1998 г. – усатой синицы (*Panurus biarmicus*) [34, 37].

В 2002 г. на отстойниках сахарного завода у с. Садовое Аннинского района встречена по всем признакам размножающаяся пара ходулочников (*Himantopus himantopus*) [38]. В 2003 г. в окрестностях с. Николо-Варваринка Бобровского района установлено гнездование курганника (*Buteo rufinus*) [39]. В ходе работы по программе



«Мониторинг лесных птиц» в 2006 г. на территории Хреновского бора впервые было установлено гнездование москочки (*Parus ater*) [40].

В числе видов, продемонстрировавших в последнее время рост численности, следует назвать большую поганку, черного стрижа (*Apus apus*), полевого конька (*Anthus campestris*), садовую овсянку (*Emberiza hortulana*).

Восстановление численности в конце XX – начале XXI века наблюдалось у серого гуся, лебедя-шипуна, огаря, европейского тювика (в данном случае – непродолжительное), орлана-белохвоста, серого сорокопуга (*Lanius excubitor*), длиннохвостой синицы (*Aegithalos caudatus*) и чижа (*Spinus spinus*) [11, 26, 37, 41].

### Заключение

С учетом поправок, внесенных С.И. Огневим и К.А. Воробьевым [3], а также редколлегией второго издания «Периодических явлений ...» [2], по Н.А. Северцову список гнездящихся видов птиц Бобровского Прибитюжья включал 154 таксона. С.И. Огнев и К.А. Воробьев в своей работе для этого же района приводят 163 вида, И.И. Барабаш-Никифоров и Л.Л. Семаго – 153 вида. В Атлас европейских гнездящихся птиц (квадрат ES3 по УТМ) [42], подготовка и сбор материалов для которого ограничилась 1992 г., было внесено 147 видов, включая 2 интродуцированных – глухаря (*Tetrao urogallus*) и обыкновенного фазана (*Phasianus colchicus*), а также 2, указанных ошибочно – вьюрка (*Fringilla montifringilla*) и лесную завирушку (*Prunella modularis*). При этом в список гнездящихся видов не вошли черношейная поганка, белоспинный дятел (*Dendrocopos ieucotos*), соловьиный сверчок (*Locustella luscinioides*), тростниковая камышевка (*Acrocephalus scirpaceus*) и зеленая пеночка, однозначно гнездившиеся в районе исследований на тот период. Современная фауна гнездящихся птиц Бобровского Прибитюжья насчитывает 166 видов.

14 видов птиц – серошею поганку, белоглазую чернетку, скопу, степного орла, беркута, сапсана, степную пустельгу, стрепета, большого кроншнепа, степную тиркушку, белокрылого, малого, степного жаворонков и белую лазоревку – на основании того, что их гнездование на территории Прибитюжья 50 и более лет не регистрировалось, по-видимому, можно исключить из списка гнездящихся представителей данного района. Применительно к территории всей Воронежской области на сегодняшний день статус гнездящейся из них достоверно имеет только серошею поганка. Для таких представителей, как степной орел, стрепет и степной жаворонков гнездование носит предположительный характер [12].

Среди видов, вышедших из фауны Бобровского Прибитюжья по абсолютному количеству лидируют представители отряда Соколообразных – 5 видов, далее следует отряд Воробьинообразных – 4 вида. Количество гнездящихся видов отряда Ржанкообразных уменьшилось на 2 представителя, остальные отряды утратили по 1 представителю, однако в процентном соотношении «лидерство» распределилось в ином порядке (табл. 1).

Таблица 1

#### Распределение по отрядам видов птиц, исчезнувших из фауны Бобровского Прибитюжья

Отряд	Количество видов	% от общего количества представителей местной фауны
Поганкообразные	1	25.0
Гусеобразные	1	7.7
Соколообразные	5	20.0
Журавлеобразные	1	11.1
Ржанкообразные	2	11.8
Воробьинообразные	4	4.8

Если рассматривать эти виды с позиции принадлежности к экологическим группировкам согласно разделению, предложенному В.П. Беликом [43], можно увидеть,

что наиболее пострадавшей группой оказались кампофилы (виды, гнездящиеся и кормящиеся в открытых травянистых ландшафтах, т.е. в первую очередь обитатели степей). Данную тенденцию Н.А. Северцов предсказывал еще в середине XIX века [2]. В значительно меньшей степени (табл. 2) пострадали лимнофилы (виды, экологически связанные преимущественно с мелководьями и околководными биотопами), склерофилы (виды, нуждающиеся для гнездования в эрозионных обнажениях геологических пород или в их аналогах) и дендрофилы (виды, гнездящиеся главным образом среди древесно-кустарниковой растительности).

Таблица 2

**Распределение по экологическим группировкам видов, исчезнувших из фауны Бобровского Прибитюжья**

Экологическая группировка	Количество видов	% от общего количества представителей группировки в местной фауне
Дендрофилы	4	4.3
Кампофилы	6	31.6
Склерофилы	1	5.5
Лимнофилы	3	4.8

За последние 50 лет вследствие расширения гнездового ареала фауну Бобровского Прибитюжья (собственно, как и фауну всей Воронежской области) пополнили 11 новых гнездящихся видов: большая белая цапля, белый аист, курганник, ходулочник, кольчатая горлица, желна, сирийский дятел, черноголовый чекан, горихвостка-чернушка, усатая синица, московка. Четыре из видов-вселенцев в условиях Прибитюжья являются факультативными или облигатными синантропами. В плане принадлежности к экологическим группировкам, более половины их по абсолютному количеству составляют дендрофилы; они же незначительно лидируют и в процентном отношении (табл. 3).

Так как птицы являются одной из самых динамичных групп позвоночных животных, можно почти с уверенностью сказать, что формирование авифауны Прибитюжья, как и всего региона не закончено. С одной стороны, вероятно, можно ожидать появления на гнездовании новых видов; с другой вызывает опасение состояние некоторых редких видов, таких, например, как могильник и дрофа, ситуация в отношении которых без принятия кардинальных мер по их охране может иметь самые негативные последствия.

Таблица 3

**Распределение по экологическим группировкам видов-вселенцев Бобровского Прибитюжья**

Экологическая группировка	Количество видов	% от общего количества представителей группировки в местной фауне
Дендрофилы	6	6.5
Кампофилы	1	5.3
Склерофилы	1	5.5
Лимнофилы	3	4.8

С учетом возрастающего в целом воздействия человека на окружающую среду важным направлением современных исследований является мониторинг состояния популяций птиц, как удобных индикаторов происходящих в природе процессов и изменений. Для характеристики многолетних изменений и возможного прогнозирования последующих ситуаций, безусловно, значимыми являются долгосрочные исследования, в том числе и на таких ограниченных модельных территориях, как Прибитюжье.

**Список литературы**

1. Маликов В.С., Дубовская Л.И., Павлушева Т.Д., Плаксенко А.Н., Ступин В.И., Федюнин И.Г. Доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых, водных, лесных ресур-



сов, состоянии и охране окружающей среды Воронежской области в 2003 году. – Воронеж: ВГУ, 2004. – 192 с.

2. Северцов Н.А. Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии. – М.: АН СССР, 1950. – 308 с.

3. Огнев С.И., Воробьев К.А. Фауна наземных позвоночных Воронежской губернии. – М.: Новая деревня, 1923. – 225 с.

4. Барабаш-Никифоров И.И., Семаго Л.Л. Птицы юго-востока Черноземного центра. – Воронеж: ВГУ, 1963. – 210 с.

5. Нумеров А.Д. Класс Птицы Aves // Природные ресурсы Воронежской области. Позвоночные животные. Кадастр. – Воронеж: Биомик, 1996. – С. 48-159.

6. Воронежский край XVIII века в описании современников. Серия «Земля Воронежская. Страницы истории» / Сост. В.П. Загорский. – Воронеж, 1992. – 255 с.

7. Журналы Бобровского уездного земского собрания за 1910г. – Бобров, 1911. – 800 с.

8. Экономическая характеристика Бобровского р-на Воронежской области. – Бобров, 1961. – 49 с.

9. Машкин С.И., Голицын С.В. Дикорастущие и разводимые деревья и кустарники Воронежской области. – Воронеж: Воронеж. обл. книгоизд-во, 1952. – 290 с.

10. Сапельников С.Ф., Венгерова П.Д., Нумеров А.Д., Соколов А.Ю. Степной лунь в Воронежской области в 2007 году // Изучение и охрана хищных птиц Северной Евразии. Мат-лы V междунар. конф. по хищным птицам Северной Евразии. – Иваново: ИвГУ, 2008. – С. 299-304.

11. Соколов А.Ю. Птицы Бобровского Прибитюжья // Труды Воронежского гос. заповедника. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – Вып. 25. – С. 133-193.

12. Венгерова П.Д. Птицы и малоиспользуемые сельскохозяйственные земли Воронежской области. – Воронеж: Кривичи, 2005. – 152 с.

13. Воронежская энциклопедия: в 2 т. / гл. ред. М.Д. Карпачев. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2008. – Т. 2: Н-Я. – 524 с.

14. Дроздов К.А. Боры на песках // Экология реликтовых ландшафтов Среднерусской лесостепи. – Воронеж: ВГУ, 1994. – С. 169-178.

15. Статистико-экономический словарь Воронежской губернии. Период дореволюционный. – Воронеж, 1921. – 726 с.

16. Кадастр особо охраняемых территорий Воронежской области / под ред. О.П. Негрובה. – Воронеж, 2001. – 146 с.

17. 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.

18. Власов А.А., Миронов В.И. Редкие птицы Курской области. – Курск, 2008. – 126 с.

19. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные: офиц. издание. – Белгород, 2005. – 532 с.

20. Красная книга Липецкой области. Животные. – Воронеж: Истоки, 2006. – Т. 2. – 256с.

21. Морозов Г.Ф. О борьбе с засухой при культурах сосны. (По поводу хреновских культур) // Лесной журнал. – 1896, вып. 5. – С. 1033-1068.

22. Скрябин М.П. Вековые циклы природных условий и боровая лесная растительность лесостепи // Труды Воронежского гос. заповедника. – Воронеж, 1946. – Вып. 3. – С. 89-108.

23. Соколов А.Ю. Встречи редких видов птиц в Хреновском бору и на сопредельных территориях // Редкие виды птиц и ценные орнитологические территории Центрального Черноземья. – Липецк, 1999. – С. 60-63.

24. Галушин В.М. Проблема ястреба-тетеревятника // Ястреб тетеревятник. Место в экосистемах России. Мат-лы к IV конф. по хищным птицам Северной Евразии. – Пенза-Ростов н/Д, 2003. – С. 9-11.

25. Соколов А.Ю. Об изменениях численности европейского тювика, орлана-белохвоста и большого подорлика на территории Воронежской области // Мат-лы III конф. по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии. – Ставрополь: СГУ, 1999. – Ч. 2. – С. 144-146.

26. Соколов А.Ю. Двадцатилетняя динамика видового состава соколообразных Хреновского бора и сопредельных территорий (Воронежская область) // Изучение и охрана хищных птиц Северной Евразии. Мат-лы V междунар. конф. по хищным птицам Северной Евразии. – Иваново: ИвГУ, 2008. – С. 306-308.

27. Соколов А.Ю., Химин А.Н. Совы Центральной части Воронежской области // Совы Северной Евразии. – М., 2009. – С. 287-289.

28. Соболев С.Л., Турчин В.Г., Дудин П.И., Бережнов И.В. Некоторые редкие виды хищных птиц и сов Хреновского бора // Редкие виды птиц и ценные орнитологические территории Центрального Черноземья. – Липецк, 1999. – С. 55-59.
29. Красная книга Российской Федерации (животные). – М.: АСТ «Астрель», 2001. – 862 с.
30. Пронин В.И. Залет кольчатой горлицы // Охота и охотничье хозяйство. – 1973, № 12. – С. 44.
31. Семаго Л.Л., Сарычев В.С., Иванчев В.П. Материалы по редким видам птиц Верхнего Дона // Орнитология. – М., 1984. – Вып. 19. – С. 187-188.
32. Турчин В.Г., Соболев С.Л., Сотникова Е.И., Воробьев И.И. Некоторые регионально редкие виды птиц долины р. Битюг // Редкие виды птиц и ценные орнитологические территории Центрального Черноземья. – Липецк, 1999. – С. 64-65.
33. Барышников Н.Д. Гнездование желны в Хреновском бору (Воронежская область) // Орнитология. – М., 2001. – Вып. 29. – С. 320.
34. Соколов А.Ю., Простаков Н.И. Новые данные о встречах редких видов птиц в центральной части Прибитюжья // Состояние и проблемы экосистем Среднего Подонья. – Воронеж: ВГУ, 1997. – Вып. 10. – С. 45-47.
35. Соколов А.Ю. Об изменениях видового состава гнездящихся птиц Прибитюжья // Эколого-фаунистические исследования в Центральном Черноземье и сопредельных территориях. – Липецк: ЛГПУ, 2000. – С. 148-150.
36. Барышников Н.Д. Сирийский дятел – новый гнездящийся вид Воронежской области // Орнитология. – М., 2001. – Вып. 29. – С. 282.
37. Соколов А.Ю., Простаков Н.И., Еремина Н.М. Новые данные о видах позвоночных животных, отмеченных в Хреновском бору и на сопредельных территориях // Состояние и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. – Воронеж: ВГУ, 1999. – Вып. 13. – С. 48-50.
38. Соболев С.Л., Пантелеева Н.Ю., Шкиль Ф.Н. О находках редких видов животных на территории Среднего Подонья // Состояние и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. – Воронеж: ВГУ, 2003. – Вып. 16. – С. 36-39.
39. Соколов А.Ю. Зоологические находки и встречи регионально редких видов позвоночных животных в поймах рек Дон и Битюг в 2004г. // Мат-лы раб. совещ. по проблемам ведения региональных Красных книг. – Липецк: ЛГПУ, 2004. – С. 155-158.
40. Соколов А.Ю. О расширении гнездового ареала московки в Воронежской области // Мат-лы региональн. совещ. «Проблемы ведения Красной книги». – Липецк: ЛГПУ, 2008. – С. 133-135.
41. Соколов А.Ю., Нумеров А.Д., Сапельников С.Ф., Венгерев П.Д. Развитие и современное состояние группировки орлана-белохвоста в Воронежской области // Изучение и охрана хищных птиц Северной Евразии. Мат-лы V междунар. конф. по хищным птицам Северной Евразии. – Иваново: ИвГУ, 2008. – С. 308-310.
42. Hagemaijer W.J., Blair M.J. (ed.) The EBCC Atlas of European Breeding Birds. – T and A D Poyser. – London, 1997. – 903 p.
43. Белик В.П. Биотопическое распределение и экологическая классификация животных // Чтения памяти проф. В.В. Станчинского. – Смоленск, 1992. – С. 13-16.

## THE ANALYSIS OF THE LONG STANDING BIRD FAUNA DYNAMICS IN VORONEZH REGION CONDITIONS ON THE EXAMPLE OF THE BOBROVSKOYE PRIBITYUZHIE

**A.Yu. Sokolov**

State Nature Reserve  
«Belogorie»

Monastyrsky Lane, 3,  
Borisovka Settl., Belgorod  
Region, 309342, Russia

E-mail: falcon209@mail.ru

The analysis of more than 150-year-old dynamics of the bird fauna and bird population of Voronezh Region based on the investigation results of a number of ornithologists and the author's data as well is presented in the article. The Bobrovskoye Pribityuzhiye (the Bitug River valley, Khrenovskoy pine forest and the adjacent territories) is taken as an example. Alongside with the disappearance of some species, the appearance of the new representatives in the fauna of this area and the whole region is noticed as well. The article deals with the main causes of both negative and positive changes; brief characteristics of the changes of the bird fauna structure concerning belonging of the birds to different ecological grouping are also presented.

Key words: bird fauna, bird species, dynamics, ecological grouping, Bitug River, Khrenovskoy pine forest.



## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПИГМЕНТАЦИИ СКОРЛУПЫ ЯИЦ У ПТИЦ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОТОПОРФИРИНА

**С.А. Родионова,  
П.Д. Венгеров**

*Воронежский государствен-  
ный природный биосферный  
заповедник*

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

*E-mail:  
pvengerov@yandex.ru*

Изложена методика исследования пигментации птичьих яиц с помощью спектроскопического анализа. Из измельченной скорлупы получали солянокислые вытяжки пигментов – биливердина и протопорфирина, обуславливающих разнообразие окраски яиц. Далее определяли оптическую плотность растворов на спектрофотометре СФ-46 при различном монохроматическом свете. Эта плотность в пиках поглощения протопорфирина (411, 557 и 602 нм) и биливердина (377 и 680 нм) прямо пропорциональна концентрации данных пигментов в растворе. Для получения абсолютных значений концентрации протопорфирина строили калибровочные графики по эталонным образцам в характерных пиках поглощения. По ним находили коэффициент для расчета зависимости между оптической плотностью и концентрацией вещества в исследуемых образцах. Концентрация протопорфирина измеряется в микрограммах на 1 кв. см. скорлупы. Полученные данные подвернуты статистической обработке. Количественная оценка уровня пигментации скорлупы яиц перспективна для изучения различных сторон экологии и эволюции птиц.

Ключевые слова: окраска яиц у птиц, пигментация скорлупы, спектроскопический анализ, биливердин и протопорфирин.

Изучение биологии птиц тесным образом связано с исследованием оологического материала, в том числе окраски яиц. В понятие окраска яйца обычно вкладывают цвет основного фона и рисунок, то есть наличие пятен различной величины и формы, густоты и характера их размещения на поверхности и в толщине скорлупы, цвет этих пятен. Чаще всего описания окраски являются результатом визуальных наблюдений, и в разных литературных источниках они сильно расходятся или даже бывают противоречивы. В отношении рисунка предпринимались попытки относительной количественной оценки его густоты и особенностей размещения [1, 2], но они оказались малопригодными для статистического анализа.

Вместе с тем при характеристике окраски яиц еще возможно использование показателей пигментации, то есть состава и количества пигментов, находящихся в скорлупе. Известно, что в формировании окраски скорлупы яиц у птиц принимают участие в основном два пигмента – биливердин, обуславливающий цвета от синего до зеленого, и протопорфирин, цвет которого изменяется от желтого до красного [3]. Биливердин, самостоятельно или в сочетании с протопорфирином, создает фоновую окраску яиц, а протопорфирин обычно формирует рисунок в виде различных пятен, точек, штрихов и пр. Попытка определения уровня пигментации предпринималась и ранее [4], но она также носила относительный количественный характер.

Целью предлагаемой методики является точная оценка уровня пигментации скорлупы яйца, ее количественное выражение. Полученные данные могут быть статистически обработаны и использованы при изучении внутрикладковой, внутрипопуляционной, межвидовой изменчивости окраски яиц, а также при сравнительном анализе пигментации скорлупы яиц более крупных таксонов. Методика основана на хорошо известном в химических исследованиях спектрофотометрическом анализе, который мы адаптировали к своим задачам.

Для получения результатов высокой точности желательно анализировать скорлупу целого яйца. Использование небольших участков скорлупы не может дать точного представления о количественном содержании пигментов, поскольку они часто распределяются по поверхности скорлупы неравномерно. Выбранный участок может характеризоваться либо почти полным отсутствием пигментов, либо завышенным (по сравнению с реальным) его содержанием.



В любом случае для проведения анализа пигментации необходимо знать размеры яйца (длину ( $L$ ) и диаметр ( $D$ )), которые можно снять с яйца при помощи штангенциркуля (с точностью до 0.1 мм). Используя эти исходные величины, по известным формулам вычисляют объем яйца ( $V = 0,51LD^2$ ) и площадь поверхности яйца ( $S_{\text{я}} = 4,83V_{\text{я}} 0,67$ ). Полученные параметры необходимы для определения объема экстрагирующей смеси для данного образца, а также при последующей математической обработке исследуемого материала.

В спектроскопических исследованиях пигментов яиц в качестве экстрагирующего реагента применяют смесь, состоящую из растворителя и концентрированной соляной кислоты в соотношении 1:2 [5]. В качестве растворителя удобнее всего использовать этиловый спирт ( $C_2H_5OH$ ), хотя возможно применение других веществ, способных растворять органические вещества билирубин – биливердинового ряда. Проведенные исследования с применением различных растворителей в экстрагирующей смеси показали идентичные результаты в выбранных образцах. Это дает возможность сравнения результатов спектроскопических измерений вытяжек пигментов, полученных различными растворителями.

Экстрагирующая смесь готовится непосредственно перед анализом, т.к. ее длительное хранение может привести к образованию различных перекислых и галогенсодержащих органических соединений, и хранится в емкости с притертой крышкой во избежание изменения концентрации спирта при испарении [6].

Подготовленная скорлупа (предварительно очищенная от возможных загрязнений и подскорлуповых оболочек) помещается в пробирку или стаканчик (в зависимости от количества скорлупы), измельчается стеклянной палочкой (чем меньше будут осколки скорлупы, тем быстрее будет проходить реакция экстракции пигментов).

Экстрагирующая смесь приливается из расчета 0.6 мл смеси на 1 см<sup>2</sup> скорлупы (при пересчете на каждую пробу). Реакция, как правило, протекает бурно с выделением пузырьков газа (что следует учесть при выборе емкости для экстракции). После прекращения реакции раствор центрифугируют в течение 5 мин при 1000 об./мин. Полученная надосадочная жидкость используется для дальнейшего анализа. Можно также вместо центрифугирования применять фильтрацию раствора через ватный фильтр. Оба способа позволяют получить прозрачный экстракт (мутность может быть следствием остатка в исследуемом образце подскорлуповой оболочки и белка) – необходимое условие при спектроскопических измерениях.

Спектроскопические методы анализа основаны на способности атомов и молекул вещества испускать, поглощать или рассеивать электромагнитные излучения [6]. Для предлагаемой методики возможно использование спектроскопических приборов различных типов и марок. Мы проводили анализ на спектрофотометре СФ-46 (ЛОМО), предназначенном для измерения коэффициентов пропускания жидких и твердых прозрачных веществ в области спектра от 190 до 1100 нм.

Все приготовленные по вышеописанной методике солянокислые вытяжки были прозрачны, но имели различную интенсивность окраски. Насыщенные растворы разводили (в зависимости от степени окрашенности) экстрагирующей смесью в 2–20 раз для получения наиболее точных результатов при снятии спектра поглощения. В дальнейшем степень разведения учитывали при пересчете оптической плотности на 1 см<sup>2</sup> скорлупы яйца.

Для приготовленных солянокислых вытяжек производили измерения оптической плотности ( $A$ ) на описанном выше спектрофотометре СФ-46 при различном монохроматическом свете (лампа накаливания ОП-33-0.3) в интервале от 290 до 710 нм с шагом 10 нм. В качестве контроля использовали экстрагирующую смесь, которую настраивали на 0 при 290 нм с использованием сурьмяно-цезиевого фотоэлемента, щелью 1.0.

Для проведения измерений по пигментации яиц наиболее приемлемы кюветы с толщиной оптического слоя 1.5–3.0 мм, в противном случае необходимо произвести перерасчет объема вытяжки с тем, чтобы полученного раствора хватило для заполне-

ния кюветы. Кроме этого, кюветы, используемые при сравнительном анализе пигментации яиц, также должны быть равномерного объема. Нами использовались кварцевые кюветы с толщиной оптического слоя 2.0 мм.

Дополнительно для каждого образца (без разведения) были измерены показатели оптической плотности в точках максимумов поглощения пигментов: 377, 411, 557, 602 нм – сурьмяно-цезиевый элемент, щель 1.0; для 680 нм – кислородно-цезиевый элемент, щель 0.5. Максимум поглощения у протопорфирина приходится на 411, 557 и 602 нм, а у биливердина – 377 и 680 нм [5].

Также для более точного сравнения распределения оптической плотности пигментов у различных видов были сняты спектры наиболее характерных пиков максимумов поглощения (557 нм – протопорфирин, 680 нм – биливердин). Для пика 557 нм – интервал – 530-590 нм, шаг – 10 нм, сурьмяно-цезиевый элемент, щель 1.0; для пика 680 нм – интервал – 650-710 нм, шаг – 10 нм, кислородно-цезиевый элемент, щель 0.5.

По полученным данным строили графики распределения оптической плотности ( $A \text{ см}^2$ ) в зависимости от длины волны ( $\lambda$ ), предварительно произведя расчет на 1  $\text{см}^2$  скорлупы:  $A \text{ см}^2 = AV/S$ , где  $A$  – оптическая плотность образца,  $V$  – количество мл экстрагирующей смеси для данного образца и  $S$  – площадь поверхности исследуемой скорлупы яйца.

Так как оптическая плотность пигментов прямо пропорциональна их концентрации в растворе, то полученные данные дают возможность относительного количественного сравнения содержания пигментов в скорлупе яиц у различных видов. Чем выше пик в точках максимумов поглощения на графике, тем больше концентрация пигмента в образце.

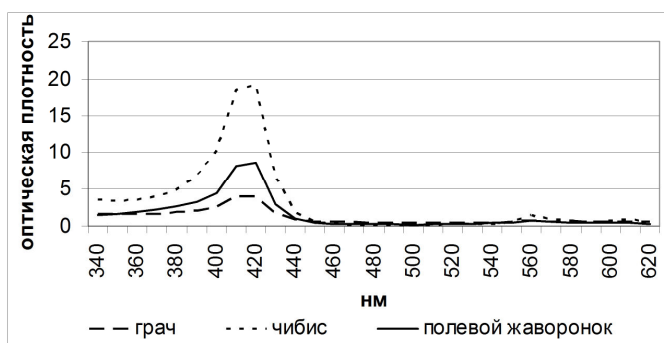
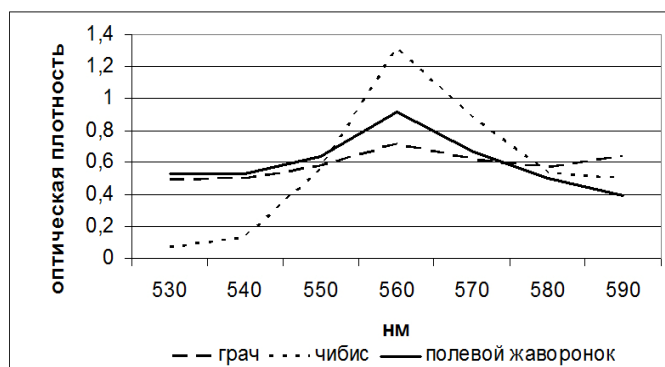


Рис. 1. Распределение оптической плотности вытяжек пигментов в растворе на примере скорлупы яиц некоторых видов

Например, на графике распределения оптической плотности вытяжек пигментов из скорлупы яиц грача (*Corvus frugilegus* L.), полевого жаворонка (*Alauda arvensis* L.) и чибиса (*Vanellus vanellus* L.) в области 411 нм наблюдается увеличение оптической плотности у всех видов. Особенно оно велико у чибиса, относительно слабое у грача, а у полевого жаворонка занимает промежуточное значение. Данный пик (411 нм) характерен для пигмента протопорфирина и свидетельствует о его наличии у всех видов, но не в равном количестве (рисунок). Небольшие пики видны также в области 557 нм, свойственные тому же протопорфиру.



Лучше они просматриваются при снятии дополнительного спектра поглощения раствора при данной длине волны (рис.2), о чем было сказано выше.

Рис. 2. Распределение оптической плотности вытяжек пигментов в области 557 нм

Для расчета абсолютных значений концентрации протопорфирина в исследуемом материале вычислен коэффициент по градуировочному графику по стандартной методике [7]. Для построения градуировочного графика были сняты спектры поглощения чистого протопорфирина (*Protoporphyrin IX disodium salt, BioChemika, for fluorescence, ≥ 90% (HPLC) 82512 Fluka 50865-01-5 C<sub>34</sub>H<sub>32</sub>N<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 606,62 2-80C*). Для этого приготовили ряд эталонных растворов данного вещества с известными концентрациями (5, 10, 20, 30, 40, 50 мкг) из 1 мг сухого протопорфирина растворенного в 1 мл экстрагирующей смеси. Оптическую плотность всех растворов измеряли в точках максимумов поглощения: 557, 411, 602 нм.

С помощью коэффициента, отражающего зависимость между концентрацией эталонного протопорфирина и его оптической плотностью, определены абсолютные значения концентрации протопорфирина для каждого образца при пиках поглощения 411 и 557 нм (табл.). Видно, что вычисленные средние значения концентрации по указанным пикам практически совпадают, так что не имеет смысла проводить дублирующие измерения, а можно ограничиться проведением анализа по одному из указанных выше пиков поглощения. Единицей измерения концентрации протопорфирина является мкг (микрограмм) на 1 см<sup>2</sup> скорлупы.

Таблица

**Количественное содержание протопорфирина в скорлупе яиц некоторых видов птиц (мкг/см<sup>2</sup>)**

Вид	Размер выборки	Среднее значение при λ=411 нм	Ошибка среднего	Среднее значение при λ=557 нм	Ошибка среднего
Грач	10	58.13	0.126	58.13	0.263
Чибис	8	218.9	0.942	218.9	1.515
Полевой жаворонок	12	117.4	0.438	117.9	0.222

Предложенная методика исследования пигментов яиц открывает достаточно широкие возможности для исследования различных сторон биологии птиц. Протопорфирин, например, выполняет ведущую роль в создании покровительственной окраски яиц. Поэтому между его концентрацией в скорлупе и маскирующей функцией окраски должна наблюдаться положительная связь. Это хорошо иллюстрируют данные, приведенные в таблице. Чибис строит совершенно открытые гнезда на земле, в случае опасности его заранее покидает, покровительственная окраска яиц для него очень важна; концентрация протопорфирина наибольшая. У полевого жаворонка гнезда также располагаются на земле, но они обычно скрыты в траве, самка насиживает очень плотно, необходимость в покровительственной окраске несколько ослабевает; концентрация протопорфирина снижается. Грачи гнездятся на деревьях, кладки во многом недоступны для наземных хищников, защищены большой колонией птиц; концентрация протопорфирина заметно меньше. Аналогичные сравнения в пределах семейства, рода или вида могут способствовать вскрытию механизмов гнездовых адаптаций птиц, важных для решения проблем экологии и эволюции.

Следует также отметить, что в последнее время исследователи стали отмечать взаимосвязь между интенсивностью окраски (фоновой и рисунка) и физиологическим состоянием самок [8, 9]. Кроме того, на интенсивность пигментации могут влиять негативные факторы внешней среды, связанные с химическим загрязнением. Точные оценки уровня пигментов для исследования данных феноменов совершенно необходимы.

### Список литературы

1. Костин Ю.В. О методике ооморфологических исследований и унификации описаний оологических материалов // Методики исследования продуктивности и структуры видов птиц в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1977. – С. 14-22.
2. Климов С.М. Эколого-эволюционные аспекты изменчивости ооморфологических показателей птиц. – Липецк.: изд-во Липецкого пед. университета, 2003. – 208 с.
3. Tammes P.M.L. Bird's egg shells, colour prints of nature // *Ardea*. – 1964. – Vol. 52, № 1-2. – P. 99-110.



4. Титов С.В., Муравьев И.В., Логунова И.Ю. К вопросу изучения пигментации скорлупы яиц птиц // Зоол. журн. – 1997. – Т.76, вып. 10. – С. 1185-1192.
5. Калинин Ф.Л., Лобов В.П., Жидков В.А. Справочник по биохимии. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1971. – 739 с.
6. Большова Т.А., Брыкина Г.Д., Гармаш А.В. и др. Основы аналитической химии. – М.: «Высш. шк.», 2004. – 504 с.
7. Алимарина И.П., Иванова В.М. (ред.). Практическое руководство по физико-химическим методам анализа. – М.: Изд-во Московск. ун-та, 1987. – 208 с.
8. Experimental evidence that egg color indicates female condition at laying in a songbird / Moreno J., Lobato E., Morales J., Merino S., Tomas G., Martinez-de la P.J., Sanz J.J., Mateo R., Soler J.J. // Behav. Ecol. – 2006. – Vol. 17, № 4. – P. 651-655.
9. Are eggshell spottiness and colour indicators of health and condition in blue tits *Cyanistes caeruleus*? / Martinez-de la P.J., Merino S., Moreno J., Tomas G., Morales J., Lobato E., Garcia-Fraile S., Martinez J. // J. Avian Biol. – 2007. – Vol. 38, № 3. – P. 377-384.

### QUANTIFICATION OF THE THE BIRD EGGSHELL PIGMENTATION: DETERMINATION OF THE PROTOPORPHYRIN CONCENTRATION

The technique of studying of the bird eggs pigmentation using spectroscopic analysis is expounded. Hydrochloride extracts of pigments - dehydrobilirubin and protoporphyrin which determine the diversity of eggs coloring were received from the crushed eggshell. Then the optical density of solutions was determined with the help of spectrophotometer SF-46 at different monochromatic light. This density in the peak of absorption of protoporphyrin (411, 557 and 602 nm) and dehydrobilirubin (377 and 680 nm) is directly proportional to the concentration of these pigments in the solution. In order to obtain the absolute values of the protoporphyrin concentration, calibration graphs were built to the reference patterns in the characteristic peaks of absorption. We have found the coefficients to calculate the relationship between optical density and concentration of the substance in the test samples. Protoporphyrin concentration is measured in micrograms per 1 square centimeter of the eggshell. These data have undergone statistical treatment. Quantification of the level of eggshell pigmentation can be promising for studying various aspects of ecology and birds evolution.

Keywords: coloring of the bird eggs, pigmentation of the eggshell, spectroscopic analysis, dehydrobilirubin and protoporphyrin.

**S.A. Rodionova,  
P.D. Vengerov**

*Voronezh State Nature  
Biosphere Reserve  
Voronezh reserve, Voronezh,  
394080, Russia*

*E-mail:  
pvengerov@yandex.ru*

УДК 599.731.1:574

## НАСЕЛЕНИЕ КАБАНОВ (*SUS SCROFA* LINNAEUS, 1758) В ЗАПОВЕДНИКЕ «БЕЛОГОРЬЕ» И ОКСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

**В.В. Червонный,  
М.В. Щекало**

*Белгородский  
государственный  
университет*

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

На основе данных, собранных в двух заповедниках: Окском и «Белогорье», характеризующих особенности населения кабана на их территории, проведен сравнительно-экологический анализ их микропопуляций. Выявлены некоторые специфические черты населения кабана на заповедных территориях.

Ключевые слова: кабан, участок обитания, структура, популяции, заповедник.

### Введение

Любой вид, так же как и кабан, имеет ряд общих экологических особенностей. Тем не менее, в разных популяциях они специфичны. Поэтому, задача настоящей работы – сравнить экологические параметры населения кабанов в зоне смешанных лесов, где расположен Окский заповедник, и в лесостепи, где находится заповедник «Белогорье». Рассматривая особенности группировки кабана в заповеднике «Белогорье» мы приводим данные только лишь по одному его участку «Лес на Ворскле». Сведения об этом участке за последние четыре года собраны Щекало М.В. [1], а данные за более ранние годы основаны на литературных источниках [1, 2, 3, 4].

Сведения о кабанах Окского заповедника собраны Червонным В.В. На территории этого заповедника копытные впервые появились в 1950 г. Однако, суровые зимы, следующие одна за другой семь лет подряд, привели к гибели кабанов и только лишь в 1962-1963 гг. началось формирование окской популяции кабанов [5].

Расселение кабана на территорию Белгородской области шло по долинам Ворсклы и Северского Донца с их притоками [6]. В район заповедника «Белогорье» кабан, возможно, мигрировал из Сумской области Украины, расселяясь по долине р. Ворсклы. На территории прилегающей к заповеднику кабаны начали встречаться в конце 50-х годов, а в 1965-1967 гг. здесь постоянно обитало несколько особей этих копытных. В заповеднике «Белогорье» кабаны впервые появились в 1971 г., а в последующие годы на его территории обитало от 50 до 80 животных.

Дальнейшая судьба населения кабанов, обитающих в сравниваемых заповедниках, возраст микропопуляций которых существенно не отличается, по целому ряду причин складывалась по-разному. Прежде всего, это обусловлено существенной разницей рассматриваемых территорий, так как площадь территории Окского заповедника в 23 раза больше территории заповедного участка «Лес на Ворскле». Кроме того, условия обитания вида в последнем заповеднике более благоприятны, чем в Окском заповеднике.

### Методика и материал

Очевидно, что существенная разница в площади сравниваемых заповедников в значительной степени и определила объем материала, собранного на их территории. Поэтому мы сравнивали те экологические параметры, по которым было собрано достаточно материала, объективно отражающего состояние населения кабана в этих заповедниках.

На территории заповедника «Белогорье» использовался GPS навигатор (Garmin), при помощи которого с погрешностью  $\pm 5$  м регистрировались лежки кабанов, деревья-чесала, купалки, кормовые поля и другие структурные элементы участка обитания этого копытного.



В Окском заповеднике аналогичные исследования проводились путем визуальной регистрации этих структурных элементов на маршрутах. Наряду с этим, изучение индивидуального участка обитания кабана проводилось методом тропления, в результате чего выявлено 32 индивидуальных участка семей и одиночных кабанов. Кроме того весной, сразу же после схода снега, обследовалась та же территория, и сведения, полученные таким способом сравнивались с данными о зимнем размещении кабанов. Выявленные двумя методами структурные элементы участка обитания кабанов наносились на карту, что давало возможность установить конфигурацию и примерные размеры его.

Для анализа территориального размещения кабана в Окском заповеднике и в «Белогорье» использовались материалы зимнего маршрутного учета.

Возрастная и половая структура населения кабана в обоих заповедниках определялась путем учета встреченных животных с указанием числа особей в группе, возраста, а по возможности, и пола животного.

### Результаты исследований

Территория участка «Лес на Ворскле» характерна для подзоны южной лесостепи, расположена на юго-западе Среднерусской возвышенности. Общая площадь рассматриваемого участка составляет 1038 га (в том числе 997 га леса), то есть почти в 23 раза меньше, чем территория Окского заповедника, лесистость которого составляет 85% его площади. Как видно, большая часть территории сравниваемых заповедников покрыта лесами. Однако по составу древостоя она существенно отличается. Территория Окского заповедника занимает промежуточное положение между лесами восточной части зоны смешанных лесов и севером лесостепной зоны. Березняки и сосновые леса здесь занимают большую часть (56%) внепойменной территории заповедника. Территория заповедника «Белогорье» представлена типичным ландшафтом среднерусской лесостепи с преобладанием нагорных дубрав. Основной лесобразующей породой его лесного массива является дуб черешчатый (82%), а в Окском заповеднике дубовые леса занимают лишь 8% его территории.

Сведения о численности кабанов в нагорной дубраве заповедника «Белогорье» весьма фрагментарны. Судя по литературным данным, в 1972–1982 гг. здесь летом на его территории около 1000 га обитало 20–30 особей, а зимой плотность их населения находилась в пределах 80–150 особей [3]. В эти же годы в Окском заповеднике плотность населения кабана зимой на 1000 га угодий была в несколько (5–7) раз меньше, чем в заповеднике «Белогорье». Следует особо подчеркнуть, что в сравниваемых заповедниках, плотность населения кабана в осенне-зимний период возрастала. Основная причина увеличения численности рассматриваемого вида на их территории общая: открытие охоты на смежной территории и, как следствие, – рост фактора беспокойства.

Одним из показателей, характеризующих экологию кабана, – участок его обитания, где семья или одиночный зверь удовлетворяют свои потребности в течение нескольких суток [7]. Осваивая среду обитания на этом участке, животные изменяют ее в своих интересах [7]. Каждый участок обитания кабанов имеет свою инфраструктуру, складывающуюся из кормовых полей, сети троп, «купалок», «чесалок», временных или добротнo устроенных лежек [8]. В зимний период устройство участка обитания у кабанов выражено в большей степени, чем в остальные сезоны.

С началом периода постоянных заморозков и выпадением снега кабаны придерживаются тех мест, в которых, как правило, остаются на зимовку. Участки зимнего обитания кабанов в том или ином урочище часто бывают постоянными в течение многих лет [9].

Один из основных структурных элементов участка обитания кабанов – лежка, на которой они проводят значительную часть суток. В зимний период у этих копытных лежки бывают двух типов: с подстилкой и без нее. На территории заповедника «Белогорье» в основном отмечались лежки без подстилки. Причем такая особенность обу-

ройства лежек в этом заповеднике распространяется, большей частью, и на зимний период. В то же время в Окском заповеднике зимой преобладали лежки с подстилкой, что можно объяснить более холодным климатом. В дальнейшем, для краткости, лежки первого типа мы будем называть зимними, а второго – осенними.

В Окском заповеднике зимнюю лежку кабаны устраивают из нижних веток деревьев, а так же используют маленькие деревья высотой от 45 до 150 см, которые располагают обычно по краям гнезда. Их число в выводковой лежке достигает 390-400 штук. Расстояние, с которого кабаны собирают материал для подстилки, зависит от его обилия: обычно оно равно 10-15 м, а иногда достигает 20-25 м. Сырой вес подстилки выводковой лежки равен в среднем около 30 кг. Как видно, для зимней лежки, которая обычно строится в основном за один прием, используется довольно много материала, собрать который одной самке трудно. Поэтому в устройстве зимней лежки, кроме нее, принимают участие и поросята.

Кабаны обычно устраивают лежки под кронами деревьев, в местах с хорошими защитными условиями. Таким требованиям лучше всего удовлетворяют ельники. Поэтому, не случайно, около 63% лежек в Окском заповеднике зарегистрировано под елями, которые хорошо скрывают гнездо, как от человека, так и от непогоды. Там, где ельников нет, кабаны устраивают лежки под кронами сосен, корнями сваленных ветром деревьев, а так же в зарослях ивняка и тростника. Иногда самки сооружают выводковые лежки на небольших лесных полянах и даже на льду озера, где их видно, как на ладони. Одной из причин такого аномального, на наш взгляд, поведения кабанов следует считать то, что эти районы Окского заповедника почти не посещаются людьми.

Весной, с появлением порослят, самки иногда строят очень большие (до 3,5 м в диаметре) лежки, примерно треть лотка которых имеет крышу, где, в случае непогоды, поросята могут спрятаться. Обычно такие лежки располагаются на тех местах, которые освещаются солнцем почти весь день.

Кабаны ежегодно устраивают лежки примерно в одном и том же районе, но, как правило, на новом месте, которое, иногда, бывает расположено в нескольких метрах от прошлогоднего. Нам известен один случай, зарегистрированный в Окском заповеднике, когда под одной и той же березой две зимы подряд лежку устраивали разные самки (в первую зиму одна из них была отстреляна). Отметим, что это место затопливается, поэтому весной подстилка гнезда уносится полкой водой.

О расположении лежек относительно сторон света можно судить по следующим данным [9]. В Окском заповеднике из 229 учтенных лежек, большинство (63%) было обращено на юг, юго-восток и юго-запад, а среди лежек с подстилкой, их число увеличивается до 67%. Лежки без подстилки – осенние – у секачей менее «привязаны» к солнечной стороне (45%), чем выводковые лежки такого же типа (64%), а среди зимних лежек наблюдается противоположная картина (71% и 67% соответственно). Из приведенных цифр видно, что среди лежек обращенных к солнцу, частота встречаемости выводковых зимних и осенних лежек существенно не отличается, а среди лежек секачей, расположенных таким же образом, разница в числе лежек сравниваемых типов достигает 1.6 крат в пользу зимних лежек. Это связано с тем, что семье кабанов легче переносить низкие температуры, чем самцу, который во время гона почти полностью теряет накопленный жир. Поэтому он устраивает лежки в основном на местах освещенных солнцем. Отметим, что толщина подстилки в зимних лежках секачей бывает обычно намного больше, чем в выводковых лежках такого же типа. Нам известно несколько случаев, когда во время сильных морозов одиночные кабаны зарывались под подстилку, тем самым, уменьшая потери энергии на согревание тела. У выводков такой картины мы ни разу не наблюдали, что вероятно, связано с групповой регуляцией тепла, уменьшающей затраты энергии на согревание тела.

На территории заповедника «Белогорье» учтена 131 лежка кабанов, большинство их не имели подстилки во все сезоны года. Это связано, в основном с более теплым климатом по сравнению с Окским заповедником. Осенние лежки в заповеднике «Белогорье» по своей структуре практически не отличались от зимних. Они представ-



ляют собой небольшое углубление в земле под большим деревом, либо в буреломе среди упавших деревьев.

Однако, в этом заповеднике в зимний период отмечались и лежки, выстланные сухой растительностью. Так, например, в пойме реки Ворскла было зафиксировано 17 лежек, для строительства которых был использован сухой тростник и трава. Столько же лежек такого типа были обнаружены на поле, в садах и в других частях заповедника. Следует отметить, что эти лежки использовались животными более длительный период, чем лежки без подстилки, число которых в заповеднике «Белогорье» было почти в три раза больше по сравнению с обустроенными лежками.

Иногда кабаны для своих лежек используют муравейники. В Окском заповеднике было обследовано 269 муравейников. По разным причинам на его территории было разрушено 108 муравейников, среди которых 62% приходилось на долю кабанов. На территории нагорной дубравы заповедника «Белогорье» во время летнего картирования зарегистрировано 194 муравейника. Из них только 40 муравейников можно отнести к категории крупных. Остальные по величине небольшие и в зимний период полностью заносятся снегом, и таким образом становятся непригодными для использования их животными в качестве лежек. В зимний период кабанами было повреждено 30 муравейников, что составляет 75% от общего числа учтенных крупных муравейников в заповеднике «Белогорье».

Зимние лежки кабанов, расположенные на муравейниках, в большинстве случаев лишены выстилки. Это, вероятно, связано с тем, что для поддержания необходимого температурного режима в логове кабанов, достаточно физиологического тепла, выделяемого муравьями в оставшейся части муравейника. Наблюдения показали, что иногда кабаны разрушают муравейники, не используя их для лежек. Можно предположить, что в таких случаях они разрушают муравейники в поисках пищи. Однако, в Окском заповеднике 90% муравейников, учтенных на местах кормежек кабанов, были не повреждены, хотя около некоторых муравейников все вокруг было изрыто кабанами. Подтверждением сказанному служат так же и результаты анализов содержимого 150 желудков кабанов, добытых в Окском заповеднике, в которых не были обнаружены муравьи.

Сравнительный анализ биоценотической роли кабанов по отношению к одному из компонентов экосистемы – муравейникам, показывает, что в рассматриваемых заповедниках она существенно отличается. В Окском заповеднике кабаны повреждали 62% муравейников, а в заповеднике «Белогорье» – 15%. При этом нужно отметить, что во втором заповеднике размеры муравейников значительно меньше, чем в Окском заповеднике. Кроме того, определенную роль в этом играют сами кабаны, которые в заповеднике «Белогорье» разрушают муравейники практически во все сезоны года, не давая им полностью восстанавливаться и увеличивать размеры. При этом необходимо учесть и тот факт, что в заповеднике «Белогорье» примерно на 1000 га было учтено 30 муравейников, разрушенных кабанами, а в Окском заповеднике на такой же площади, примерно 3 муравейника, то есть в 10 раз меньше. Одной из причин таких различий является очень большая плотность населения кабанов в первом заповеднике, которая в несколько раз больше, чем в Окском заповеднике.

В районе обитания выводка можно встретить деревья-чесала, о которые чешутся кабаны. Если этими деревьями животные пользуются продолжительное время, кора на их стволах бывает содрана, а ствол отполирован боками кабанов до блеска. Деревья-чесала встречаются преимущественно у троп, реже у самого гнезда, иногда они находятся в 2-3 метрах друг от друга. Обычно это наблюдается в тех местах, где вместе с самкой, помимо поросят, находятся и двухлетки. Этими деревьями животные, как правило, пользуются несколько лет. В том случае, если летний участок обитания кабанов расположен недалеко от зимнего, кабаны пользуются чесалами летом и зимой. Интересно, что из 43 зарегистрированных в Окском заповеднике деревьев-чесал, в шести случаях одним и тем же деревом пользовались кабаны и лоси. У таких деревьев примерно до 1 м ствол был оголен кабанами, а на высоте 2 м – лосями.



В Окском заповеднике деревья-чесала по породам распределяются следующим образом: на ель приходится 74%, сосну – 23% и березу – 3%. На стволах этих деревьев, выше того места, о которое чешутся кабаны, взрослые звери клыками делают метки на коре, которые находятся иногда на 2-х метровой высоте. Эти метки, а так же сами чесала, видимо, следует рассматривать как визуальную маркировку участка, занятого кабаном. Свежие метки чаще всего встречаются во время гона. Поэтому можно предположить, что секачи для маркировки своего участка, помимо пахучих меток, выделяемых препуциальной железой, во время гона делают и визуальные метки.

На территории заповедника «Белогорье» было зафиксировано 133 дерева-чесала. Большая часть таких деревьев приходится на сосну – 83%, среди которых 40% находилось в стадии засыхания, а 8% – погибли. Кроме того, в этих целях используются и лиственные породы, на долю которых приходится 17% от числа всех деревьев-чесал учтенных в «Лесу на Ворскле». Среди деревьев лиственных пород наиболее часто в этом заповеднике используются липа (7%) и клен (5%). В меньшей степени – вяз (2%), ясень (1.5%) и груша (1.5%). Примерно такая же ситуация наблюдалась и в Окском заповеднике, где на хвойные породы приходилось 97% деревьев-чесал, на лиственные – 3%. Предпочтение, отдаваемое кабаном хвойным породам в качестве «чесалок», может быть связано с освобождением этих копытных от кровососущих насекомых – смола которых способствует прилипанию эктопаразитов и служит природным репеллентом [10].

Обычно одно и то же дерево используется кабаном в течение длительного времени. Период функционирования дерева, как чесалки, напрямую зависит от его жизненного состояния. Это связано с тем, что засохшие деревья не выделяют смолистых или дубильных веществ, а, следовательно, становятся непригодными для использования их животными. Необходимо так же отметить, что после того, как дерево-чесало начинает засыхать, кабан переключается на другое. Таким образом, кабан в сравнимых заповедниках играет определенную роль в выведении из их экосистем деревьев хвойных пород, а в некоторых случаях и лиственных пород.

Другим структурным элементом участка обитания кабанов являются купалки, которые летом выполняют санитарную и терморегуляторную роль. Кроме того, купание в грязи, видимо, способствует удалению отмерших клеток эпителия кожи, эктопаразитов и полезно, как лечебная процедура. На территории заповедника «Белогорье» зарегистрировано 13 постоянно используемых кабаном купалок. Из них 6 расположены на дне оврагов, что связано со стоком в них атмосферных осадков, так как другого источника воды на изучаемой территории нет. Из этих купалок две отмечены в непосредственной близости от жилых домов, на месте усыхающего пруда. Пять купалок зафиксировано в центральной части заповедника и не приурочено к оврагам. Однако, наличие в них воды, которая здесь испаряется быстрее, чем в понижениях рельефа, так же полностью зависит от атмосферных осадков.

Одним из важных структурных элементов участка обитания кабанов являются тропы. По степени использования их можно разделить на основные, или магистральные, и второстепенные. Вдоль магистральных троп обычно располагаются деревья-чесала. Этими переходами иногда пользуется несколько выводков. Отдельные участки магистральных троп кабан использует не только зимой, но и в бесснежный период. В этом случае они бывают выбиты в почве на глубину 10-15 см. Во второй половине зимы магистральные тропы, соединяющие лежку с кормовым полем, представляют собой глубокую траншею, в которой поросля почти не видно. От магистральной тропы отходят второстепенные тропы, число которых увеличивается по мере удаления от лежки. При подходе к кормовому полю, троп бывает настолько много, что иногда трудно выделить из них главную.

Структурные элементы участка обитания кабанов используют в течение суток в определенной последовательности. Во второй половине дня семья отправляется на кормежку по магистральной тропе. После кормежки звери возвращаются по этой же тропе обратно на лежку. Эта схема характерна для глубокоснежного периода. В это



время наиболее четко выделяется, так называемая, сердцевинная или центральная зона участка обитания. В этой зоне расположены основные места кормежки, лежка и магистральная тропа. Образование сердцевинной зоны связано с избирательным отношением кабанов к пространству.

Картирование лежек, пороев, деревьев-чесал и троп дает возможность установить примерные границы сердцевинной зоны участка обитания выводка кабанов в зимний период. В Окском заповеднике было обследовано 32 участка обитания выводков. В первую половину зимы средняя площадь обитания выводка составила 44.6 га (по 12 выводкам), а во вторую половину зимы (февраль-март) она уменьшилась до 25.7 га, то есть в 1.7 раза (по данным 20 выводков). Это связано с увеличением высоты и плотности снега. Кроме того, в марте беременные самки меньше передвигаются. В период глубокого снега, наряду с уменьшением участка обитания так же увеличивается и привязанность самок к своим лежкам. Нам известно много случаев, когда выводки во второй половине зимы довольно продолжительное время находились на небольшом участке. Так, например, в Окском заповеднике самка с четырьмя поросятами на площади около 6 га находилась 55 дней. Отметим, что после сильного снегопада, этот выводок в течение недели не отходил от лежки более чем на 100 м, а в первые два дня кормился не далее 10 м от места отдыха. На протяжении всего периода наблюдений, выводок пользовался только одной лежкой.

Во второй половине зимы встречаются выводки кабанов, лежки которых расположены в 10-70 м друг от друга. Их объединяют, видимо, родственные связи. Участки обитания таких выводков перекрываются почти на всей их площади, так как кормовые поля, отдельные части троп и деревья-чесала у них общие. Однако во время кормежки каждый выводок держится обособленно. Такую картину мы наблюдали в Окском заповеднике, где два выводка (15 кабанов) на участке около 6 га находились не менее 20 дней. В этом же заповеднике несколько большую территорию (около 8 га) на протяжении двух недель занимали две семьи кабанов (16 зверей), а на площади около 12 га в течение 19 дней обитало так же два выводка (13 зверей).

В начале зимы кабаны ходят широко, но в пределах определенной (знакомой) для каждого выводка территории. Причем в разные дни они посещают разные части своего участка обитания. Об этом свидетельствует тропление семьи кабанов в Окском заповеднике, активность которых удалось проследить на протяжении трех суток. В первый день звери кормились севернее лежки. Площадь участка обитания за первые сутки составила около 5 га, из которых только 3% было освоено кабанам во время кормежки. Они кормились вдоль троп, отходя от них не далее 100 м. На следующий день они ушли с этой лежки и устроили ее в другом месте. Площадь участка обитания кабанов во вторые сутки увеличилась до 62 га, на которой кабанам было освоено не более 1% территории участка. На третьи сутки они снова вернулись на первую лежку, освоив около 2% площади их участка обитания, который, по сравнению с таковым во вторые сутки, уменьшился почти в два раза. В разные дни звери использовали разные части своего участка обитания. Освоенная ими территория располагалась вдоль троп и не превышала 3% площади суточного участка кабанов. Сходная картина наблюдалась в Окском заповеднике и в других выводках.

Из изложенного видно, что кабаны в начале зимы, в пределах своего участка обитания, имеют несколько лежек, которые периодически посещаются ими. Такое поведение кабанов позволяет им более полно использовать территорию, особенно в том случае, когда участки обитания выводков перекрываются. В пределах участка обитания любого выводка, другая группа всегда может найти свободную территорию. Поэтому, даже в первой половине зимы некоторые выводки устраивают лежки недалеко друг от друга.

Проведенный анализ показывает, что территориальное размещение участков обитания кабана в Окском заповеднике и в заповеднике «Белогорье» на протяжении зимы изменяется, но при этом четко прослеживается привязанность их к определенным местообитаниям. Очевидно, что участки обитания кабанов, которые живут в этих

заповедниках, образуют микроареал внутривидовой группировки населяющей территорию каждого из них.

О динамике микроареала локальной популяции кабана в Окском заповеднике на разных фазах движения его численности, можно судить по следующим данным. В начале фазы подъема численности, общая площадь территориальных группировок кабана в этом заповеднике составила 10-15% его территории, а число зверей в них достигло 40-50 особей. Эти группировки представляют собой пространственно изолированную совокупность семей и одиночных особей временно объединенных общей территорией. В последующие три года площадь микроареала кабана в Окском заповеднике была примерно одинаковой (27-30%), но его пространственная структура на протяжении этого периода претерпела существенные изменения, так как микроареал кабана в этом заповеднике состоял из 5-6 территориальных группировок. Затем наступает период относительно малоснежных зим, который характеризуется максимальной численностью кабана в Окском заповеднике. Видимо по этим причинам и площадь используемой им территории в эти годы была самой максимальной: она составляла 37-49% территории заповедника.

Из изложенного видно, что размеры микроареала кабана в Окском заповеднике в годы со средней его численностью (80-90 голов) находились в пределах 27-37% (составляя в среднем 30%), когда же она возросла до 120-140 голов, размах колебаний этого показателя увеличился от 25 до 49% (составляя в среднем 30%). Следовательно, численность локальной популяции рассматриваемого вида в какой-то мере оказывает влияние на размеры ее микроареала, но эти популяционные параметры, в свою очередь, зависят от высоты снежного покрова, в особенности при сильных ее колебаниях.

Проведенный анализ территориального размещения кабанов в Окском заповеднике показал, что в разных частях микроареал локальной популяции вида изменяется по-разному. Причем это касается не только площади отдельных территориальных группировок, но так же и их конфигурации. Механизм этого процесса можно представить следующим образом. Увеличение размера микроареала чаще всего осуществлялось за счет расширения площади уже имеющих поселений кабана, а иногда в результате перемещения территориальной группировки в другой район. При этом заселяются новые территории, где кабанов вообще не было, а так же и те участки, где они были раньше, но потом не встречались несколько лет. Уменьшение территории, занятой кабаном, происходит в основном за счет ухода животных из периферийной части территориальной группировки. Однако, иногда и все население кабанов данной территориальной группировки перемещается в другой район, занимая при этом меньшую площадь. Так как границы территориальных группировок подвижны, поэтому размещение кабанов может изменяться и при относительно стабильной площади этих группировок. В Окском заповеднике в разные годы преобладали те или иные типы группировок: сплошные или в виде отдельных островков, которые вкраплены в относительно более обширные пространства, не имеющие кабанов в момент учета. Причем число территориальных группировок кабана в Окском заповеднике на протяжении изучаемого периода находилось в пределах 4-6, то есть оно не претерпевало резких колебаний.

Проведенный анализ структуры и размещения участков обитания кабана свидетельствует, что отдельные параметры их, а, следовательно, и его микроареал, изменяются как в течение одного зимнего сезона, так и на протяжении ряда лет, отражая при этом состояние локальной популяции вида на фоне конкретных условий существования. Поэтому можно сказать, что территориальное поведение этого вида приобретает роль важного гомеостатического механизма, поддерживающего популяцию кабана в состоянии устойчивого равновесия.

О возрастной структуре населения кабанов в сравниваемых заповедниках в осенне-зимний период мы можем судить по встречам 205 особей этого вида в заповеднике «Белогорье» и 620 кабанов встреченных в этом же сезоне в Окском заповеднике. Но прежде чем переходить к анализу этих материалов отметим, что, судя по ли-



тературным данным, на большей части евразийского ареала кабана возрастной состав его популяций был следующим: сеголетки составляли около 40-50%, подвинки – 10-20%, а взрослые особи – 30-40% [8].

Анализ визуальных встреч кабанов в рассматриваемых заповедниках показал, что доля сеголеток в них значительно превышает приведенные выше цифры. В Окском заповеднике сеголетки составляли 61%, а в «Белогорье» – 69% населения кабанов, обитающих на их территории. Следует отметить, что в последнем заповеднике, по данным С.А. Царева [3] в 80-е годы прошлого столетия на долю сеголеток приходилось 64%, годовалые составляли около 11% и взрослые – 25%. В настоящее время в заповеднике «Белогорье» на долю последней возрастной группы приходилось 21-22%, а годовалые составляли в среднем около 10% [11]. В Окском заповеднике «удельный вес» годовалых кабанов был примерно вдвое больше (19%), чем в «Белогорье», а доля взрослых особей на их территории была примерно одинаковой.

Анализ визуальных встреч кабанов в Окском заповеднике показал, что возрастная структура его популяции на разных фазах динамики численности существенно не изменялась: число сеголеток находилось в пределах 63-70%, годовалые составляли 11-15%, а «удельный вес» взрослых особей в Окском заповеднике находился в пределах 17-26%.

Теперь рассмотрим половую структуру взрослого населения кабанов в сравниваемых заповедниках. Судя по материалам Царева С.А. [10], собранным им в заповеднике «Лес на Ворскле» среди 155 встреченных кабанов самок было примерно втрое больше чем самцов (25% и 75%). Примерно такая же половая структура популяции кабанов была и в Окском заповеднике, где среди 330 встреченных взрослых особей, у которых был установлен пол, около 30% составляли самцы и почти 70% самки. Следует особо подчеркнуть, что на большей части евразийского ареала кабана, самок среди взрослых животных немного больше чем самцов, но соотношение полов в целом близко к 1:1 [8].

Как видно, в рассматриваемых заповедниках, половая структура населения кабанов существенно отличается от данных по большей части ареала. Значительное преобладание самок в популяциях обоих заповедников является одной из причин большей доли сеголеток на их территории, по сравнению с большинством других популяций кабана в пределах его евразийского ареала.

### Заключение

Сравнительный анализ экологии кабанов в двух заповедниках, расположенных в разных природно-климатических зонах, показал некоторые особенности в адаптации этих животных к природной среде, свойственные этим микропопуляциям. В Окском заповеднике устройство лежек с подстилкой более выражено, чем в заповеднике «Белогорье», где даже в зимний период большая часть лежек представляет собой небольшое углубление в земле.

Кабан в рассмотренных заповедниках играет и определенную средообразующую роль. Биocenотическая роль его по отношению к муравейникам оказалась различна: в заповеднике «Белогорье» степень повреждения муравейников значительно выше, что определяется высокой плотностью кабанов. Кроме того, кабаны участвуют в выведении из состава древостоя деревьев, преимущественно хвойных пород, используя их в качестве деревьев-чесал, что приводит их к засыханию.

Сравнительный анализ возрастной и половой структуры населения кабанов выявил как некоторые общие черты, так и специфические особенности группировок этого копытного. Из числа общих признаков, характеризующих население кабанов в обоих заповедниках, следует отметить значительное преобладание самок: в заповеднике «Белогорье» соотношение полов равно 1:3, а в Окском заповеднике оно немного меньше (1:2.3). Преобладание самок в популяциях кабанов обоих заповедников является одной из причин того, что население кабанов, обитающих на их территории, ха-

рактируется большим числом сеголеток в их популяциях (61–69%), в то время как на значительной части евразийского ареала вида сеголетки составляют 40–50%. Однако, «удельный вес» годовалых кабанов в Окском заповеднике был примерно вдвое больше, чем особей этой возрастной группы, обитающих на территории заповедника «Белогорье».

### Список литературы

1. Тимофеева Е.К. Влияние кабана на растительность лесостепных дубрав. //Копытные фауны СССР (экология, морфология, использование и охрана). – Москва, 1980. – С. 207–208.
2. Тимофеева Е.К. К экологии кабана в лесостепных дубравах Белгородской области. // Бюлл. МОИП. – 1975. Отдел биол. Т. 80, вып. 5. – С.23–34.
3. Царев С.А. Социальное и территориальное поведение охотничьих животных России. Вып.3. – М.: Центрохотконтроль, 2000. – С. 144.
4. Петров О.В. Млекопитающие учлесхоза «Лес на Ворскле» и его окрестностей. // Ученые записки ЛГУ, 351 Серия биологических наук, Вып.52 – комплексные исследования лесостепной дубравы «Лес на Ворскле». – Л.: Изд-во Ленинградск. ун-та, 1971. – С.182–183.
5. Червонный В.В. Роль абиотических факторов в жизни окской популяции кабанов // Материалы VII Международн. научн.-практ. экол. конф. – Белгород, 2002. – С. 150–151.
6. Фадеев Е.В. и др. Крупные хищники и копытные звери (кабан) // М.: Лесная промышленность, 1983. – С. 258–293.
7. Барабаш-Никифоров И.И., Формозов А.Н. Териология. – М., Высш. шк., 1963. – С. 393.
8. Данилкин, А.А. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Свиные. – М.: ГЕОС, 2002. – 309 с.
9. Червонный В.В. Особенности структуры и размещения участков обитания кабанов в зимний период // Биологические основы учета численности охотничьих животных. – М., 1990. – С. 103–120.
10. Царев С.А. Механизмы расселения кабанов // Современные проблемы охотничьего хозяйства. – М, 1989. – С. 83–94.
11. Щекало М.В. Осенне-зимняя динамика пространственной и возрастной структуры населения кабана участка «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье» // Вестник СНО. Сборник студенческих научных работ. – Белгород, 2009. – Вып. XIII. – С. 135–138. Эл. ресурс <http://unid.bsue.edu.ru/unid/res/sno/>

### THE POPULATION OF WILD BOARS (*SUS SCROFA* LINNAEUS, 1758) IN RESERVATION «BELOGOR'E» AND OKSKYI RESERVATION

**V.V. Chervonny,**  
**M.V. Schekalo**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

The comparative and ecological analysis of wild boar micropopulation is carried out on the basis of data recorded in two reservations Okskyi and «Belogor'e». The data characterize population of a wild boar on the reservations territory. Some specific features of the population of a wild boar in reserved territories are revealed.

Key words: wild boar, habitat, structure, population, reservation.



## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИКУЛЯЦИИ И СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА

**Е.С. Тверитина,  
М.З. Федорова**

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

*E-mail:  
Fedorova@bsu.edu.ru*

Показаны особенности реакций системы микроциркуляции в юношеском возрасте на температурное воздействие в их взаимосвязи с некоторыми параметрами variability сердечного ритма и типологическими свойствами нервных процессов. Установлено, что у лиц обоего пола наблюдается сходство гемодинамических и психофизиологических показателей на фоне напряженности регуляторных механизмов сосудистого русла девушек, обусловленного усилением симпатических адренергических влияний. Выявлено, что в условиях покоя, локальной гипер- и гипотермии повышение уровня кровотока, а также снижение амплитуд нейрогенных и миогенных колебаний в сосудах кожи пальцев рук регистрируется у девушек и юношей со слабым типом и инертными нервными процессами, сниженной частотой сердечных сокращений и координацией.

Ключевые слова: микроциркуляция, сердечно-сосудистая система, свойства нервных процессов, возрастные особенности.

### Введение

Сердечно-сосудистая система с ее многоуровневой регуляцией – особая функциональная система, связующим звеном в которой является микроциркуляторное русло, обеспечивающее своевременное адекватное кровоснабжение соответствующих структур организма [1]. Перераспределение сердечного выброса достигается через взаимодействие местных и нервных механизмов регуляции микроциркуляции [2]. Центральный генератор, контролирующий надежность и функциональное совершенство ритмогенеза сердца, обеспечивает его адаптивные реакции в естественных условиях [3], поэтому изменение показателей кровообращения является прямым выражением возмущения в состоянии системы под воздействием некоторого внешнего или внутреннего фактора [4].

Анализ показателей микроциркуляции, особенно на фоне стрессового (температурного) эффекта, и их взаимосвязь со свойствами нервных процессов, генетически детерминированными и обусловленными реактивностью нервной системы, является потенциальным подходом к изучению особенностей приспособительной деятельности индивида. Это важно в юношеском возрасте, так как на данном этапе завершается морфофункциональное созревание организма.

Целью исследования было установление взаимосвязи гемодинамических параметров с типологическими особенностями нервной системы у лиц юношеского возраста.

### Объекты и методы исследования

В основу работы положены результаты обследований 36 студентов (18 юношей и 18 девушек) Белгородского государственного университета в возрасте 18-21 год.

Комплексное исследование включало регистрацию показателей микроциркуляции, реакцию сосудов на температурное воздействие, показателей variability сердечного ритма и свойств нервных процессов, используя Теппинг-тест Ильина и методику «Контактная координациометрия по профилю».

Для исследования параметров микроциркуляции использовали двухканальный лазерный анализатор капиллярного кровотока ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Россия), позволяющий проводить зондирование ткани в красной и инфракрасной области спектра излучения. Исходные ЛДФ-граммы записывались в течение 5 минут в покое при температуре 21-22°C с кожи дистальных фаланг II пальцев кистей обеих рук (в поло-

жении обследуемого сидя, кисти ниже уровня сердца). Реакцию на локальную гипер- и гипотермию кожи и подлежащих тканей регистрировали с фаланг II пальца левой руки в красной области спектра излучения с помощью блока «ЛАКК-ТЕСТ» (НПП «Лазма», Россия). Запись тепловой пробы проводили со скоростью  $4^{\circ}\text{C}$  в минуту в течение 10 минут, из которых 210 секунд в температурных границах от  $32^{\circ}\text{C}$  до  $45^{\circ}\text{C}$  и 390 секунд при постоянной температуре  $45^{\circ}\text{C}$ . Временной промежуток между пробами составлял 10 минут. Охлаждение поверхности кожи пальцев рук проводили ступенчато до  $15^{\circ}\text{C}$  по описанной выше схеме в течение 280 и 320 секунд соответственно.

Полученные ЛДФ-граммы анализировали на основе вейвлет-преобразования, являющегося наиболее эффективным подходом для изучения структуры колебательных процессов и регуляции микрогемодинамики [5]. Оценивали следующие показатели: средне-арифметический показатель микроциркуляции (М, перфузионные единицы – п.ф.); среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения  $M - \sigma$  (п.ф.ед.), усредненные максимальные амплитуды эндотелиального ритма –  $A_{\text{э}}$  (0.0095-0.02 Гц), нейрогенного ритма –  $A_{\text{н}}$  (0.02-0.06 Гц), миогенного ритма –  $A_{\text{м}}$  (0.06-0.2 Гц), дыхательного ритма –  $A_{\text{д}}$  (0.2-0.6 Гц) и кардиоритма –  $A_{\text{с}}$  (0.6-1.6); миогенный тонус (МТ) и нейрогенный тонус (НТ). Показатель шунтирования (ПШ) определяли по формуле  $\text{ПШ} = \text{МТ} / \text{НТ}$ .

Регистрацию электрокардиограммы (I, II, III стандартное отведение) в течение 60 секунд проводили с использованием программы «Нейрософт» (Иваново, Россия). Исследовали временные и спектральные характеристики вариабельности сердечного ритма (ВСР): показатель ЧСС (уд./мин); текущее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы; баланс отделов вегетативной нервной системы (ВНС); общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции (ТР,  $\text{мс}^2$ ) в трех частотных диапазонах: высокочастотном –  $HF$  ( $\text{мс}^2$ ), низкочастотном –  $LF$  ( $\text{мс}^2$ ), сверхнизкочастотном –  $VLF$  ( $\text{мс}^2$ ).

Свойства нервных процессов (НП) оценивали на основании результатов, полученных с использованием программы «Психо-тест» (Иваново, Россия). Силу НП определяли по методике Теппинг-теста Ильина, степень точности движений – по способности к координации и сенсорного контроля над движениями при прохождении лабиринта с использованием алюминиевого стержня, удерживаемого в руке.

Полученные данные обрабатывали по программе Statistica 6.0. Достоверность различий оценивали по критерию Вилкоксона.

### Результаты и их обсуждение

Проведенное исследование показало, что у студентов обоего пола наблюдается сходство по гемодинамическим и психофизиологическим параметрам, но напряженность регуляторных механизмов реакций системы микроциркуляции наблюдается в группе девушек.

Сравнительный анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) (табл. 1) выявил удовлетворительное текущее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы в двух группах на фоне достоверно более низкой (в два раза) общей мощности спектра нейрогуморальной регуляции (ТР) в группе юношей, предположительно указывающей на повышенную реактивность вегетативной нервной системы [6]. Считается установленным, что  $HF$ -компонент спектра обусловлен парасимпатической активностью,  $LF$ -компонент спектра – симпатической,  $VLF$ -составляющая является хорошим индикатором управления энергетическими процессами [1, 7]. Полученные данные свидетельствуют о симпатонормотонии у юношей и вагонормотонии у девушек при незначительном 5% и 10% преобладании соответствующего отдела вегетативной нервной системы, характеризующей оптимальную адаптационную реакцию [1].

Результаты определения типологических свойств нервных процессов и точности двигательных реакций представлены в табл. 1. Тип нервной системы в обеих группах средний. Среди юношей лиц со средней силой нервных процессов – 50%, со слабой –



28%, средне-слабой – 11%. Количество человек со средне-сильной силой НП – 6%. В группе девушек преобладают нервные процессы средней силы – 44%. Немного меньше – 22% – девушек со слабой силой НП, со средне-сильной и средне-слабой по 11%. Проведенное исследование выявило 6% лиц с сильными свойствами нервных процессов в группе девушек.

Таблица 1

**Средние значения показателей variability сердечного ритма  
и методик Теппинг-теста и Координациометрии по профилю  
у лиц юношеского возраста**

Показатели variability сердечного ритма		
ЧСС (уд./мин.)	Девушки	Юноши
		76.1±2.6
Текущее функциональное состояние деятельности сердца (отн. ед.)	2.1±0.2	2.2±0.2
Тонус вегетативной нервной системы (отн. ед.)	0.06±0.2	0.2±0.2
TP (мс <sup>2</sup> )	6474.3±1161.4	3806.1±595.1*
LF (мс <sup>2</sup> )	1705.6±288.8	1550.6±301.6*
HF (мс <sup>2</sup> )	3223.1±866.8	1427.2±291.0*
VLF (мс <sup>2</sup> )	1545.8±362.5	826.6±211.0*
Показатели Теппинг-теста и Координациометрии по профилю		
Число нажатий (отн. ед.)	175.2±11.0	178.5±6.6
Тип нервной системы (отн. ед.)	2.7±0.3	2.3±0.2*
Кол-во касаний в секунду	1.2±0.2	2.1±0.4*
Тремор (отн. ед.)	2.9±0.08	2.9±0.08
Время касаний в секунду	0.03±0.04	0.05±0.01*
Качество (отн. ед.)	3±0	2.9±0.08*
Продолжительность тестирования (с)	20.2±1.9	15.8±1.6*

\* – достоверность различий с группой девушек по критерию Вилкоксона ( $p < 0.05$ ).

Точность двигательных реакций высока у лиц обоего пола и регистрируется на фоне незначительного снижения координации и степени сенсорного контроля над движениями в группе юношей и небольшой инертности нервных процессов в группе девушек.

Средние значения показателей микроциркуляции в покое и в результате проведения тепловых проб представлены по группе девушек в табл. 2, по группе юношей – в табл. 3. Сравнительный анализ полученных данных производили в красном спектре излучения. Установлено, что средний уровень перфузии микрососудистого русла у юношей и девушек при 22°C выходит за пределы нормы [8] и в два раза снижен в группе последних. При ступенчатом нагревании кожи пальца левой кисти в течение 210 секунд, условно названный первым периодом пробы, показатель микроциркуляции достоверно ( $p < 0,05$ ) вырос на 66% у девушек и 12% у юношей, поддержание постоянной температуры 45°C в течение 390 секунд (второй период пробы) вызвало его дальнейший рост соответственно на 99% и 19%. Охлаждение сопровождалось падением уровня перфузии кровотока при сходно созданных условиях сначала на 5%, потом на 23% в группе девушек, 27% и 38% соответственно в группе юношей.

Таблица 2

**Средние значения показателей микроциркуляции в группе девушек в условиях покоя, локальной гипер- и гипотермии кожи указательного пальца левой руки**

Показатели КР канал	22°C	33.2-45°C	45°C	33.2-15°C	15°C
1	2	3	4	5	6
М (пф. ед.)	9.2±0.8	15.3±0.7	18.3±0.8	8.7±1.0	7.1±1.1
σ (пф. ед.)	1.6±0.2	3.6±0.5	2.3±0.3	3.2±0.4	2.2±0.2
Аэ (пф. ед.)	1.1±0.2	1.1±0.08	0.8±0.008	1.4±0.2	1.1±0.1





Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Ан (пф. ед.)	1.3±0.2	1.1±0.1	0.8±0.1	1.3±0.1	0.9±0.1
Ам (пф. ед.)	0.8±0.09	0.9±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1	0.6±0.07
Ад (пф. ед.)	0.3±0.06	0.4±0.03	0.5±0.08	0.4±0.05	0.3±0.05
Ак (пф. ед.)	0.2±0.02	0.2±0.02	0.3±0.04	0.2±0.02	0.3±0.03
НТ (отн. ед.)	1.5±0.1	3.6±0.5	3.2±0.4	3.0±0.5	3.1±0.5
МТ (отн. ед.)	2.2±0.2	4.4±0.7	3.2±0.4	4.1±0.6	4.1±0.5
ПШ (отн. ед.)	1.5±0.1	1.2±0.08	1.1±0.07	1.4±0.08	1.5±0.2

Таблица 3

**Средние значения показателей микроциркуляции в группе юношей в условиях покоя, локальной гипер- и гипотермии кожи указательного пальца левой руки**

Показатели КР канал	22°C	33.2-45°C	45°C	33.2-15°C	15°C
М (пф. ед.)	11.3±0.6*	12.6±1.0*	13.5±1.3*	9.1±1.0*	8.2±1.1*
σ (пф. ед.)	1.0±0.1*	1.9±0.2*	1.8±0.2*	2.3±0.4*	1.6±0.2*
Аэ (пф. ед.)	0.6±0.08*	0.9±0.1*	1.0±0.1*	1.0±0.1*	1.1±0.1
Ан (пф. ед.)	0.7±0.1*	0.9±0.1*	1.0±0.2*	0.9±0.1*	0.9±0.1
Ам (пф. ед.)	0.5±0.06*	0.8±0.1*	0.7±0.07*	0.7±0.1*	0.6±0.07*
Ад (пф. ед.)	0.2±0.01*	0.3±0.03*	0.3±0.03*	0.3±0.06*	0.2±0.02*
Ак (пф. ед.)	0.2±0.01*	0.2±0.01*	0.2±0.02*	0.2±0.02*	0.2±0.01*
НТ (отн. ед.)	1.6±0.09*	3.02±0.7*	2.3±0.2*	2.6±0.3	2.0±0.2*
МТ (отн. ед.)	2.2±0.2	3.4±0.5*	2.9±0.2	3.6±0.4*	3.3±0.3*
ПШ (отн. ед.)	1.4±0.08*	1.2±0.08	1.4±0.1*	1.4±0.1*	1.7±0.2*

\* - достоверность различий с группой девушек по критерию Вилкоксона ( $p < 0,05$ )

Функциональное состояние отдельных звеньев микрососудистого русла анализировали на основании амплитудных характеристик колебаний периферического кровотока. Выявлено, что они выходят за пределы нормы. Амплитуды колебаний в диапазонах нейрогенного и миогенного ритмов в группе юношей в условиях покоя значительно ниже, чем в группе девушек, в результате повышения активности НТ и МТ. Достоверное увеличение амплитуд указанных ритмов наблюдалось за первый и второй периоды проведения тепловой пробы у юношей и за первый – в миогенном диапазоне – у девушек, второй период в группе последних сопровождался дальнейшим падением амплитуд нейрогенного ритма и возвращением амплитуды Ам в исходное состояние. Локальная гипертермия вызвала повышение тонуса сосудов в среднем в два раза в обеих группах, но уже к концу второго периода проведения пробы наблюдалось его снижение: у юношей – НТ на 27%, МТ на 15%, у девушек – на 11% и 24% соответственно. Данный процесс объясняется осцилляторным ростом в группе юношей, но противоречит снижению амплитудных колебаний ритмов в группе девушек.

Амплитуды колебаний в диапазонах кардио- и респираторного ритмов несут информацию о состоянии соответственно артериального и веноулярного звеньев микроциркуляторной системы. Увеличение их показателей при нагревании на фоне значительного роста показателя М, наблюдаемое в группе девушек, возможно, свидетельствует о притоке артериальной крови в микроциркуляторное русло и об ухудшении оттока крови в веноулярном звене [8].

Предполагаем, что рост кровотока в микрососудистом русле в группе юношей при проведении тепловой пробы вызван вазодилатацией прекапилляров и артериол на фоне снижения тонуса сосудов, наблюдаемого в конце нагревания и обусловленного увеличением миогенных колебаний, действием сенсорных нейропептидов-вазодилататоров и участием метаболических факторов, в частности оксида азота (рост Аэ на 67%) [8]; в группе девушек - увеличением притока артериальной крови и проявлением застойных явлений в микрососудах при незначительном спазме шунтов, яв-



ляющегося следствием усиления НТ артериол и сохраняющего кровотока даже в условиях распространения стаза [9].

Разная гемодинамика у юношей и девушек зарегистрирована и в результатах холодной пробы. В группе юношей вазоконстрикция сосудов, вызванная повышением их тонуса в среднем в 1.5 раза в первый период охлаждения кожных покровов, незначительно снизилась во второй период на фоне повышения амплитуды  $A_n$  на 29%,  $A_m$  – первоначально на 40%, потом на 20%, способствуя росту шунтового кровотока (20%) при отсутствии изменений в динамике артериолярного и веноулярного звеньев микрососудистого русла. Вазодилатации сосудов к концу пробы способствовал и рост амплитуды  $A_э$  на 83%, что не замечено в группе девушек. Первые 280 секунд пробы увеличили у девушек амплитуду  $A_m$  на 13% и не изменили показатели амплитуды  $A_n$  при усилении НТ и МТ в два раза по сравнению с исходными данными, следующие 320 секунд вызвали уже падение показателя  $A_n$  на 31%,  $A_m$  – 25% при незначительном притоке артериальной крови и дальнейшем росте НТ.

Можно предположить, что динамическое равновесие между вазоконстрикторными и вазодилатирующими механизмами в группе юношей обеспечивает nutritивный кровоток, препятствующий холодным воздействиям. В группе девушек данный процесс нарушен в результате усиления нейрогенного влияния на артериолы, являющихся главными регуляторами локального кровотока и общего сосудистого сопротивления [2]. Участие адренергических механизмов, которое должно быть повышено в начальный период приспособления к холоду [10], у девушек, в силу не выявленных причин, сохраняется до конца пробы.

С целью оценки связи между изученными гемодинамическими показателями и психофизиологическими особенностями был проведен корреляционный анализ. Установлено, что корреляционные связи в основном средней силы ( $0.4 < r < 0.7$ ). В группе юношей ЧСС отрицательно связано с уровнем перфузии в красном спектре излучения при  $t^-$  и МТ  $t^-$  ( $r = -0.6$ ) (буквой  $t^-$  или  $t^+$  обозначены соответственно холодовая и тепловая пробы);  $VLF$ -волны – положительно с показателем  $A_э t^+$  ( $r = 0.8$ ) и  $A_с t^-$  ( $r = 0.9$ ); TP – с амплитудой  $A_с t^-$  и  $t^+$  ( $r = 0.7$ ). Наиболее информативными связями психофизиологических особенностей с показателями микроциркуляции являются: тип нервной системы – М в покое ( $r = -0.5$ ); число нажатий в Теппинг-тесте, отражающих подвижность нервных процессов, – МТ  $t^+$  ( $r = -0.6$ ) и  $A_m t^-$  ( $r = 0.5$ ); координация движений –  $A_э t^+$  ( $r = 0.6$ ). В группе девушек показатель ЧСС положительно связан с  $A_m$ ,  $A_n$  при  $t^-$  ( $r = 0.6$ ); амплитуда  $A_с$  в красном спектре излучения – с  $HF$ -волнами и TP положительно при  $r = 0.7$ , с  $VLF$ -волнами – отрицательно при  $r = -0.6$ ; тип нервной системы – с  $A_m t^-$  ( $r = 0.6$ ) и  $A_n t^+$  ( $r = 0.5$ ); координация движений – с МТ в условиях покоя и  $t^-$  ( $r = -0.6$ ), ПШ  $t^-$  и  $t^+$  ( $r = -0.5$ ). Подвижность нервных процессов, проверяемая в длительности прохождения теста на координацию, положительно связана с НТ и МТ в исходных условиях ( $r = 0.5$ ).

Таким образом, в одинаковых условиях в обеих группах наблюдается сходная динамика физиологических процессов. В покое повышенный уровень перфузии кровотока регистрируется у обследуемых лиц с низкими величинами силы нервных процессов и ЧСС, снижение амплитуды миогенных колебаний при комнатной и повышенной температуре – с подвижной нервной системой и сниженной координацией, при пониженной температуре – со слабой силой нервных процессов. Падение амплитуды нейрогенных колебаний при 22°C наблюдается на фоне экономизации работы сердца, при 45°C и 15°C – слабости и инертности НП соответственно. Дополнительно необходимо отметить, что возможным подтверждением управления энергометаболическими процессами  $VLF$ -волн и их активацией в стрессовых для организма ситуациях является сильная положительная корреляционная связь с амплитудой эндотелиального ритма при гипертермии и показателем  $A_с$  при гипотермии.

Проведенное исследование выявило в группе юношей, при удовлетворительном состоянии деятельности сердца, более оптимальную адаптационную реакцию на температурное воздействие. В группе девушек данный процесс нарушен в силу незна-

чительного усиления симпатического влияния на артериолы и миогенного - на прекапилляры, но возможным фактором устойчивости их организма к возникновению поражений сердечно-сосудистой системы является умеренное преобладание парасимпатического отдела ВНС и усиление притока артериальной крови в микрососудистое русло в условиях температурного стресса.

### Заключение

Выявлены особенности variability сердечного ритма и типологических свойств нервных процессов в их взаимосвязи с реакцией микроциркуляторного русла кожи пальцев рук в ответ на локальную гипер- и гипотермию в юношеском возрасте. Установлено, что у лиц обоего пола в условиях покоя наблюдается удовлетворительное состояние деятельности сердца, нормотония, средний тип нервной системы и достаточно высокая точность движений на фоне усиления миогенного и нейрогенного влияния на микрососуды при более сниженном уровне перфузии кровотока в группе девушек. Тепловая и холодовая пробы сопровождались в группе юношей оптимальным вазодилатирующим механизмом и ростом шунтового показателя, результатом которого явилось снижение тонуса сосудов, в группе девушек данный процесс нарушен усилением симпатических адренергических влияний на артериолы и компенсируется притоком артериальной крови к капиллярам.

Выявленные взаимосвязи между изученными параметрами указывают на повышение уровня кровотока, снижение амплитуд миогенных и нейрогенных колебаний в микрососудистом русле в покое и условиях повышенных и пониженных температур у обследуемых лиц с низкими величинами силы нервных процессов и точности двигательных реакций.

### Список литературы

1. Баевский Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиологических наук. – 2006. – Т. 37, № 3. – С. 42-57.
2. Поленов С.А. Основы микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т. 7. Вып. 25, № 1. – С. 5-19.
3. Покровский В.М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных. - Краснодар: Кубань-книга, 2007. – 144 с.
4. Физиология кровообращения: физиология сосудистой системы / Под ред. Б.И. Ткаченко: Руководство по физиологии. – Л.: Наука, 1984. – 652 с.
5. Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия: международный опыт и распространенные ошибки // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6. – Вып. 21, № 1 (I). – С. 90-92.
6. Факторный анализ в оценке variability сердечного ритма при ювенильной артериальной гипертонии / Уткин И.В., Воробьева Е.В., Жданова Л.А. и др. // Российский педиатрический журнал. – 2004. – № 2. – С. 6-11.
7. Сравнительные особенности variability сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах / Агаджанян Н.А., Батоцыренова Т.Е., Северин А.Е. и др. // Физиология человека. – Т. 33. – № 6. – С. 66-70.
8. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / Под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова: Руководство для врачей. – М.: Медицина, 2005. – 256 с.
9. Расстройства тканевого кровотока, их патогенез и классификация / Козлов В.И., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. и др. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6. – Вып. 21, № 1 (I). – С. 75-76.
10. Герасимова Л.И. Усиленная холод-индуцированная вазоконстрикция (феномен Рейно) как признак аварийного регулирования функций организма при адаптации к холоду // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6. – Вып. 21, № 1 (I). – С. 40-42.



## **THE CORRELATIONS OF THE MICROCIRCULATION INDICATORS AND THE HEMODYNAMICS SYSTEM OF YOUTHS WITH DIFFERENT PSYCHOPHYSIOLOGICAL TYPES**

**E.S. Tveritina,  
M.Z. Fedorova**

*Belgorod State University  
Pobedy Str, 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail:  
Fedorova@bsu.edu.ru*

The peculiarities of the reactions of the microcirculation system to temperature influence and their correlations with some parameters of heart rhythm variability and typological features of nervous processes during adolescence are shown. It is determined that persons of both sexes have similar hemodynamic and psychophysiological indicators. However, girls have intensive regulation of vascular system mechanisms that is caused by strengthening of sympathetic influence. It is revealed, that in the conditions of rest, local hypo- and hyperthermia the blood circulation level increases and the myogenic and neurogenic amplitudes fluctuations decrease in fingers skin vessels of the girls' and young men' hands with weak types and the inert nervous processes, with low coordination and low heart constrictions.

**Key words:** the microcirculation, the cardiovascular system, properties of nervous processes, age features.

## ХИМИЯ

УДК 543.54:547.973.633.88

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИИ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИМБИРЯ (*ZINGIBER OFFICINALE*)

**Н.Г. Габрук,  
Ле Ван Тхуан**

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

E-mail: Gabruk@bsu.edu.ru;  
thuansphoa27@yahoo.com

В работе спектрофотометрическим и хроматографическим методами исследован качественный состав биологически активных веществ имбиря. Уставлено, что в его состав входят фенольные соединения, обладающие высокой антиоксидантной активностью: рутин и 6-гингерол. Найдено, что в имбире содержится аскорбиновая кислота в количестве 45.68 мг/100 г имбиря, что соизмеримо с её количеством в цитрусовых.

Ключевые слова: имбирь, рутин, 6-гингерол, спектрофотометрия, тонкослойная хроматография.

#### Введение

Имбирь настоящий (*Zingiber officinale* Roscoe) – многолетнее травянистое растение семейства Имбирные (*Zingiberaceae*). *Корневище* имбиря имеет вид кругловатых, расположенных преимущественно в одной плоскости, пальчаторазделенных кусочков. Более 2000 лет известен как пряность, универсальное лекарство и лечебное средство, является одним из важнейших национальных продуктов стран юго-восточной Азии. Пряный, терпкий аромат имбиря обусловлен содержащимися в нем эфирными маслами (1/2-3%), а его жгучий вкус зависит от наличия фенольных соединений типа гингерола (основное соединение). Имбирь, как и другие лекарственные растения, содержит сложную смесь фармакологически активных компонентов, среди них бета-каротин, капсаицин, кофеиновая кислота, куркумин. Кроме этого в состав имбиря входят все незаменимые аминокислоты, включая триптофан, треонин, лейзин, метионин, фениланин, валин, соли магния, кальция, фосфора, а также различные витамины [1].

Имбирь относится к веществам растительного происхождения, стимулирующим процессы обмена веществ. Препятствует слипанию тромбоцитов, чем снижает риск возникновения инфаркта. Может использоваться при воспалительных процессах с целью снижения температуры, а также для профилактики и лечения мигрени [2]. Благодаря своим свойствам в последнее время имбирь становится объектом исследования ученых.

Цель данной работы состоит в том, чтобы с помощью спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии (ТСХ) провести идентификацию основных биологически активных веществ и определить количество аскорбиновой кислоты в имбире.



### Экспериментальная часть

Образцы имбиря привезены из центральной провинции Вьетнама и хранились в холодильнике. Высушивание образцов проводили воздушно-сухим способом.

Экстракт имбиря для исследования готовили следующим образом: навеску 10,00 г высушенных и измельченных частей имбиря помещали в круглодонную колбу и добавляли 100 мл 70%-ного этилового спирта. Кипятили в колбе с обратным холодильником на водяной бане в течение 15 мин. Настаивали 45 мин, процеживали и центрифугировали при 3000 об/мин. Полученный экстракт разбавляли 70%-ым этиловым спиртом до 100 мл [3].

С целью идентификации фенольных соединений спектрофотометрическим методом была использована реакция комплексообразования с раствором  $AlCl_3$  – эта реакция является селективной для фенольных соединений и дает батохромный сдвиг спектра [4]. Приготовленный водноспиртовой экстракт имбиря спектрофотометрировали на спектрометре Spесord 50 в диапазоне длин волн 200-500 нм до и после добавления равного объема 2% - ного раствора хлорида алюминия.

Для разделения и идентификации фенольных соединений применяли тонкослойную хроматографию на пластине «Силуфол» в системе растворителя: н-бутанол – ледяная уксусная кислота – вода (БУВ) в соотношении 5:1:4. В качестве свидетелей использовали ГСО рутин и кверцетин. Полученные хроматограммы проявляли 1%-ным спиртовым раствором хлорида алюминия. Рассчитывали значения  $R_f$

Качественное определение аскорбиновой кислоты в имбире проводили с использованием метода ТСХ. Система растворителей: этилацетат – ледяная уксусная кислота (80:20), проявитель – 2,6-дихлорфенолидофенолят натрия. Аскорбиновую кислоту обнаруживали в виде белого пятна на розовом фоне. Количество аскорбиновой кислоты определяли по ГОСТ 24556 – 89 [5]. Для этого, 10,00 г образца растирали с кварцевым песком и небольшими количествами экстрагирующего раствора соляной кислоты, переносили в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, смывая ступку и пестик небольшими порциями экстрагирующего раствора до тех пор, пока объем раствора не достигнет метки. Выдерживали в течение 10 мин, перемешивали и фильтровали. Затем в коническую колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносили 5 см<sup>3</sup> экстракта, доводили объем водой до 15 см<sup>3</sup> и титровали раствором 2,6-дихлорфенолидофенолята натрия до появления слабо - розовой окраски, исчезающей в течение 20-30 с. Одновременно проводили контрольное испытание. Содержание аскорбиновой кислоты (x) в миллиграммах на 100 г образца вычисляли по формуле:

$$x = \frac{T \cdot (V_2 - V_1) \cdot V_{эк} \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot V_a (100 - \omega)}$$

где  $T$  – титр раствора 2,6-дихлорфенолидофенолята натрия по раствору аскорбиновой кислоты мг/см<sup>3</sup>;

$V_1$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолидофенолята натрия, израсходованный на контрольное титрование, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолидофенолята натрия, израсходованный на титрование экстракта пробы, см<sup>3</sup>;

$V_{эк}$  – объем экстракта, полученный при экстрагировании аскорбиновой кислоты из навески продукта, см<sup>3</sup>;

$V_a$  – объем экстракта, используемый для титрования, см<sup>3</sup>;

$m$  – масса навески продукта, г;

$\omega$  – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Титр раствора 2,6-дихлорфенолидофенолята натрия устанавливали по стандартному раствору аскорбиновой кислоты в день проведения испытания. Для этого в мерной колбе на 50 см<sup>3</sup> растворяли несколько кристалликов (1-1,5 мг) аскорбиновой кислоты в 2%-ной серной кислоте, и доводили этой же кислотой до метки, тщательно перемешивали. В две конические колбы отбирали по 5 см<sup>3</sup> приготовленного раствора аскорбиновой кислоты и после добавления кристалликов  $KJ$  (около 5 - 10 мг) и 5 капель 1%-ного рас-

твора крахмала и титровали. Одну пробу титровали раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, другую – раствором  $C(1/6 KJO_3)$  0.001 М. Расчет титра раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия по аскорбиновой кислоте вели по формуле:

$$T = \frac{0,088 \cdot a}{b}$$

где  $T$  – количество миллиграммов аскорбиновой кислоты, соответствующее 1 см<sup>3</sup> раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия;

0.088 - масса аскорбиновой кислоты, соответствующая 1 см<sup>3</sup> 0.001 М раствора йодата калия, мг;

$a$  – объем раствора йодата калия, израсходованного на титрование, см<sup>3</sup>.

$b$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола, израсходованного на титрование, см<sup>3</sup>.

### Результаты и обсуждение

Идентификация фенольных соединений в составе имбиря была проведена на основе реакции комплексообразования с раствором хлорида алюминия. На рис. 1. представлены спектры поглощения водноспиртового экстракта имбиря. Как видно, имеются два максимума поглощения при длинах волн 270 и 360 нм, характерные для флавоноидов. При регистрации спектра поглощения экстракта имбиря с 2%-ным раствором  $AlCl_3$  наблюдали сдвиг в длинноволновую область спектра до 405 нм, что подтверждает присутствие фенольных соединений в имбире.

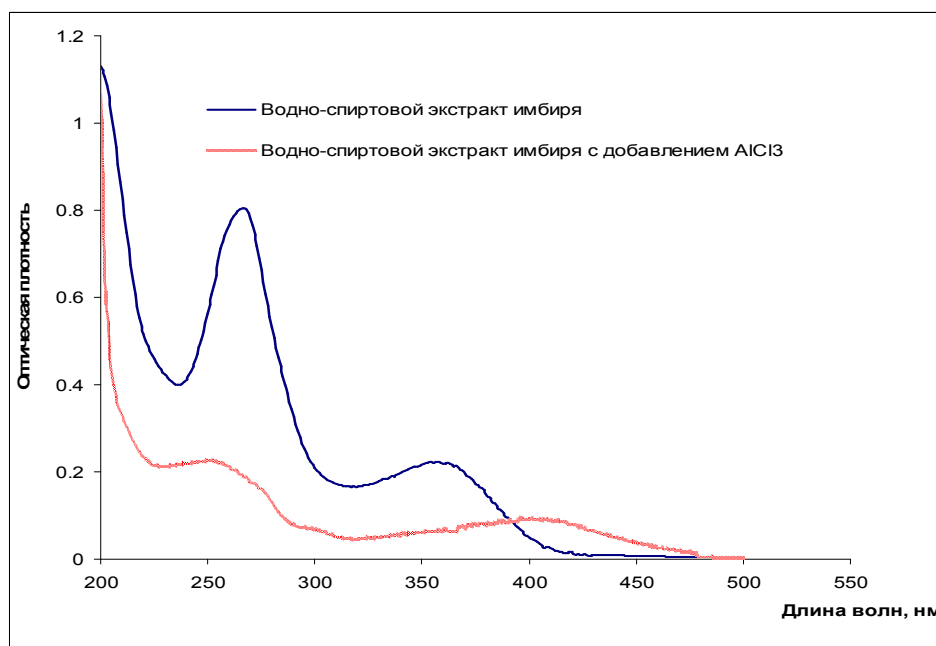


Рис. 1. УФ-спектры водноспиртового экстракта имбиря

Далее проводили ТСХ с целью препаративного выделения и идентификации фенольных соединений. В результате в видимом свете наблюдали 4 пятна коричневого оттенка (рис. 2а). После обработки проявляющим реагентом все пятна приобретали желто-оранжевую окраску. Расчет коэффициентов распределения позволил идентифицировать рутин ( $R_f = 0.58$ ), кварцетина в экстракте имбиря не обнаружено.

Для дальнейшей идентификации биологически активных веществ использовали технику концентрирования раствора с последующей УФ-спектроскопией. На линию “старта” пластики “Силуфол” наносили ряд проб исследуемого экстракта. В результате на хроматограмме получены 2 разделенные полосы (рис. 2б), среднее значение  $R_f$  которых совпало с коэффициентами распределения на рис. 2а.

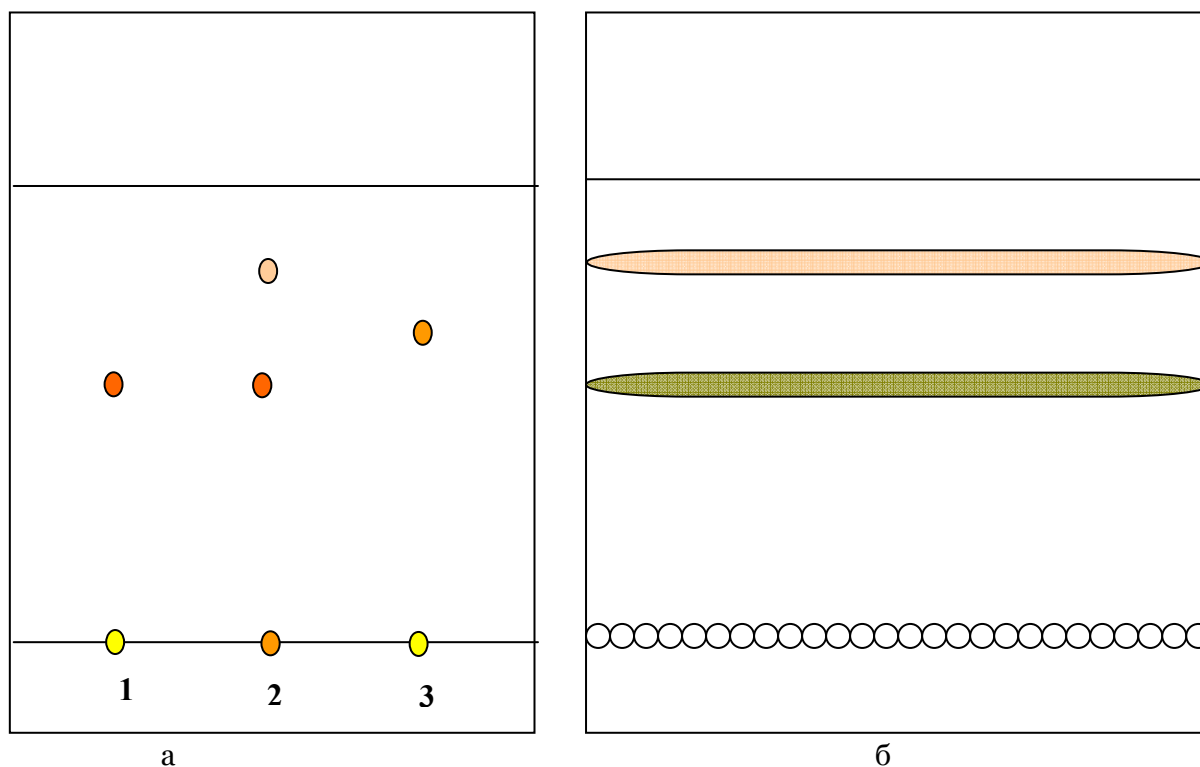


Рис. 2. Хроматограмма ТСХ-анализа водноспиртового экстракта имбиря  
1 – стандартный раствор рутина, 2 – водноспиртовой экстракт имбиря,  
3 – стандартный раствор кверцетина.

Затем соскабливали поочередно полосы, экстрагировали выделенные вещества спиртом и спектрофотометрировали в диапазоне длин волн 200 – 500 нм. Параллельно снимали спектр стандартного раствора рутина. Как видно, на рис.3 спектры выделенного (экстракт нижней полосы рис.2b) и стандартного рутина идентичны .

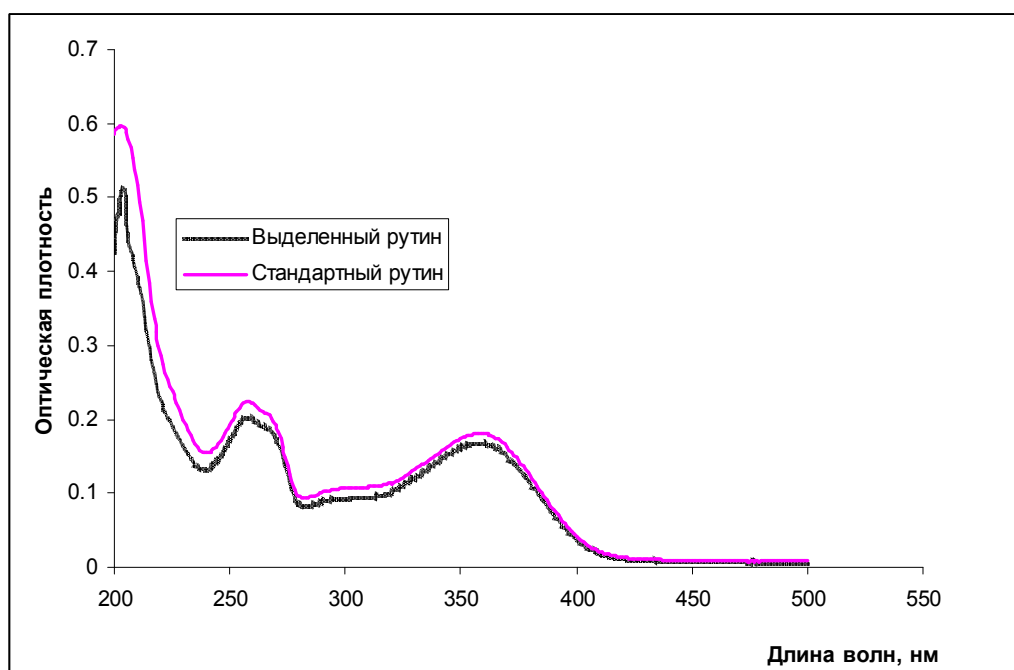


Рис. 3. УФ-спектр рутина



На рис. 4 представлен УФ-спектр соединения, выделенного из верхней полосы (рис 2б), и не идентифицированного по величине  $R_f$ . Полученный спектр имеет максимум поглощения при 284 нм, что согласуется с литературными данными для спектров основного компонента имбиря 6-гингерол [6]. Таким образом, с помощью метода ТСХ удалось выделить рутин и 6-гингерол из экстракта имбиря.

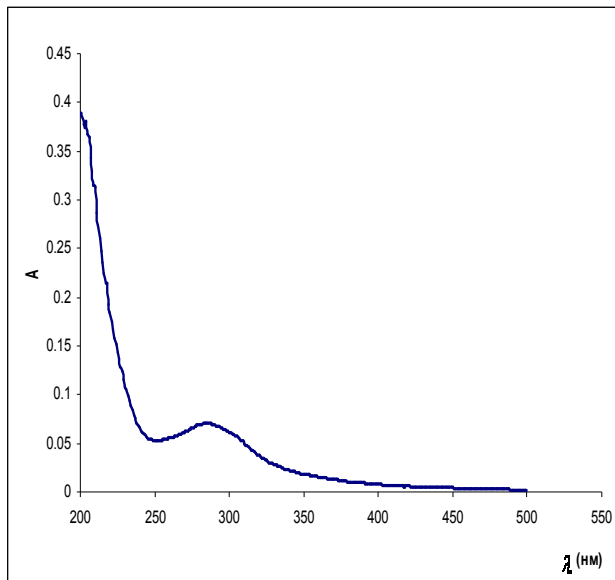
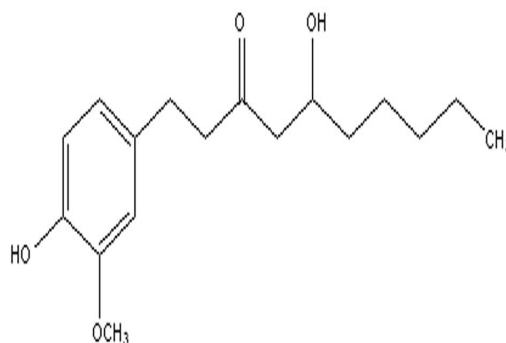


Рис. 4. УФ-спектр 6-гингерола



Структура 6-гингерола [6]

Ценность имбиря определяется не только содержанием фенольных соединений, но и большим количеством в нем витаминов, особенно витамин С, который является мощным антиоксидантом. Присутствие аскорбиновой кислоты в имбире было обнаружено методом ТСХ, проявляющий реагент 1%-ный раствор 2,6-дихлорфенолиндофенолят натрия,  $R_f = 0.51$ .

Количественно аскорбиновую кислоту в имбире определяли методом объемного титрования раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. Метод отличается высокой воспроизводимостью и хорошей сходимостью. В таблице 1 представлены метрологические характеристики результатов анализа.

Таблица 1

Содержания аскорбиновой кислоты в имбире ( $p = 0.95$ )

$V_a$ , мл	5		10		15		$\bar{X}$	$S_r$	$\bar{x} \pm \Delta x$ , мг/100г
$V_{эк} = 100$ мл	$V_2$	$V_1$	$V_2$	$V_1$	$V_2$	$V_1$			
Объем титранта, мл	0.33	0.08	0.64	0.16	1.04	0.30	45.68	1.66	45.68 ± 0.06
	0.31	0.01	0.64	0.15	1.01	0.27			
$V_{ср}$	0.32	0.09	0.64	0.16	1.03	0.29			
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	43.82		46.22		47.01		45.68		

Как видно, количество аскорбиновой кислоты в имбире составляет  $45.68 \pm 0.06$  мг/100 г имбиря, что соизмеримо с ее содержанием в апельсинах и лимонах (50 мг/100 г) и в 2 раза превышает ее содержание в яблоках (20 мг/100 г) [7].

### Выводы

Таким образом, методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии исследован качественный состав биологически активных веществ имбиря. Установлено, что в его состав входят фенольные соединения, обладающие высокой био-



химической и физиологической активностью: рутин и 6-гингерол. Содержание аскорбиновой кислоты составляет 45.68 мг/100 г имбиря, что в 2 раза превышает соответствующее значение для яблок и соизмеримо с содержанием аскорбиновой кислоты в цитрусовых.

### Список литературы

1. Самченко О.Н., Чижикова О.Г. использование пряностей семейства Имбирные в качестве источника биологических активных веществ в изделиях из муки // Вестник ТГЭУ. – 2008. № 4. – С. 67-72.
2. Шретер А.И., Валентинов Б.Г., Наумова Э.М. Природное сырьё китайской медицины. Т. 1. – М., 2000. – 525 с.
3. Турова Е.Н. и др. Применение электрогенерированного брома для оценки интегральной антиоксидантной способности лекарственного растительного сырья и препаратов на его основе // Журнал аналитической химии. – 2002. – № 6. – Т. 57. – с. 666-670.
4. Бекетов Е.В, Абрамов А.А и др. Идентификация и количественная оценка флавоноидов в плодах черемухи обыкновенной/ Вестник МГУ. 2005. № 4. Т 46. – С. 259-262.
5. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – 1990.
6. Sujay Rai, KakaliMukherjee, MainakMal, AtulWahile, Bishnu Pada Saha, Pulok K.Mukherjee. Determination of 6-gingerol in ginger (*Zingiber officinale*) using high performance thin-layer chromatography // School of Natural Product Studies, Department of Pharmaceutical Technology, Jadavpur University, Kolkata, India – 2006. – P. 2292-2295.
7. Энциклопедия витаминов. <http://www.vitamini.ru/encyclopedia/info.aspx?id=13>.

## IDENTIFICATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN GINGER (ZINGIBER OFFICINALE) WITH INSTRUMENTAL METHODS

**N.G Gabruk,  
Le Van Thuan**

Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: Gabruk@bsu.edu.ru  
thuansphoa27@yahoo.com

In this paper the qualitative composition of biologically active compounds of ginger is studied with spectrophotometry and chromatography methods. The result shows that ginger consists of phenolic compounds with high antioxidant activity: rutin and 6-gingerol. We found that ginger contains ascorbic acid with the amount of ginger 45.68 mg/100g; this value is proportional to citrus plants.

Keywords: Ginger, rutin, 6-gingerol, spectrophotometry, thin layer chromatography.

## КАРОТИНОИДЫ, ХЛОРОГЕНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ДРУГИЕ ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПЛОДОВ РЯБИНЫ

**И.А. Гостищев,  
В.И. Дейнека,  
И.П. Анисимович,  
М.Ю. Третьяков,  
П.А. Мясникова,  
Л.А. Дейнека,  
В.Н. Сорокопудов**

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

E-mail: [deineka@bsu.edu.ru](mailto:deineka@bsu.edu.ru)

В работе представлен краткий обзор биологически активных веществ плодов растений рода рябина и собственные исследования содержания некоторых из них в плодах, выращенных в условиях города Белгорода. Установлено, что основными каротиноидами плодов являются  $\beta$ -каротин и эфиры  $\beta$ -криптоксантина, а среди хлорогеновых кислот обычно преобладает 5-кофеилхинная кислота.

Ключевые слова: природные соединения, каротиноиды, хлорогеновые кислоты, плоды, рябина.

### Введение

Рябина (*Sorbus L.*) – род листопадных морозостойких кустарников и деревьев из семейства Розоцветных (*Rosaceae*). В Европе род Рябина подразделяется на пять видов: *Sorbus aria*, *S. aucuparia*, *S. torminalis*, *S. chamaemespilus* и *S. domestica* [1].

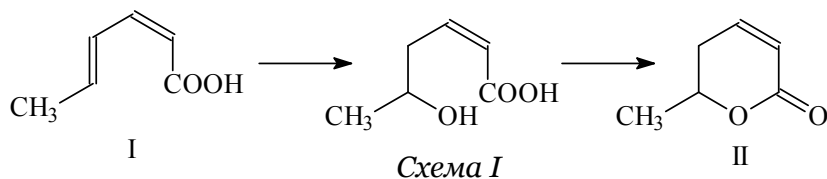
Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*) является не только обычным и привычным растением нашего региона, но и входит в число лекарственных растений, признанных официальной медициной [2, 3]; на высушенные зрелые плоды распространяется ГОСТ 6714-74 «Плоды рябины обыкновенной» с назначением – поливитаминное средство [4]. Плоды рябины обыкновенной оказывают противогрибковое, диуретическое и желчегонное действие; их используют для профилактики и лечения авитаминозов. Плоды рябины имеют большое значение для зимнего питания птиц: отмечено [5], что снегири зимой мигрируют из Финляндии и Норвегии в сезоны с низкой урожайностью плодов этого растения.

На Интернет-сайте «Загородная жизнь» (<http://www.countrysideliving.net/>) в статье, посвященной рябине, отмечается, что с языческих времен она была частью жизни и культуры кельтских, скандинавских и славянских племен. В их поверьях рябина наделялась магической силой, способной покровительствовать воинам во время войны, защищать от мира мертвых, а также предохранять от колдовства. С целью защиты от сглаза делали кресты из прутьев рябины, которые перевязывали красной ниткой и пришивали к одежде. Но это относится к фольклорной значимости рябины, а научная ценность растения и его плодов, очевидно, связана с накоплением комплекса биологически активных веществ [6].

**Аскорбиновая кислота.** Анализ механизмов биологической активности различных соединений чаще всего приводит к выводу о том, что основное свойство, обеспечивающее эту активность, связано с антиоксидантным действием соответствующих соединений. В этом отношении роль аскорбиновой кислоты (витамина С) трудно переоценить. По ее содержанию плоды рябины уступают плодам и шиповника и черной смородины, накапливая 80 – 120 мг этого витамина на 100 г свежих плодов [7], но при высокой суммарной урожайности (до 15 тонн с гектара насаждений при расстоянии между деревьями 5 м), плоды могут считаться существенным природным источником витамина С.

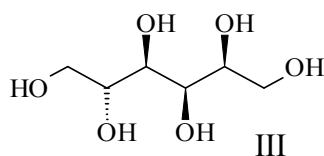
**Сорбиновая кислота** (2*E*,4*E*-гексадиеновая кислота, **I**, схема I) была впервые выделена А.И. Ван Гоффманом из плодов рябины красной в 1859 году. Её антимикробные свойства были обнаружены в 1940 году, а в 1959 во Франции и в 1971 году в Германии сорбиновая кислота и ее калиевая соль получили разрешение на использование в качестве пищевых консервантов (E200). [8, 9]. Вследствие физиологической безопасности и органолептической нейтральности сорбиновую кислоту всё чаще предпочитают другим консервантам.

Однако, при гидратации сорбиновой кислоты по одной из двойных связей образуется гидроксикислота, – продукт, легко циклизирующийся в так называемую парасорбиновую кислоту (**II**, схема I).



**Парасорбиновая** (*Parasorbic acid*, D-лактон 5-гидрокси-2-гексеновой кислоты, **II**, схема II) кислота обладает канцерогенными свойствами [10, 11], поэтому контроль содержания этого вещества в промышленных образцах сорбиновой кислоты (консерванта для пищевой промышленности) представляет не только научный интерес [12]. Однако метаболизм сорбиновой кислоты в организме человека проходит через гидратацию другой двойной связи на первой стадии с образованием 3-гидроксипроизводного [13].

Сорбит (сорбитол, **III**, схема II) синтезируется в плодах многих растений, накапливаясь в плодах рябины вплоть до 5.3 мг на 1 г свежих плодов [14]. Это вещество часто используют в качестве пищевого подсластителя; при использовании в сиропах от кашля на этикетках его обычно указывают как неактивный ингредиент. Экспериментально подтверждена эффективность сорбита как заменителя сахара в жевательной резинке для предотвращения развития кариеса [15], но в работе М.С. Бадига и др. [16] было установлено, что употребление 10 г сорбитола, рекомендуемого в качестве заменителя сахара для диабетиков, приводит к заболеванию диареей порядка 80% пациентов, и примерно такой же эффект он оказывает на здоровых людей, что может привести к значительной потере веса тела [17].



Интенсивные исследования с применением самых современных аналитических технологий были выполнены недавно греческими учеными по определению химического состава плодов рябины садовой, *S. domestica*, вида данного рода особенно связанного с Грецией (англоязычное название вида – «Greek Service tree» в отличие от «Rowanberry tree» – для *S. aucuparia*) [18 – 20]. Они установили, что антиоксидантная активность экстрактов плодов этого растения коррелирует с содержанием полифенольных соединений. При этом основными полифенольными компонентами являются бензойные, фенолпропановые и коричные кислоты; доля флавоноидов снижается при созревании плодов.

**Флавоноиды.** Наличие в плодах различных видов рябин [19–21] производных кемпферола (**IV**, схема III), кверцетина (**V**) и изорамнетина (**VI**) свидетельствует о проявлении активности 3'-гидроксилазы и метилтрансферазы в цепи метаболизма флавоноидов, что довольно обычно для целого ряда растений, но вот биосинтез сексангуля-

ретина (VII) довольно необычен и подчеркивает биохимическую особенность рябин. Впрочем, в работе испанских исследователей [22] в соке плодов *S. aucuparia* было обнаружено лишь шесть производных кверцетина и два – кемпферола при суммарном содержании флавонолов 291 мг/л, из которых более 78% приходилось на 3-дигликозиды кверцетина. Но при этом содержание изомеров кофеилхинных кислот примерно втрое (817 мг/л) выше, чем флавонолов.

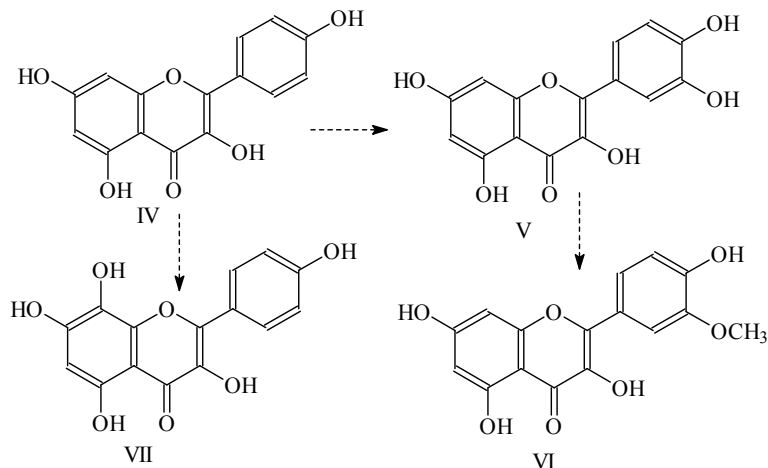


Схема III

**Кофеилхинные кислоты.** В одной из наших предыдущих работ [23] отмечалось довольно вольное употребление термина хлорогеновая кислота при описании содержания фенолокислот в растительных объектах. Известно сообщение [22] о наличии неохлорогеновой кислоты (более слабо удерживаемый в условиях обращено-фазовой ВЭЖХ изомер), которой примерно вдвое меньше по сравнению с сильнее удерживаемым изомером, названным авторами хлорогеновой кислотой. Эти соединения в соответствии с фундаментальной работой [24] должны быть идентифицированы как 3-кофеилхинная (VIII, неохлорогеновая, схема IV) и 5-кофеилхинная (IX, хлорогеновая) кислоты.

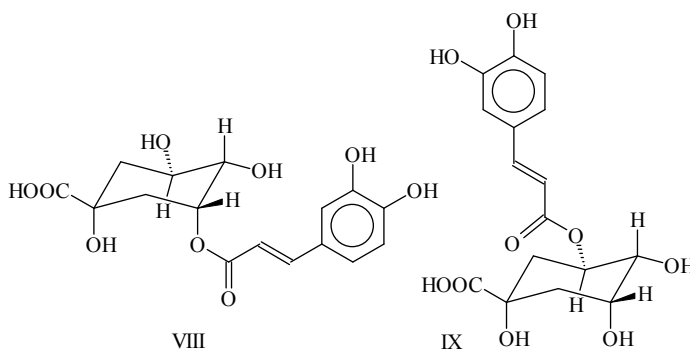


Схема IV

Впрочем, из плодов *S. tianshanica* (рябина тяньшаньская, «Tien-Shan mountain ash») [25] удалось выделить только один изомер, определенный авторами как 5-кофеилхинная кислота.

Красная окраска плодов рябины может быть связана с наличием двух важнейших биологические активных соединений – антоцианов и/или каротиноидов.

**Антоцианы.** По содержанию антоцианов плоды рябин (13.6 мг на 100 г свежих плодов) примерно вдвое уступают даже таким небогатым источникам этих соединений, как красная смородина [26], причем основными компонентами являются производные цианидина [26, 27]: цианидина-3-галактозид, цианидина-3-глюкозид и цианидина-3-арабинозид, как и для всех остальных представителей трибы яблоневые



семейства розоцветные. Но биосинтез антоцианов существенно усиливается у гибридов видов *Sorbus* с растениями других родов трибы, например, гибрид *S. aucuparia* × [*S. aria* (L.) Crantz × *Aronia arbutifolia* (L.) Pers.] накапливает более 180 мг антоцианов на 100 г свежих плодов.

**Каротиноиды.** Классик биохимических исследований Тревор Гудвин в 1956 году сообщил, что биосинтез каротиноидов в плодах *S. aucuparia* достигает 120 мкг на 1 г свежего материала, из которых 38% приходится на каротины [28]. Но при исследовании плодов этого же вида, выращенных в окрестностях Рязани [29], было установлено, что основные компоненты каротиноидного комплекса – 6.2 мг%  $\alpha$ -каротина, 3.3 мг% изомера (по-видимому 9-цис)  $\beta$ -каротина, 3.8 мг%  $\beta$ -каротина, 1.4 мг% проликопина (9-цис, 9'цис-ликопина) и 1.6 мг%  $\zeta$ -каротина на абсолютно сухую массу. Но в еще одной публикации [30] докладывается об обнаружении фитофлуина,  $\alpha$ -каротина и  $\beta$ -каротина, криптоксантина и ряд других веществ, включающих продукты эпокси-дирования.

В настоящей работе в рамках выполнения Госконтракта П-174 исследовали каротиноидный состав и уровень накопления хлорогеновых кислот в плодах рябин, выращенных в условиях города Белгорода с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии. Отметим, что в цитированных работах по определению каротиноидов использовались более простые и менее информативные хроматографические методы.

### Экспериментальная часть

Для обращено-фазовой ВЭЖХ использовали хроматографическую систему, составленную из насоса Beckman 110B, крана дозатора Rheodyne 7125 с петлей объемом 20 мкл, детектора LC/9563 Nicolet, длина волны детектирования 445 нм. Для регистрации и обработки хроматограмм использовали ПП Мультихром 1.5 (Ampersand Ltd. 2005). Хроматографические условия: колонка 250×4.6 мм, Кромасил-100-С18, 5 мкм; подвижные фазы системы «ацетонитрил – ацетон», скорость подачи элюента 1 мл/мин. Спектрофотометрические исследования выполняли в кварцевых кюветках с использованием спектрофотометра СФ-56.

Тонкослойную хроматографию проводили с использованием силикагелевых пластин «Сорбфил» на алюминиевой фольге в элюентах на основе петролейного эфира или *n*-гексан с добавками ацетона.

Каротиноиды экстрагировали из измельченных с кварцевым песком плодов ацетоном (трижды последовательными порциями) до обесцвечивания исходного материала. Плоды собирали с растений, свободно произрастающих в г. Белгороде и в ботаническом саду БелГУ.

Хлорогеновые кислоты из растертой с песком навески плодов массой около 1 г экстрагировали 10 мл смеси, состоящей из ацетонитрила и ледяной уксусной кислоты (10:1), центрифугировали, после отгонки растворителя из центрифугата сухой остаток растворяли в 5 мл элюента (10% ацетонитрил, 0.5% уксусная кислота), отфильтровывали и вводили в хроматографическую систему.

Аскорбиновую кислоту определяли иодид-тиосульфатным методом.

### Результаты и их обсуждение

Спектрофотометрические исследования ацетонового экстракта плодов рябины свидетельствовали о том, что основными компонентами каротиноидного комплекса являются вещества, которые можно отнести к ряду  $\beta$ -каротина, схема V.

В этом ряду последовательное гидроксирование 3- (и 3'-) положений циклогексеновых концевых фрагментов под действием бета-каротин-гидроксилазы при переходе от  $\beta$ -каротина через  $\beta$ -криптоксантин до зеаксантина не изменяет степени сопряжения двойных связей и вследствие ослабленной метиленовой группой индуктивного эффекта не может серьезно сказаться на положении максимумов в электронном спектре соединений.

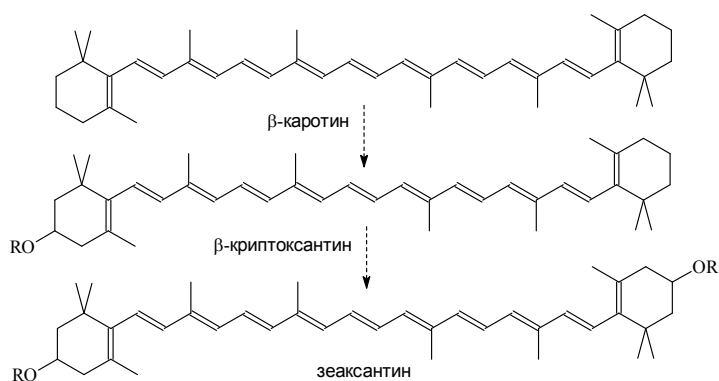


Схема V

Действительно, в спектре экстракта плодов рябины, полученного в настоящей работе (спектр 1 на рис. 1), максимальная абсорбция наблюдается при 450 нм, что соответствует литературным данным по спектру  $\beta$ -каротина [31], и максимуму в спектрах  $\beta$ -криптоксантина пальмитата (спектр 2, рис. 1) и зеаксантина дипальмитата (спектр 3, рис. 1), выделенных из экстракта чашечек *Physalis alkekengi* [32]. В спектре диэфиров лютеина (спектр 4, рис. 1), выделенных из цветков *Tagetes* sp. [33], максимум заметно смещен в коротковолновую область (445 нм), что, во-первых, свидетельствует о выходе одной двойной связи из цепи сопряжения, и, во-вторых, о том, что сопряжение этой конечной двойной связи в исходной молекуле  $\beta$ -каротина с остальной полиеновой цепью не полное из-за нарушения копланарности двойных связей вследствие стерических напряжений между метильной группой у атома углерода № 5 и атома водорода у атома углерода № 8, рис. 2.

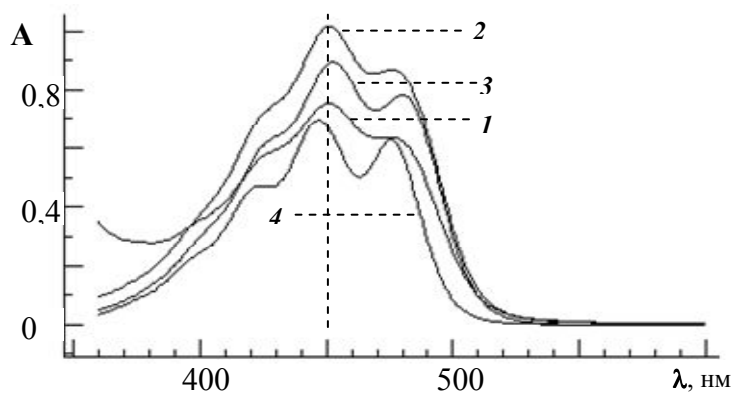


Рис. 1. Электронные спектры каротиноидов  
1 – экстракт рябины, 2 –  $\beta$ -криптоксантин, 3 – зеаксантин, 4 – лютеин

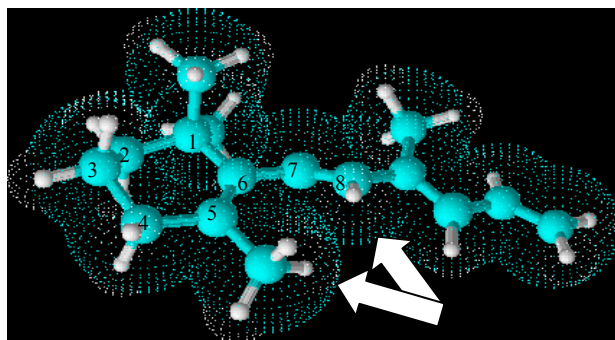


Рис. 2. Стерические напряжения в  $\beta$ -каротине и родственных соединениях



По литературным данным суммарное содержание каротиноидов в плодах рябины сибирской (г. Томск, [34]) составляет  $8.8 \pm 2.2$  мг на 100 г, 16.3 мг на 100 г сухих плодов для рябины обыкновенной, выращенной в Рязани [29].

В настоящей работе при пересчете на  $\beta$ -каротин найдено  $9.6 \div 12.9$  мг на 100 г свежих плодов, собранных в августе, причем содержание немного возросло в указанном диапазоне при изменении внешней окраски плодов от светло-оранжевой до красной. При определении каротиноидов в плодах некоторых видов рябины, собранных в Ботаническом саду БелГУ в середине ноября, получены близкие результаты, хотя расчет приведен на свежие плоды без семян, табл. 1.

При сушке плодов рябины обыкновенной на воздухе вне доступа прямого солнечного света содержание каротиноидов составляло  $26 \div 32$  мг на 100 г плодов, в то время как в плодах, приобретенных в аптеке, было найдено почти в полтора раза меньше:  $17.2 \div 18.2$  мг на 100 г плодов

Для уточнения качественного состава каротиноидов мы использовали обращенно-фазовую ВЭЖХ и частично омыленные экстракты плодов физалиса и цветков бархатцев. На хроматограмме, рис. 3, основным компонентом является пик, соответствующий не разделяющимся в этих условиях каротинам, и пики эфиров  $\beta$ -криптоксантина, среди которых преобладает лаурат, как это может быть определено по инкрементному подходу [35].

Таблица 1

**Общее содержание каротиноидов (в пересчете на  $\beta$ -каротин) в плодах некоторых видов рябин из коллекции Ботанического сада БелГУ**

Вид рябины	с*, мг на 100 г
Р. приземистая (мушмуловая) – <i>Sorbus chamaemespilus</i>	7.45
Р. промежуточная (шведская) – <i>S. intermedia</i> (Ehrh.) Pers	9.25
Р. сибирская – <i>S. sibirica</i> Hedl. – <i>S. aucuparia</i> subsp. <i>sibirica</i> (Hedl.) Kryl.	10.9
Р. обыкновенная – <i>S. aucuparia</i>	$17.8 \div 21.5$
Гибрид приземистой и промежуточной – <i>Sorbus</i> × <i>hostii</i> = <i>S. chamaemespilus</i> × <i>S. mougotii</i>	18.2
Рябинокизилник Позднякова - <i>Sorbocotoneaster Pozdnjakovii</i> Pojark	33.7

с\* – содержание каротиноидов.

Кроме того, видна большая группа минорных компонент различного строения – от диэфиров ксантофиллов, их изомеров до моноэфиров и неэтерифицированных соединений. В сумме на производные  $\beta$ -криптоксантина приходится порядка 20% по площадям пиков. Для выяснения состава каротинов использовали сравнение с экстрактом корнеплодов моркови, рис. 4.

Каротиноидный комплекс по хроматографической подвижности в условиях нормально-фазовой тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинах Сорбфил разделяется на несколько фракций. Спектр наиболее подвижной из них имеет  $\lambda_{\max} = 449$  нм, что ближе (по литературным данным) к спектру  $\beta$ -каротина, а не к  $\alpha$ -изомеру. Спектр второй фракции соответствует  $\beta$ -криптоксантину, точнее, как это следует из хроматографической подвижности и результатам омыления – моноэфирам  $\beta$ -криптоксантина. Меньшей хроматографической подвижностью обладают фракции более окисленных ксантофиллов. В относительно медленных элюентах существует возможность дифференциации изомеров каротинов; это позволило установить, что доля  $\alpha$ -каротина (пик № 1, рис. 4) в сумме каротинов плодов *S. aucuparia* не превышает 10% и немногим больше содержание изомера  $\beta$ -каротина, что не соответствует результатам, приведенным в работе [29].

Содержание хлорогеновых кислот определяли в плодах различных видов рябин, собранных после наступления заморозков, и различия оказались значительными, рис. 5, табл. 2.



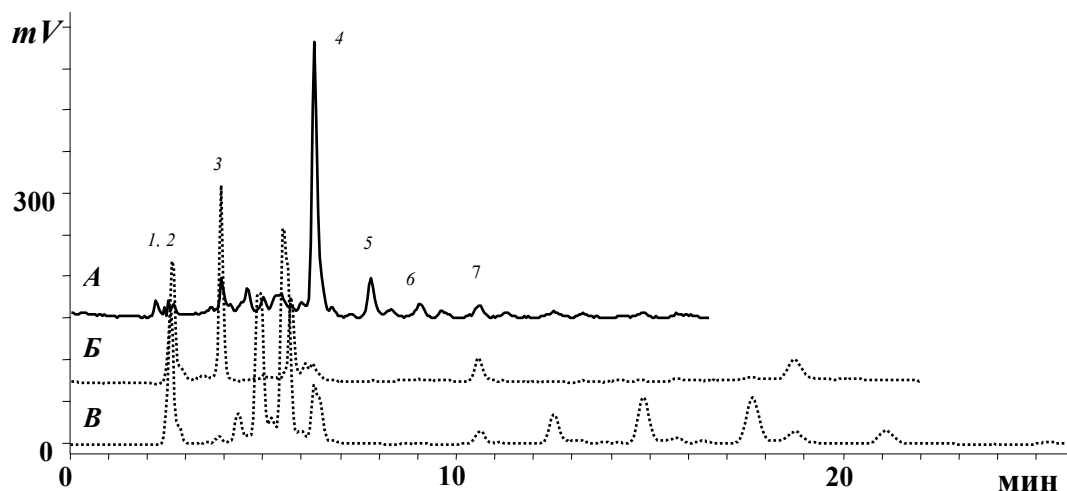


Рис. 3. Разделение каротиноидов условиях обращено-фазовой ВЭЖХ  
**A** – экстракт рябины; **Б** – частично омыленный экстракт физалиса; **В** – частично омыленный экстракт бархатцев; колонка: 250×4.6 мм, Кромасил-100-С18, 5 мкм, подвижная фаза: 15 об. %  $CH_3CN$  в ацетоне; 1 мл/мин; детектор - 445 нм. 1, 2 – лютеин и зеаксантин; 3 –  $\beta$ -криптоксантин; 4 –  $\beta$ -каротин, 5, 6 и 7 – эфиры  $\beta$ -криптоксантина

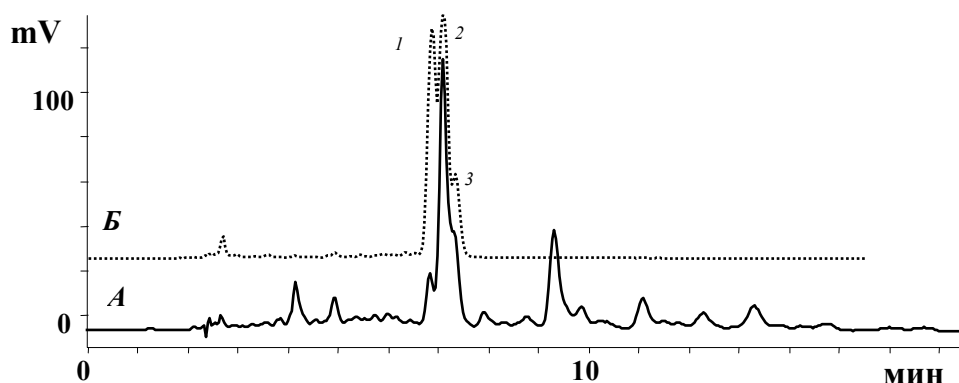


Рис. 4. Разделение каротинов в условиях обращено-фазовой ВЭЖХ  
**A** – экстракт плодов рябины, **Б** – экстракт корнеплодов моркови. 1 –  $\alpha$ -каротин, 2 –  $\beta$ -каротин; 3 – изомер  $\beta$ -каротина

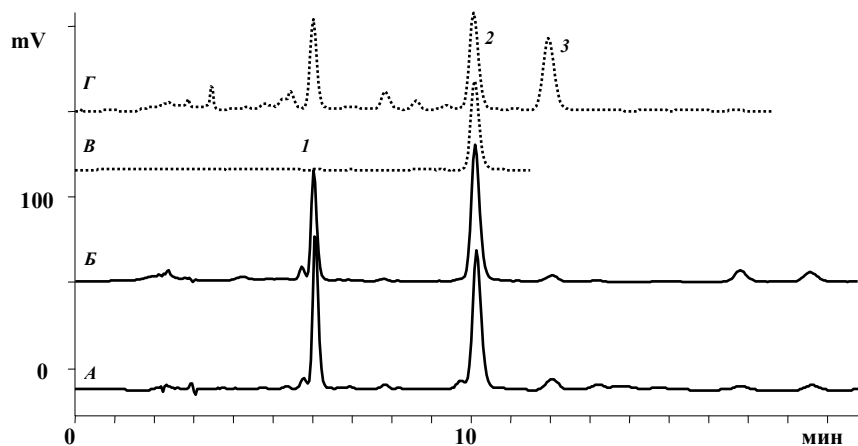


Рис. 5. Разделение кофеилхиновых кислот  
**A** – экстракт плодов рябины *S. aucuparia f. pendula*; **Б** - *S. aucuparia*; **В** – стандартный раствор хлорогеновой (5-кофеилхиновой) кислоты; **Г** – экстракт кофе Chibo exclusive. 1 – 3-кофеилхиновая, 2 – 5-кофеилхиновая и 3 – 4-кофеилхиновая кислоты



На хроматограмме видны два основных компонента (3- и 5-кофеоилхинные кислоты) ряд других веществ, среди которых можно выделить предположительно (по сопоставлению с хроматограммой экстракта кофе как источника всех этих трех изомеров) 4-кофеоилхинную кислоту. Во всех исследованных образцах (кроме плодов рябинокизилника Позднякова) основным изомером была 5-кофеоилхинная кислота – 50-65% от суммы хлорогеновых кислот и лишь в случае рябинокизилника доля 3-кофеоилхинной кислоты немного выше остальных – 47.5% (на 5-кофеоилхинную кислоту приходится 46%). При этом на долю 4-кофеоилхинной кислоты приходится лишь от четырех до семи процентов от суммы изомеров.

Таблица 2

**Общее содержание хлорогеновых кислот в плодах некоторых видов рябин из коллекции Ботанического сада БелГУ\***

Вид рябины	с, мг на 100 г
Р. приземистая (мушмуловая) – <i>Sorbus chamaemespilus</i>	следы
Р. повислая – <i>S. aucuparia f. pendula</i>	26.1
Р. сибирская – <i>S. sibirica</i> Hedl. – <i>S. aucuparia subsp. sibirica</i> (Hedl.) Kryn.	72.8
Р. обыкновенная – <i>S. aucuparia</i>	26.1
Гибрид приземистой и промежуточной – <i>Sorbus × hostii = S. chamaemespilus × S. mougotii</i>	2.8
Рябинокизилник Позднякова – <i>Sorbocotoneaster Pozdnjakovii</i> Pojark	16.7

\* – Плоды собраны в декабре 2009 года.

В целом же относительно небольшое количество хлорогеновых кислот в сравнении с литературными данными [27] может быть связано с их разрушением в плодах в условиях нестабильных погодных условий (чередование сильных холодов и оттепелей), что подтверждается и относительно небольшим содержанием аскорбиновой кислоты – не более 30 мг на 100 г для лучших из исследованных образцов.

### Заключение

Таким образом, плоды рябин, выращенных в условиях Белгорода, являются хорошим источником каротиноидов, представленных в основном  $\beta$ -каротином и эфирами  $\beta$ -криптоксантина, хлорогеновых кислот, состоящих в основном из двух изомеров (3- и 5-кофеоилхинных кислот), содержание которых различно в различных видах рода *Sorbus*. Поэтому для выбора видов рябин и оптимальных сортов и сроков сбора плодов необходимы дальнейшие исследования динамики и уровня их накопления в процессе созревания.

### Список литературы

1. Nelson-Jones E.B., Briggs D., Smith A.G. The origin of intermediate species of the genus *Sorbus* // Theor. Appl. Genet. – 2002. – Vol. 105. – P. 953–963.
2. Носовская Т.Д. Лечебные свойства рябины обыкновенной // Провизор. – 2000. – № 6. <http://www.provisor.com.ua/archive/2000/N6/ryabina.php>.
3. Журба О.В., Дмитриев М.Я. Лекарственные ядовитые и вредные растения. – М.: КолосС, 2005. – 512 с.
4. Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик. Одиннадцатое издание. Выпуск 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – М.: Медицина, 1990. – 385 с.
5. Fox A.D., Kobro S., Lehtikoinen A., Lyngs P., Väisänen R.A. Northern Bullfinch *Pyrrhula p. pyrrhula* irruptive behavior linked to rowanberry *Sorbus aucuparia* abundance // Ornis Fennica. – 2009. – Vol. 86. – P. 51–60.
6. Чукуриди С.С. Практическая ценность интродуцентов семейства Rosaceae // Научный электронный журнал КубГАУ. – 2004. – № 2 (4). <http://ej.kubagro.ru/2004/02/16/p16.asp>

7. The Encyclopedia of fruit and nuts / Ed. By Jules Janic and Robert E. Paull. CAB International. – Cambridge University Press, Cambridge, 2008. – P. 757-758.
8. Stopforth J.D., Sofos J.N., Busta F.F. Sorbic acid and Sorbates / In “Antimicrobials in food. Ed. By P. Michael Davidson, John N. Sofos, A.L. Branen. CRC. Taylor & Francis Group, 2005. – P. 49-90.
9. Winkler C., Frick B., Schroecksadel K., Schennach H., Fuchs D. Food preservatives sodium sulfite and sorbic acid suppress mitogen-stimulated peripheral blood mononuclear cells // Food and Chemical Toxicology. – 2006. – Vol. 44. – P. 2003–2007.
10. Stevenson R., Weber J.V. Synthesis of (±)-Parasorbic Acid and (±)-Massoilactone from Meldrum's Acid // J. Nat. Prod. – 1988. – Vol. 51 (6). – P. 1215–1219.
11. Ciegler A., Detroy R.W., Lillehoj E.B. Chapter 6. Patulin, penicillinic acid and other carcinogenic lactones. // Microbial toxins. – 1971. – Vol. 6. – P. 409-434.
12. Murphy J.M., Wardleworth D.F. Improved method for the estimation of parasorbic acid in sorbic acid // J. Sci. Food Agric. – 1972. – Vol. 24 (2). – P. 253-255.
13. Luck E., Jager M. Antimicrobial food additives. Characteristics, uses, effects. Ed. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1980. – 159 p.
14. Mäkinen K.K., Söderling E. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol, xylose in berries and commercial fruits // J. Food Sci. – 1979. – Vol. 45 (2). – P. 367-371.
15. Burt B.A. The use of sorbitol- and xylitol-sweetened chewing gum in caries control // J. Amer. Dental Assoc. – 2006. – Vol. 137. – P. 190-196.
16. Badiga M.S., Jain N.K., Casanova C., Pitchumoni C.S. Diarrhea in diabetics: the role of sorbitol // J. Amer. College Nutr. – 1990. – Vol. 9, № 6. – P. 578-582.
17. Bauditz J., Norman K., Biering H., Lochs H., Pirlich M. Severe weight loss caused by chewing gum // Brit. Med. J. – 2008. – Vol. 336. – P. 96-97.
18. Termentzi A., Kefalas P., Kokkalou E. Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sorbus domestica* fruits at different maturity stages // Food Chem. – 2006. – Vol. 98. – P. 599-608.
19. Termentzi A., Kefalas P., Kokkalou E. LC–DAD–MS (ESI+) analysis of the phenolic content of *Sorbus domestica* fruits in relation to their maturity stage // Food Chem. – 2008. – Vol. 106. – P. 1234-1245.
20. Termentzi A., Zervou M., Kokkalou E. Isolation and structure elucidation of novel phenolic constituents from *Sorbus domestica* fruits // Food Chem. – 2009. – Vol. 116. – P. 371-381.
21. Olszewska M. Separation of quercetin, sexangularetin, kaempferol and isorhamnetin for simultaneous HPLC determination of flavonoid aglycones in inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species // J. Pharm. Biomed. Anal. – 2008. – Vol. 48. – P. 629-635.
22. Gil-Izquierdo A., Mellenthin A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) juice // Eur. Food Res. Technol. – 2001. – Vol. 213. – P. 12–17.
23. Дейнека В.И., Хлебников В.А., Сорокопудов В.Н., Анисимович И.П. Хлорогеновая кислота плодов и листьев некоторых растений семейства Berberidaceae // Химия растительного сырья. – 2008. – № 1. – С. 57-61.
24. Clifford M.N., Johnston K.L., Knight S., Kuhnert N. Hierarchical Scheme for LC-MS/MS Identification of Chlorogenic Acids // J. Agric. Food Chem. – 2003. – Vol. 51. – P. 2900-2911.
25. Запесочная Г.Г., Айтбаева Р.Х., Банокровский А.И., Флавоноиды и хлорогеновая кислота из *Sorbus tianschanica*. II. // Химия природн. соедин. – 1973. – № 1. – С.118.
26. Koronen J.M., Harpponen A.M., Mattila P.H., Törrönen A.R. Contents of Anthocyanins and Ellagitannins in Selected Foods Consumed in Finland // J. Agric. Food Chem. – 2007. – Vol. 55. – P. 1612–1619.
27. Hukkanen A.T., Pölönen S.S., Kärenlampi S.O., Kokko H.I. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Sweet Rowanberries // J. Agric. Food Chem. – 2006. – Vol. 54. – P. 112-119.
28. Goodwin T.W. Studies in Carotenogenesis 19. A Survey of the polyenes in a number of ripe berries // Biochem. J. – 1956. – Vol. 62. – P. 346-352.
29. Деренько С.А. Каротиноиды фруктов *Sorbus aucuparia* // Химия природных соединений. – 1978. – №4. – С. 528-529.
30. Valadon L.R.G., Mummery R.S. Carotenoids of Rowan Berries // Ann. Botany. – 1972. – Vol. 36. – P. 471-474.
31. Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M. HarvestPlus Handbook for carotenoid analysis. Technical monograph series 2. Washington. DC and Cali. – 2004. – 58 p.



32. Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Дейнека Л.А., Третьяков М.Ю., Фесенко В.В. Исследование плодов *Physalis alkekengi* L. как источника ксантофиллов // Хим.-фарм. ж. – 2008. – Т. 42, № 2. – С. 36-37.

33. 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.

34. Рыжова Г.Л., Матасова С.А., Башуров С.Г. Получение сухого экстракта плодов рябины сибирской и изучение его химического состава // Химия растительного сырья. – 1997. – № 2. – С. 37-41.

35. Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Шаркунова Н.А. Инкрементные соотношения при анализе удерживания каротиноидов: Использование ортогонального разделения // Сорбц. хром. процесс. – 2009. – Т. 9, вып. 3. – С. 374-382.

## CAROTENOIDS, CHLOROGENIC ACIDS AND OTHER NATURAL COMPOUNDS OF SORBUS FRUIT

**I.A. Gostyshchev,**

**V.I. Deineka,**

**I.P. Anisimovich,**

**M.Yu. Treťakov,**

**P.A. M'asnikova,**

**L.A. Deineka,**

**V.N. Sorokopudov**

*Belgorod State University*

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

*E-mail: deineka@bsu.edu.ru*

A short review of biologically active substances of Sorbus fruit and our experimental data of their proportion in fruit grown in Belgorod are presented in the paper. It has been found that the main carotenoids of the fruits are  $\beta$ -carotene and esters of  $\beta$ -cryptoxanthin while 5-caffeoylchinnic acid is the main chlorogenic acids isomer.

Key words: natural compounds, carotenoids, chlorogenic acids, fruit, Sorbus.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ *ALOE ARBORESCENS MILLER*<sup>1</sup>

**В.А. Рюшина,  
Н.Г. Габрук,  
Т.А. Шутеева**

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

В работе с помощью спектральных методов анализа была идентифицирована основная группа биологически-активных компонентов алоэ – антраценпроизводные. Методом рентгенофлуоресцентного анализа определен минеральный состав листьев алоэ. В ряду растворителей (ацетон, этилацетат, водно-спиртовые смеси) определен оптимальный экстрагент для основной группы БАВ, проведена предварительная оценка антиоксидантной активности нативного сока алоэ.

Ключевые слова: алоэ древовидное, биологически активные соединения алоэ, антраценпроизводные, антиоксидантная активность, ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия.

### Введение

Во всем мире алоэ древовидное (*Aloe arborescens* Miller) имеет давнюю историю применения. Благодаря регенерирующему и ранозаживляющему действию, алоэ находит широкое применение в косметологии и косметической промышленности, в дерматологии (для профилактики и лечения различных поражений кожи), в медицине (для профилактики и лечения язвы желудка и 12-перстной кишки, глазных болезней и др.).

Такой комплекс терапевтических свойств обусловлен синергизмом действия его биологически активных компонентов: основных (антраценпроизводные и их гликозиды) с суммой витаминов, минеральных веществ, ферментов, белков, углеводов, фенольных соединений, органических кислот [1].

Ранее нами была разработана методика получения модифицированного энтеросорбента (МЭС), важным компонентом которого является сок *A. arborescens* [2]. Поэтому для оптимизации методики получения МЭС необходимо определить биологическую активность применяемого растительного сырья.

Данная работа посвящена оптимизации процессов извлечения и идентификации биологически активных компонентов действующего вещества *A. arborescens* с использованием современных инструментальных методов анализа.

### Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовали воздушно-сухое сырье листьев *A. arborescens*, выращиваемого в домашних условиях.

Известно, что антрагликозиды хорошо растворимы в воде, разбавленном спирте, а агликоны, напротив, лучше растворимы в хлороформе, ацетоне, эфире [3].

Извлечение антраценпроизводных проводили с различными растворителями (спирт этиловый, ацетон, этилацетат) из воздушно-сухого сырья при 60°C в течение 90 минут при соотношении сырье : экстрагент 1:50. Экстракцию антрагликозидов из растительного материала проводили на водяной бане с обратным холодильником различными экстракционными системами (70%-, 80%- и 96%-ным этиловым спиртом)

<sup>1</sup> Работу выполняли с помощью приборной базы ЦКП БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

при соотношении сырья : экстрагент 1:50 в течение 90 минут [4]. Оптимальным растворителем определен этиловый спирт.

Качественное присутствие антраценпроизводных подтверждали добавлением к водному извлечению биологически активных веществ (БАВ) 5%-ного раствора щелочи.

Методом препаративной хроматографии полученные экстракты были подготовлены к спектрофотометрическим и кондуктометрическим исследованиям.

Спектрофотометрические исследования выполняли в кварцевых кюветах с использованием спектрофотометра КФК-3-01.

Спектры в ИК – области были сняты на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 6700 с приставкой ИК-микроскоп Continuum.

Элементный состав применяемого сырья определен методом рентгенофлуоресцентного анализа на анализаторе Oxford ED 2000.

Антиоксидантную активность нативного сока алоэ оценивали кондуктометрическим методом на кондуктометре АНИОН-4100. В качестве субстрата использовали нерафинированное подсолнечное масло, инициатор окисления азобисизобутиронитрил.

### Результаты и обсуждение

На рис.1 представлены спектры различных экстрактов алоэ с характерным пиком для антраценпроизводных при 550 нм. Спектры идентичны, пик поглощения пологий и несколько смещен в длинноволновую область по сравнению со спектральными параметрами для индивидуальных веществ. Этот факт можно объяснить влиянием сопутствующих экстрактивных веществ.

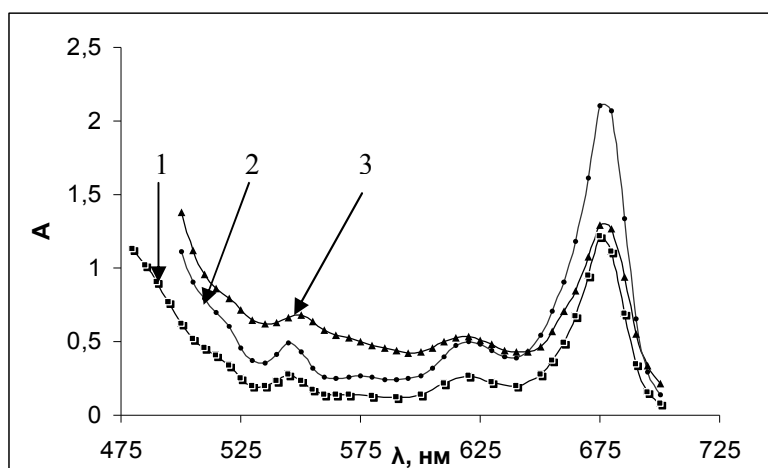


Рис. 1. Спектры экстрактов алоэ: 1 – ацетоновый, 2 – этилацетатный, 3 – спиртовой

Пики в области 620 нм и 670 нм обусловлены наличием пигмента хлорофилла. Степень выделения и идентификацию антраценпроизводных проводили по полученным спектрофотометрическим характеристикам экстрактов. Оптимальным экстрагентом определен 70%-ный этиловый спирт.

Содержание суммы антраценпроизводных в пересчете на гиперин (основное соединение) и абсолютно сухое сырье составило  $0.83 \pm 0.07\%$ . С использованием отработанной методики проанализированы образцы листьев алоэ в 8 повторностях, ошибка единичного измерения составила  $\pm 4.12\%$ .

Антраценпроизводные имеют специфичные ИК-спектры. Согласно ИК-спектрам спиртового экстракта алоэ (рис. 2) пик в области  $1597 \text{ см}^{-1}$  обусловлен наличием ароматических колец в антрахиноне. Карбонильные группы хиноидного кольца дают пики в области  $1630$  и  $1713 \text{ см}^{-1}$ . Полосы в диапазоне  $2800 - 3500 \text{ см}^{-1}$  характерны для  $\text{OH}$ -групп, однако, полоса в области  $3300 \text{ см}^{-1}$  говорит о существовании  $\beta$ -гидроксильных групп, а в области  $2920 \text{ см}^{-1}$  –  $\alpha$ -гидроксильных групп. Пики в области

1000 см<sup>-1</sup> обусловлены колебаниями групп C-C и C-O соответственно, что доказывает присутствие антраценпроизводных. Сравнивая с полученным ранее ИК-спектром сока алоэ, на данном спектре появляются пики, характерные для флавоноидов – в области 1250 см<sup>-1</sup>, 1455 см<sup>-1</sup> [5].

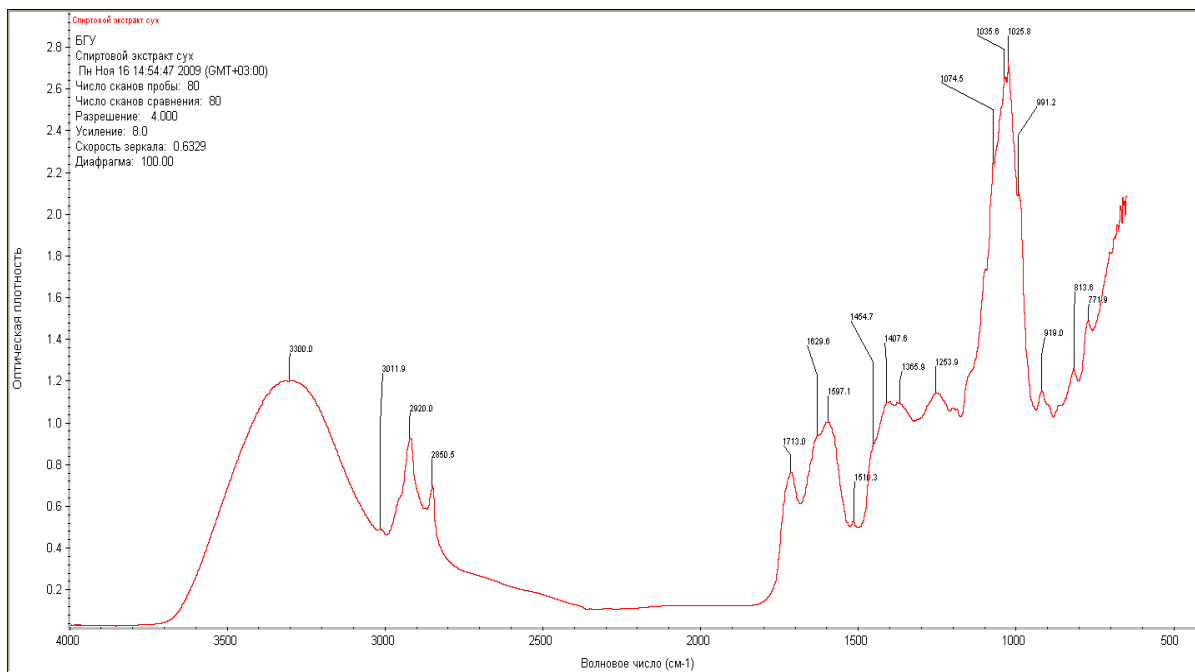


Рис. 2 ИК-спектр спиртового экстракта алоэ

С целью определения элементного состава применяемого нами растения был проведен рентгенофлуоресцентный анализ воздушно-сухого сырья. Листья алоэ имеют типичный для растения состав биогенных элементов: кальций (Ca) – интенсивные пики в области 3.7; 4 кэВ, калий (K) – пики в области 3.3; 3.6 кэВ, хлор (Cl) – пик в области 2.6 кэВ. В следовых количествах присутствуют S, P, Fe, Mn, Si, которые играют важную роль в жизнедеятельности как растений, так и других живых систем.

На следующем этапе работы нами были проведены предварительные испытания по определению антиоксидантной активности нативного сока алоэ. Метод адаптирован для определения биологической активности растительного сырья. Антиоксидантную активность рассчитывали по разнице времени иницированного и ингибированного окисления. Полученные результаты подтвердили биохимическую активность сока алоэ (рис. 4).

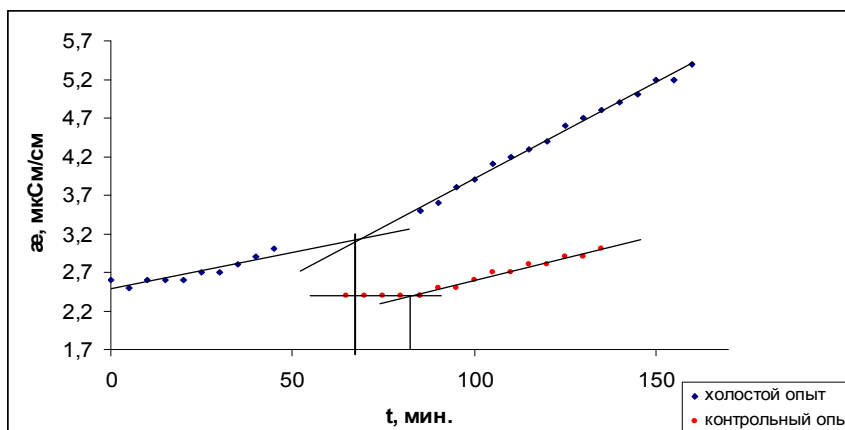


Рис. 4. Кинетические кривые окисления



### Выводы

Таким образом, определены эффективные экстрагенты антраценпроизводных *A. arborescens* и показана перспективность сочетания различных спектральных методов анализа в их идентификации. Содержание антраценпроизводных в пересчете на гиперин и абсолютно сухое сырье составило  $0.83 \pm 0.07$  %;

Качественный рентгенофлуоресцентный анализ элементного состава алоэ подтвердил его биологическую активность. Антраценпроизводные и биогенные элементы в комплексе определяют антиоксидантную активность *A. arborescens*.

### Список литературы

1. Boudreau M.D., Beland F.A. An evaluation of the biological and toxicological properties of Aloe Barbadensis (Miller), Aloe Vera // J. of Environmental Science and Health Part C. – 2006. – №24. – P. 103–154.
2. Габрук Н.Г., Шапошников А.А., Рюшина В.А. Фитосорбенты – свойства и применение. Материалы III Международной конференции «Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья». – Белгород, 2008. – С. 220.
3. Кузнецова М.А. Лекарственное растительное сырье: Учеб. пособие для хим.-техн. техникумов, фарм. и мед. училищ. – М.: Высш. шк, 1984. – 207 с.
4. Правдивцева О.Е., Куркин В.А. Исследования по обоснованию новых подходов к стандартизации сырья и препаратов зверобоя продырявленного //Химия растительного сырья. – 2008. – №1. – С. 81-86.
5. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 240 с.

### IDENTIFICATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF *ALOE ARBORESCENS* MILLER

**V.A. Ryushina,  
N.G. Gabruk,  
T.A. Shuteeva**

Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: Gabruk@bsu.edu.ru

The anthraquinones, the basic group of aloe biologically-active substances, were determined with the help of analysis spectral methods. Mineral structure of aloe leaves was investigated due to X-ray and fluorescence analysis. The optimum solvent for anthraquinones for basic group was defined. The aloe juice possesses antioxidant activity was estimated.

Key words: aloe arborescens, biologically active substances, C-glycosideanthracene-based compounds, anti-oxidant activity, IR- spectroscopy, ultraviolet spectroscopy.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

**В.И. Дейнека,  
А.Н. Чулков,  
Л.А. Дейнека**

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

В работе выполнено моделирование сорбционных процессов, подчиняющихся закономерностям локализованной сорбции, на гетерогенных поверхностях заданного типа распределения по энергиям сорбции. Исследованы отклонения полученных при расчете по уравнению Ленгмюра параметров сорбции с заданными в моделях. Обсуждается применимость уравнения Фрейндлиха для этих же целей.

Ключевые слова: моделирование, сорбция, энергетическая гетерогенность поверхности сорбента, уравнение Ленгмюра, уравнение Фрейндлиха.

### Введение

Адсорбция веществ на границах раздела фаз имеет огромное значение во множестве химических процессов. Именно на адсорбции основано действие противогазов, это явление используют в технологиях обогащения минеральных руд, адсорбция на поверхности твердого тела предшествует последующему каталитическому превращению во множестве промышленных процессов и т.д. Поэтому закономерностям адсорбции посвящено огромное число исследований во всем мире. Большое различие между особенностями индивидуальных сорбционных явлений может быть связано с различиями в строении и в свойствах сорбентов, а также с многообразием механизмов взаимодействия сорбат – сорбент. Так, например, имеются принципиальные различия между сорбционными процессами на микропористых, мезопористых и макропористых сорбентах.

Важнейшей характеристикой рассматриваемых явлений является изотерма сорбции, связывающая количество поглощенного сорбентом сорбата с равновесной концентрацией сорбата в газовой фазе или в растворе. По рекомендации ИЮПАК [1] изотермы сорбции классифицированы на шесть основных типов, пять из которых были предложены Бруннауэром, Демингом, Демингом и Теллером, а шестая была позже добавлена Сингом, рис. 1.

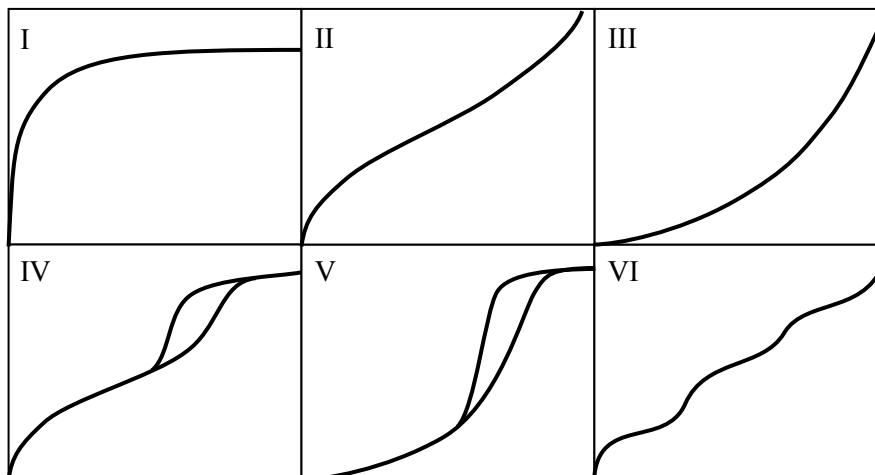


Рис. 1. Рекомендованная ИЮПАК классификация изотерм адсорбции

Однако недавние исследования, выполненные группой профессора Марка Донахью, включающие как экспериментальные данные, так и моделирование с использованием решеточной теории функционала плотности (lattice density functional theory) [2], позволили предложить иную классификацию, учитывающую возможные изменения при переходе от сорбции в субкритических к сверхкритическим условиям, рис. 2.

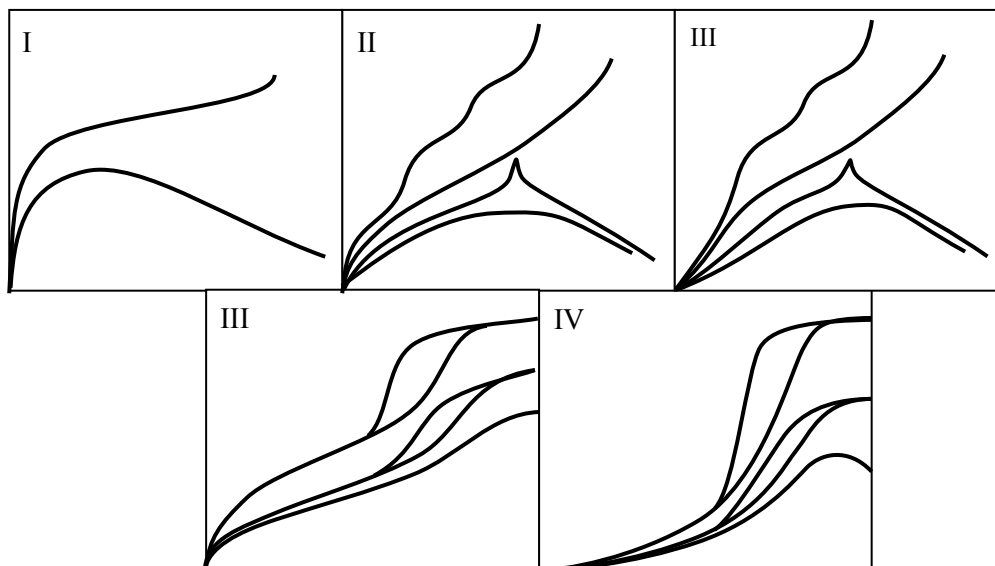


Рис. 2. Новая классификация изотерм сорбции по Донахью

Одним из простейших случаев является монослойная локализованная адсорбция на макропористых сорбентах, в случае которой нет эффектов капиллярной конденсации, характерной для мезопористых сорбентов, и исключены эксклюзивные эффекты, присущие микропористым системам; отсутствуют также и взаимодействия между молекулами сорбата в сорбционном слое, хотя, строго говоря, многослойность принципиально не исключается. Определение типа изотермы имеет лишь качественное значение: для практического использования важны такие параметры, как величина абсолютной (или избыточной) сорбции, энергетические характеристики этого процесса и аналитический вид взаимосвязи между ними. Из множества предложенных к настоящему времени уравнений единственным полностью обоснованным является уравнение Ленгмюра:

$$\Theta(i) = \frac{K(i) \cdot c(i)}{1 + K(i) \cdot c(i)}$$

где  $\Theta$  – степень заполнения монослоя,  $K(i)$  – константа сорбционного равновесия (константа Ленгмюра),  $c(i)$  – равновесная концентрация сорбата над сорбентом.

В практическом отношении более важно иное выражение той же зависимости:

$$A(i) = A_{\max}(i) \cdot \frac{K(i) \cdot c(i)}{1 + K(i) \cdot c(i)}$$

где  $A(i)$  – полная сорбция сорбата сорбентом (моль/г или моль/м<sup>2</sup>) по отношению к максимальной емкости монослоя,  $A_{\max}(i)$ . А для расчета емкостной и энергетической характеристики сорбционного процесса удобнее воспользоваться линеаризованной формой:

$$\frac{1}{A(i)} = \frac{1}{A_{\max}(i)} + \frac{1}{A_{\max}(i) \cdot K(i)} \cdot \frac{1}{c(i)} \quad (1)$$

Однако уравнение Ленгмюра выведено из предположения о том, что адсорбция происходит на энергетически однородной поверхности:  $K(i) = \text{const}$  для всех адсорб-

ционных центров. Для гетерогенных поверхностей уравнение локализованной сорбции существенно осложняется:

$$A_{\Sigma}(i) = \sum_{j=1}^n A_{jmax}(i) \cdot \frac{K_j(i) \cdot c(i)}{1 + K_j(i) \cdot c(i)}, \quad (2)$$

где производится суммирование по всем типам сорбционных центров, каждый из которых имеет свою предельную емкость монослоя и характеризуется своей адсорбционной константой.

Интенсивные исследования адсорбции на реальных твердых телах привели к предложению целого ряда эмпирических изотерм адсорбции, задача которых – соответствие экспериментальным данным и определение взаимосвязи вида изотермы с типом гетерогенности. Обобщенное уравнение, приводимое к уравнению Ленгмюра [3] имеет вид:

$$\Theta_i = \left( \frac{(K \cdot p)^m}{1 + (K \cdot p)^m} \right)^{q/m} \quad (3)$$

где  $K$  определяется характеристической энергией адсорбции, определяемой позицией на оси энергии в кривой энергетического распределения центров адсорбции,  $q$  и  $m$  – параметры гетерогенности. При  $q = m = 1$  уравнение (3) переходит в уравнение Ленгмюра (1), при  $q = m \neq 1$  получается так называемое уравнение Ленгмюра-Фрейндлиха, при  $m = 1, q \neq 1$  – так «обобщенное уравнение Фрейндлиха», а при  $q = 1, m \neq 1$  получается уравнение Тота.

Эмпирическое уравнение адсорбции Фрейндлиха, обоснованное Зельдовичем при предположении об экспоненциальном уменьшении энергии адсорбции при увеличении степени заполнения поверхности [4], имеет значение лишь для прогнозирования сорбции при изменении равновесной концентрации сорбата, да и то в ограниченном интервале концентраций, поскольку функция не ограничена сверху:

$$\lg A_{\Sigma}(i) = a + \frac{1}{n} \lg c(i), \quad (4)$$

где  $a$  и  $n$  – параметры, определение физического смысла которых весьма проблематично.

В работе [5] было показано, что компьютерное моделирование сорбционных процессов может быть выполнено с использованием стандартного программного обеспечения MS Office. Настоящая работа посвящена компьютерному моделированию с целью установления применимости уравнения Ленгмюра для описания сорбционных процессов на гетерогенных поверхностях и оценке погрешностей, вносимых в рассчитываемые величины сорбционной емкости монослоя и величины эффективной константы сорбционного равновесия.

### Экспериментальная часть

Для моделирования изотерм использовали MS Excel.

Экспериментальные данные по адсорбции антоцианов получали статическим методом при комнатной температуре, выдерживая смесь при периодическом встряхивании в течение примерно 0.5 ч.

Исходную глину обрабатывали 0.1 М раствором соляной кислоты до неизменности рН, и высушивали.

Антоцианы экстрагировали из пакетов с чаем «Каркадэ» 0.1 М раствором HCl и использовали без дополнительной очистки. Концентрацию антоцианов в исходном и равновесном растворах определяли спектрофотометрическим методом [6] после отделения раствора от осадка центрифугированием.

### Результаты и их обсуждение

В серии исследований сорбции антоцианов высушенных бутонов каркадэ на

обработанных кислотами природных глинах, была установлена хорошая линейность в координатах уравнения (1), рис. 3. Причем после независимой кислотной обработки в четырех партиях одной и той же природной глины были получены близкие значения удельной сорбции антоцианов ( $33 \div 40$  мкмоль/г). При построении этих же данных в координатах уравнения (4), рис. 4, отклонения от линейности весьма заметны, особенно на краях использованного диапазона равновесных концентраций антоцианов; впрочем, эти отклонения могут быть связаны и с экспериментальными погрешностями. Следовательно, дифференциация изотерм по степени энергетической однородности сорбционных центров может быть достаточно проблематичной, и поэтому, при определении сорбционных характеристик сорбентов необходима оценка возможного влияния на них энергетической неоднородности поверхности сорбентов.

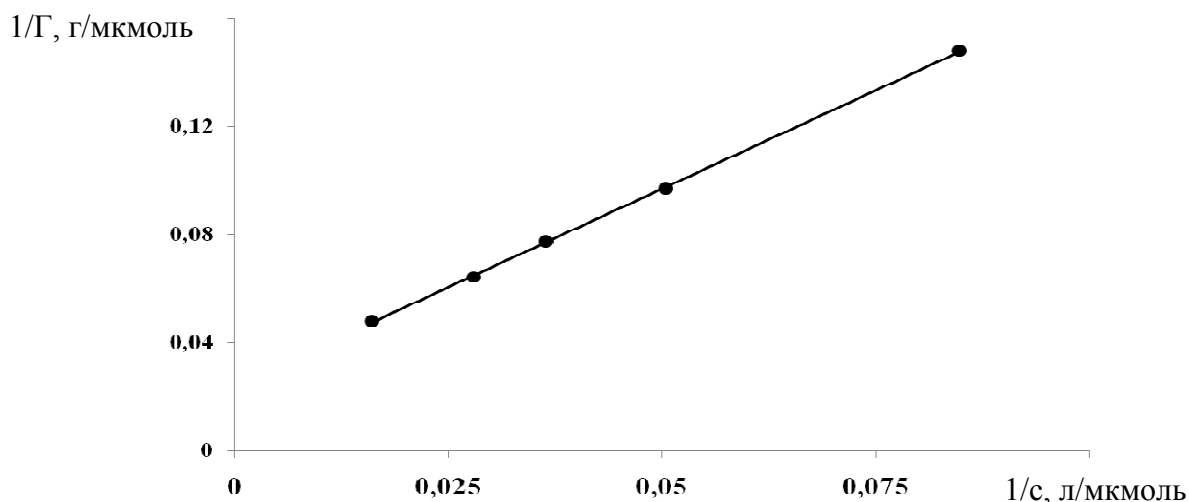


Рис. 3. Сорбция антоцианов экстракта каркаде на обработанной кислотой глине: представление данных в координатах уравнения Ленгмюра

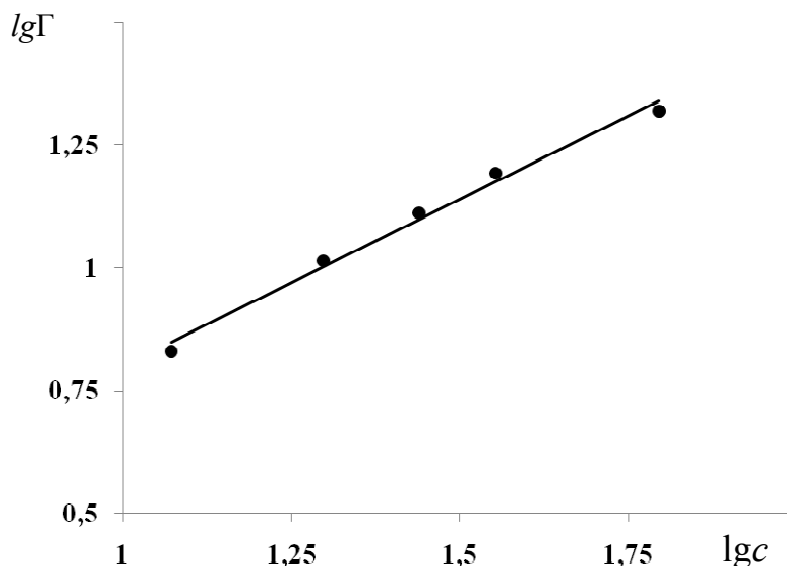


Рис. 4. Сорбция антоцианов экстракта каркаде на обработанной кислотой глине: представление данных в координатах уравнения Фрейндлиха

Компьютерное моделирование сорбции выполняли в программе MS Excell: по заданному распределению сорбционных центров  $A_{j,max}$  (нормированному на единицу) рассчитывали суммарную сорбцию при различных равновесных концентрациях ус-

ловного сорбата  $i$ . В таком случае возникает возможность сопоставления расчетных параметров (максимальной сорбционной емкости, которая в силу нормировки должна быть равной 1, и константы Ленгмюра) с заданными при моделировании с использованием точек для различных диапазонов степеней заполнения поверхности сорбента.

*Экспоненциальное распределение сорбционных центров с центром в середине энергетического диапазона*

В данном случае задавали условное начальное значение свободной энергии сорбции и конечное, так, чтобы середина диапазона была постоянной (7.53 кДж/моль). Весь диапазон делили на 10 отрезков, создавая 11 типов центров с равными расстояниями между свободными энергиями сорбции, и экспоненциальным соотношением между их количеством на поверхности сорбента, рис. 5.

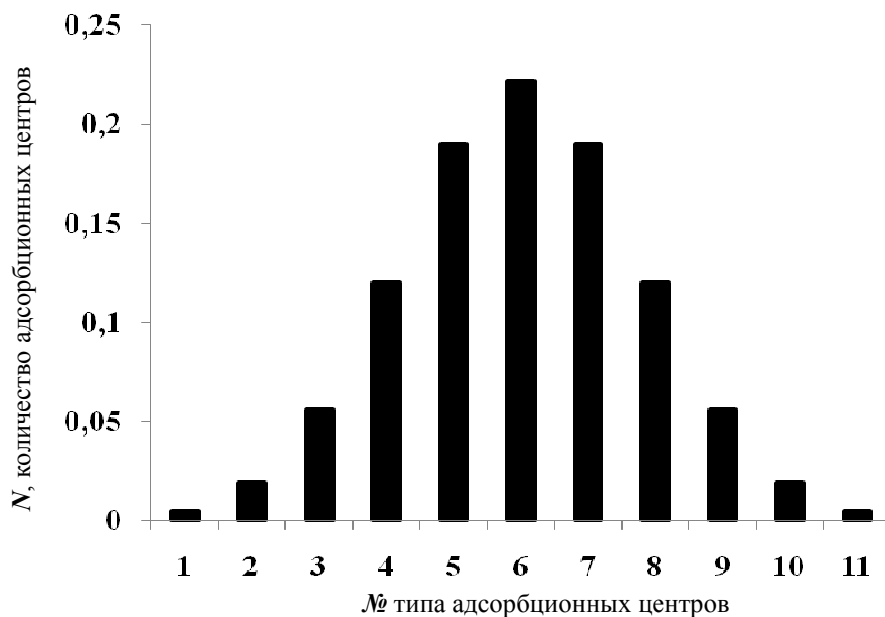


Рис. 5. Экспоненциальное распределение сорбционных центров по энергии

При такой энергетической неоднородности поверхности (даже в диапазоне энергий  $0 \div 10$  кДж/моль) в координатах уравнения (1) получается прямолинейная зависимость с высоким корреляционным параметром:  $R^2 = 0.99996$ , рис. 6.

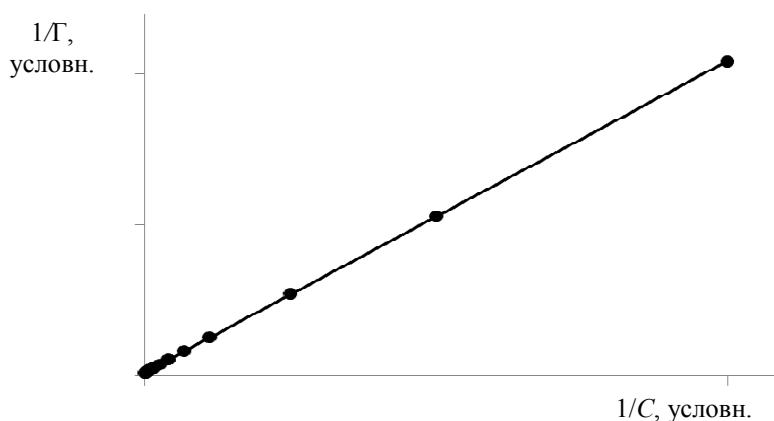


Рис. 6. Условная сорбция на гетерогенной поверхности с экспоненциальным распределением сорбционных центров по энергии

Результаты расчетов сорбционных параметров для подобного варианта распределения адсорбционных центров представлены в табл. 1. Как видно из представленных данных:



- а) гетерогенность сказывается в заметном занижении расчетной величины суммарной поверхности, причем это снижение увеличивается с расширением диапазона энергетической гетерогенности;
- б) погрешность определения суммарной поверхности больше при использовании диапазонов с меньшей степенью заполнения; для расчета лучше использовать экспериментальные данные, найденные для средних или больших степеней заполнения;
- в) при небольших степенях заполнения, как и следовало предполагать, расчетные значения константы Ленгмюра выше, чем для больших степеней заполнения.

Таблица 1

**Параметры сорбционных процессов при экспоненциальном распределении адсорбционных центров по энергии**

Энергетический диапазон, кДж/моль	Заданные параметры, 7.53 кДж/моль		Расчетные параметры при степени заполнения адсорбционных центров			
			0-1.0	0-0.2	0.2-0.6	0.5-0.9
0 – 10000	1	$\Gamma_{max}$	0.891	0.679	0.856	0,963
	1 ÷ 56.68	$K(i)$	11.77	14.32	10.60	8,06
	$R^2$		0.99996	1	0.99954	0.99880
2500 – 7500	1	$\Gamma_{max}$	0.946	0.896	0.959	0,989
	1 ÷ 20.66	$K(i)$	8.47	8.96	8.20	7.66
	$R^2$		1	1	0.99997	0.99989
3750 – 6250	1	$\Gamma_{max}$	0.984	0.970	0.977	0.996
	1 ÷ 12.46	7.53	7.76	7.87	7.81	7.55
	$R^2$		1	1	1	0.99999

*Равномерное распределение сорбционных центров во всем энергетическом диапазоне*

Из результатов моделирования при равномерном распределении адсорбционных центров во всем энергетическом диапазоне (табл. 2) следует, что погрешности в определении максимальной сорбционной емкости выше (в сторону занижения численного значения этого параметра), чем при экспоненциальном распределении.

Таблица 2

**Параметры сорбционных процессов при равномерном распределении адсорбционных центров по энергии**

Энергетический диапазон, кДж/моль	Заданные параметры, 7.53 кДж/моль		Расчетные параметры при степени заполнения адсорбционных центров			
			0-1.0	0-0.2	0.2-0.6	0.5-0.9
0 – 10000	1	$\Gamma_{max}$	0.684	0.498	0.685	0.912
	1 ÷ 56.68	$K(i)$	22.0343	30.65	19.53	8.49
	$R^2$		0.99996	0.99999	0.999712	0.98861
2500 – 7500	1	$\Gamma_{max}$	0.842	0.736	0.908	0.989
	2.74 ÷ 20.66	$K(i)$	10.65	12.22	8.29	7.74
	$R^2$		0.9998	1	0.99999	0.99787
3750 – 6250	1	$\Gamma_{max}$	0.919	0.870	0.977	0.966
	5.03 ÷ 12.46	$K(i)$	8.26	8.73	7.81	7.27
	$R^2$		1	1	1	0.99930

При этом наивысшие коэффициенты корреляции соответствуют данным при

небольших степенях заполнения, дающим наименьшую оценку максимальной емкости. Как и в предыдущем случае, погрешность расчетов заметно снижается при уменьшении диапазона неоднородности.

*Распределение сорбционных центров с экспоненциальным изменением числа центров при росте энергии адсорбции на них*

Характер монотонного экспоненциального распределения адсорбционных центров по энергии может быть двояким, рис. 7, – с уменьшением (а) или с увеличением (б) числа центров по мере роста энергии взаимодействия с сорбатом.

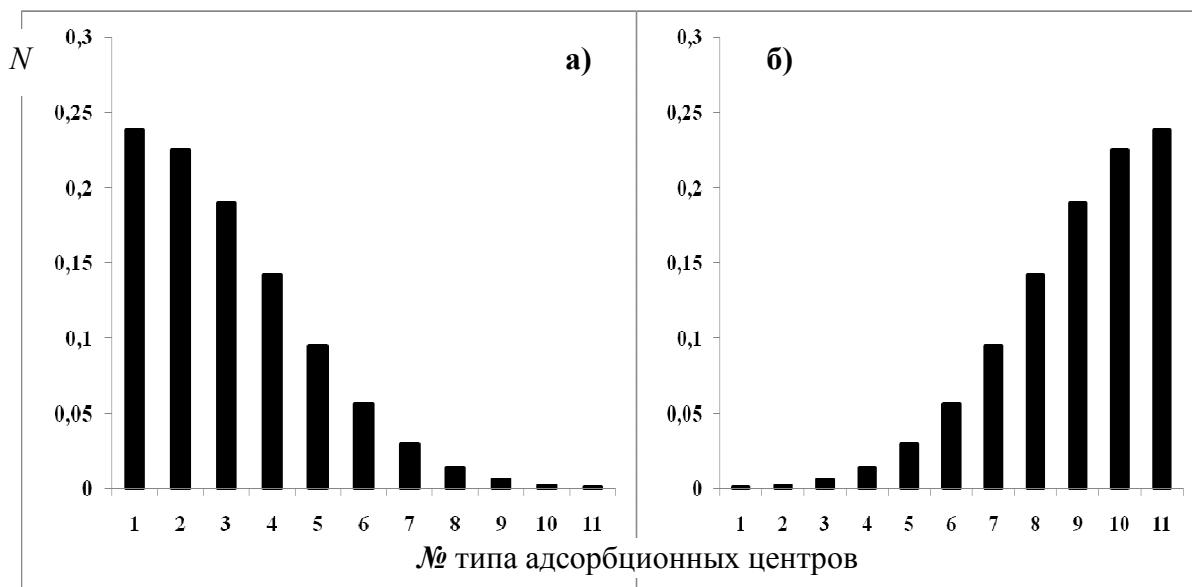


Рис. 7. Монотонное экспоненциальное изменение числа сорбционных центров по энергии

О погрешностях определения параметров сорбции в этих случаях можно судить по данным, приведенным в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

**Параметры сорбционных процессов при экспоненциальном уменьшении числа адсорбционных центров с ростом энергии сорбции**

Энергетический диапазон, кДж/моль	Заданные параметры, 7.53 кДж/моль		Расчетные параметры при степени заполнения адсорбционных центров			
			0-1.0	0-0.2	0.2-0.6	0.5-0.9
0 – 10000	1	$\Gamma_{max}$	0.773	0.571	0.835	0.972
	1 ÷ 56.68	$K(i)$	4.02	5.56	3.30	2.33
	$R^2$		0.99925	0.99994	0.9992	0.99851
2500 – 7500	1	$\Gamma_{max}$	0.952	0.883	0.943	0.994
	2.74 ÷ 20.66	$K(i)$	4.67	5.72	4.65	4.14
	$R^2$		0.99995	0.99999	0.99997	0.99993
3750 – 6250	1	$\Gamma_{max}$	0.990	0.971	0.988	0.998
	5.03 ÷ 12.46	$K(i)$	5.74	5.86	5.72	5.58
	$R^2$		0.9999	1	0.99999	0.99999

При анализе расчетных параметров оказывается, что погрешности несколько меньше для экспоненциального роста числа центров с увеличением энергии сорбции. Но ни в одном из рассмотренных случаев экспериментальные данные не могли быть удовлетворительно описаны по уравнению Фрейндлиха более чем в 20%-ном интервале по степени заполнения сорбционных центров.



Таблица 4

**Параметры сорбционных процессов при экспоненциальном  
увеличении числа адсорбционных центров с ростом энергии сорбции**

Энергетический диапазон, кДж/моль	Заданные параметры, 7.53 кДж/моль		Расчетные параметры при степени заполнения адсорбционных центров			
			0-1.0	0-0.2	0.2-0.6	0.5-0.9
0 – 10000	1	$\Gamma_{max}$	0.869	0.786	0.875	0.960
	$1 \div 56.68$	$K(i)$	35.3	39.3	34.0	27.4
	$R^2$		0.99999	1	0.99980	0.99820
2500 – 7500	1	$\Gamma_{max}$	0.945	0.918	0.956	0.988
	$2.74 \div 20.66$	$K(i)$	15.4	15.8	15.0	14.0
	$R^2$		1	1	1	0.99990
3750 – 6250	1	$\Gamma_{max}$	0.988	0.977	0.989	0.997
	$5.03 \div 12.46$	$K(i)$	10.4	10.6	10.4	10.2
	$R^2$		1	1	1	0.9999

В настоящей работе было использовано распределение адсорбционных центров по энергии, в то время как для обоснования уравнения Фрейндлиха использовали положение об экспоненциальном снижении энергии сорбции по мере заполнения поверхности. Такой подход не так просто интерпретировать, поскольку характер распределения адсорбционных центров для такого положения не очевиден. Для выяснения этого аспекта в работе также было использовано компьютерное моделирование, в котором дифференциальные мольные теплоты сорбции рассчитывали по формуле:

$$Q_M^{\Sigma}(\alpha) = \frac{\sum_{n=1}^{11} Q_n [\theta_n(c_{\alpha} + 0.1c_{\alpha}) - \theta_n(c_{\alpha})]}{\sum_{n=1}^{11} [\theta_n(c_{\alpha} + 0.1c_{\alpha}) - \theta_n(c_{\alpha})]}$$

где  $c_{\alpha}$  – равновесная концентрация сорбата при степени заполнения, равной  $\alpha$ ;  
 $\theta_n$  – степень заполнения  $n$ -ого типа сорбционных центров с энергией сорбции  $Q_n$ .

Полученные результаты для двух рассматриваемых вариантов экспоненциального распределения сорбционных центров представлены на рис. 8.

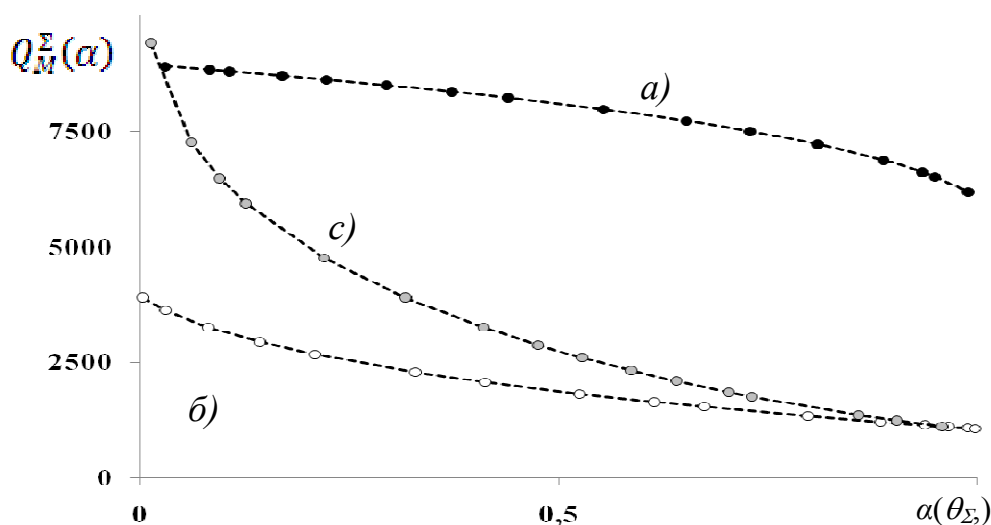


Рис. 8. Зависимость дифференциальной теплоты сорбции от степени заполнения



И в первом случае (а, рис. 8), когда число центров с ростом энергии сорбции уменьшается, а во втором – с противоположным распределением (б, рис. 8), по мере заполнения сорбционных мест дифференциальная теплота сорбции уменьшается. Однако с экспоненциальной зависимостью согласуются только параметры для случая а. Для более крутого спада кривой изменения дифференциальной теплоты сорбции необходимо сместить центр экспоненциального распределения за границы диапазона: для этого на распределении а рис. 7 нужно сместить нумерацию вправо на одну позицию, что приводит к ветви с на рис. 8, если одновременно вдвое увеличить и диапазон энергии сорбции. Такое изменение должно привести к наибольшим отклонениям от уравнения Ленгмюра и более соответствовать положениям, используемым для обоснования уравнения Фрейндлиха. Однако, и в этом случае уравнение (2) намного точнее описывает набор полученных расчетных параметров, рис. 9, по сравнению с оценкой данных в координатах уравнения (3), рис. 10.

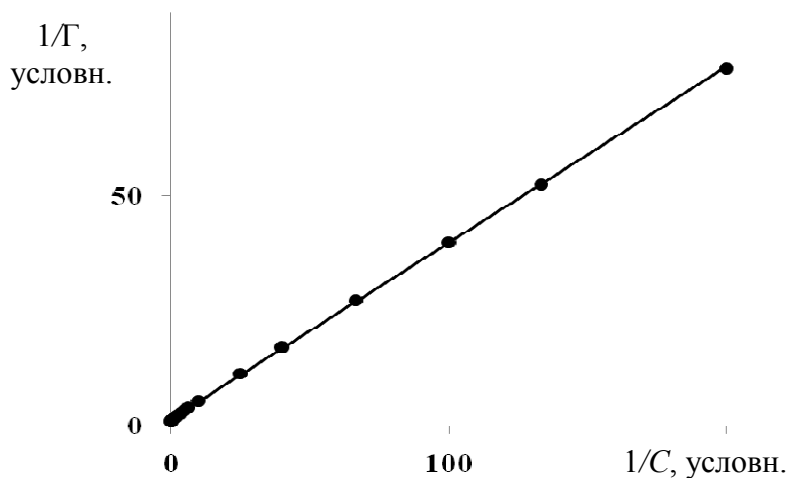


Рис. 9. Параметры сорбции на гетерогенной поверхности со смещенным экспоненциальным распределением в координатах уравнения Ленгмюра

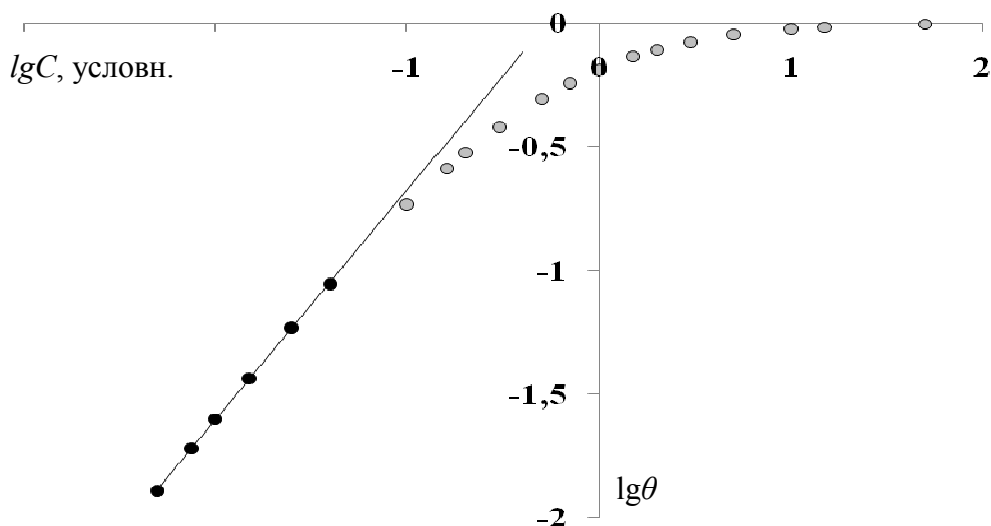


Рис. 10. Параметры сорбции на гетерогенной поверхности со смещенным экспоненциальным распределением в координатах уравнения Фрейндлиха

Отметим, что на рис.10 можно провести прямую линию, удовлетворительно аппроксимирующую реальную зависимость лишь в диапазонах шириной порядка 10 – 20 % по степени заполнения поверхности.



### Заключение

Таким образом, анализ экспериментальных данных для получения количественных параметров сорбции можно выполнять в координатах уравнения Ленгмюра даже при значительной гетерогенности поверхности сорбентов в условиях локализованной сорбции. При этом следует учитывать, что оценка суммарной сорбционной емкости может быть заниженной, что не удивительно, поскольку вначале заполняются центры с более высокой энергией сорбции, и, соответственно, расчет приводит к получению более высоких значений усредненных коэффициентов Ленгмюра.

Применимость уравнения Фрейндлиха к случаю экспоненциального снижения дифференциальной энергии сорбции при увеличении степени заполнения поверхности не обоснована (на что указывалось также и в работе [7]) – удовлетворительное соответствие может быть получено лишь в узком диапазоне степеней заполнения поверхности.

### Список литературы

1. Sing K.S.W., Everett D.H., Haul R.A.W., Moscou L., Pierotti R.A., Rouquérol J., Siemieniowska T. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity // *Pure Appl. Chem.* – 1985. – Vol. 57. – P. 603-619.
2. Sangwichien C., Aranovich G.L., Donohue M.D. Density functional theory predictions of adsorption isotherms with hysteresis loops // *Coll. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects.* – 2002. – Vol. 206. – P. 313-320.
3. Borówko M. Adsorption on heterogeneous surfaces / In «Adsorption. Theory, modeling and analysis». Surfactant science series. Vol. 107. Ed. by Jozsef Tóth. – 2002. Marcell Dekker, Inc. – P. 105-174.
4. Yang R.T. Adsorbents: Fundamentals and applications. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. – 2003. – P.19.
5. Дейнека В.И., Гостищев И.А., Дейнека Л.А. Моделирование локализованной адсорбции на гетерогенных поверхностях // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья: материалы III Междунар. научн. конф. (Белгород, 22-24 сентября 2008 г.) – Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. – С.150-153.
6. Giusti M.M., Wrolstad R.E., Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. Unit F2.2, Ch. 2. / In «Current Protocols in Food Analytical Chemistry». S. King, M. Gates & L. Scalettar (Ed.). John Wiley & Sons, Inc. – New York, 2000. – P. F1.2.1–F1.2.13.
7. Cooney D.O. On the basis for the Freundlich adsorption isotherm // *Chem. Eng. Commun.* – 1990. – Vol. 94. – P. 27-34.

### SORPTION MODELLING UPON ENERGETICALLY HETEROGENEOUS SURFACES

**V.I. Deineka,  
A.N. Chulkov,  
L.A. Deineka**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: deineka@bsu.edu.ru*

A computer modeling of sorption processes was explored for localized sorption upon energetically heterogeneous surfaces of the given sorption energy distribution types. Discrepancies between the sorption parameters computed according to Langmuir equation are studied. Application of Freundlich equation for the calculations is discussed.

Key words: modelling, sorption, surface energetically heterogeneous of sorbent, Langmuir equation, Freundlich equation.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ВЯЗКОСТЬ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

**Л.Ф. Перистая,  
В.А. Перистый,  
Н.А. Павлов,  
И.В. Индина,  
М.Н. Япрынцец**

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

*E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

Исследовано влияние параметров свободнорадикального процесса полимеризации акриловой кислоты на вязкость полимера – полиакриловой кислоты. Это позволило создать основы процесса получения высококачественного полимера, на основе которого были получены образцы пломбировочных стоматологических материалов, удовлетворяющих требованиям мировых стандартов.

Ключевые слова: акриловая кислота, полимеризация, полиакриловая кислота, вязкость, стоматология.

### Введение

В настоящее время возросла роль композитных материалов в урологии, физиотерапии и особенно стоматологии. В наибольшей степени это касается пломбировочных композитов [1-4]. Внедрение химической технологии и нанотехнологии в медицинскую технику позволяет успешно решать задачи медицинского материаловедения [5-10].

Особенно широкое применение находят пломбировочные материалы на основе полиакриловой кислоты [11]. Такие материалы получают при смешении раствора полиакриловой кислоты с мелкодисперсным стеклом, содержащим оксиды с модифицирующими добавками [12].

Стоматологическая полиакриловая кислота выпускается за рубежом в виде водного раствора, который при применении имеет ряд недостатков: не стабилен при хранении, нельзя приготовить растворы любой другой концентрации [13]. Поэтому целью данной работы является исследование и разработка способа полимеризации акриловой кислоты с целью получения высококачественной, порошкообразной, мелкодисперсной, безводной, стабильной при длительном хранении полиакриловой кислоты, на основе которой можно было бы получать биосовместимые пломбировочные композиты. Кроме того, широкому применению полиакриловой кислоты и композитов на её основе препятствует их высокая стоимость на мировом рынке. Поэтому разработка отечественного процесса получения полиакриловой кислоты является весьма актуальной проблемой.

### Объекты и методы исследования

Полимеризация акриловой кислоты протекает за счёт двойной связи по цепному, радикальному механизму. Инициирование реакции производится свободными радикалами, которые образуются при термическом распаде инициаторов типа пероксида бензоила (дибензоилпероксида),  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила), персульфата калия, гидроперекиси изопропилбензола, пероксида водорода [14].

Выбор исходных материалов (реагентов) и метода проведения процесса полимеризации диктуется с одной стороны клиническими требованиями, а с другой – осо-



бенностями процесса полимеризации и свойствами полиакриловой кислоты. Наиболее приемлемым оказался метод полимеризации в растворителе – толуоле, так как с точки зрения клинических требований применение весьма распространённого растворителя – бензола весьма проблематично, так как бензол – токсичное, канцерогенное вещество, и даже следы такого вещества в конечном продукте – полиакриловой кислоте являются недопустимыми. Применение тетрагидрофурана сопряжено с технологическими трудностями ввиду его очень высокой пожароопасности. Галогенорганические продукты (дихлорэтан, четырёххлористый углерод и др.) также не могут быть приемлемыми, прежде всего, ввиду токсичности. Кроме того, данные растворители способны выступать в качестве акцепторов в передаче цепи, то есть приводить к обрыву цепного процесса радикальной полимеризации. Учитывая все эти факторы, в качестве растворителя был выбран толуол, который в определённой степени лишён недостатков других растворителей. Таким образом, технологически процесс протекал в растворителе. Осуществление процесса при других способах технологического оформления не имеет никакого смысла, потому что если проводить блочную полимеризацию, то возникает неразрешимая проблема с отводом теплоты процесса, так как конечный продукт полимеризации – полиакриловая кислота является твёрдым веществом. Полимеризация в эмульсии также невозможна ввиду растворимости полиакриловой кислоты в воде, а по требованиям клиницистов полиакриловая кислота должна быть абсолютно сухой и не содержать посторонних веществ – эмульгаторов, растворителей и т.д.

В качестве реагента (материала) инициирования был выбран  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрил) как вещество, не содержащее бензольных колец. Известно, что в процессе радикальной полимеризации осколки инициатора входят в состав полимера, а бензольных ядер в полимере не должно быть (по требованию стоматологов).

Методика эксперимента заключалась в проведении полимеризации в трёхгорлой колбе, снабжённой мешалкой, термометром и капельницей. Теплота реакции полимеризации отводилась при помощи водяной бани. После окончания процесса полимеризации растворитель – толуол отгонялся на ротационном испарителе ИР-10. Вначале процесс отгонки протекал при атмосферном давлении, затем остаточный толуол отгонялся под вакуумом (остаточное давление 25 мм рт. ст.) до полного прекращения отгонки. Полученный порошкообразный продукт дополнительно (для гарантии полного отсутствия толуола) высушивался в вакуум-сушильном шкафу при температуре 90–100°C и остаточном давлении 5–8 мм рт. ст. В процессе практической работы клиницистов-стоматологов было установлено, что от вязкости полимера зависят такие важные показатели как предел прочности на сжатие, растяжение, сдвиг, время затвердевания, то есть вязкость определяет не только среднюю молекулярную массу полимера, но, по-видимому, и его структуру. Поэтому лабораторные образцы испытывались на показатель вязкости. Для этого образцы полиакриловой кислоты растворялись в дистиллированной воде и полученные 20%-ные растворы применялись при определении вязкости на вискозиметре ВПЖ-1.

### Результаты и их обсуждение

Основными факторами, определяющими молекулярную массу полимера, его структуру и качество являются температура, природа и концентрация инициатора, концентрация мономера [15]. Поэтому необходимо было экспериментально изучить влияние количества растворителя-толуола, количества инициатора –  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила), а также температуры процесса на вязкость продукта полимеризации – полиакриловой кислоты. Это позволило бы в дальнейшем перейти от лабораторных исследований к заключительной стадии – разработке промышленной технологии в металлическом аппаратном оформлении. Также были выполнены эксперименты по изучению влияния вязкости полимера на основные стоматологические показатели. Все экспериментальные результаты приведены в таблицах 1, 2, 3, 4.

Таблица 1

**Свойства полиакриловой кислоты при её применении в стоматологии**

№ п/п	Вязкость 20%-ного р- ра ПАК, ССТ	Механическая проч- ность, мН/м <sup>2</sup>		Продолжитель- ность затверде- вания, мин	Раство- римость, %	Адгезия к эмали, мН/м <sup>2</sup>	Водопо- глоще- ние, %
		растяжение	сжатие				
1	26.1	43	40	12	0.14	6.1	0.18
2	30.7	48	45	10	0.10	6.5	0.11
3	38.2	50	54	8	0.06	6.9	0.06
4	41.7	57	57	8	0.04	7.3	0.05
5	45.7	59	56	8	0.04	7.2	0.04
6	48.1	60	58	7	0.05	7.3	0.04
7	54.7	58	58	5	0.04	7.4	0.04
8	57.3	61	57	4	0.04	7.2	0.04
9	–	54	55	8–10	0.08	7.0	0.10
10	–	51	49	8	0.01	6.5	0.11
11	–	56	51–55	8–12	0.05	6.0	0.12
12	–	48	50	7	0.06	8.0	0.01

Примечание. Данные № 9–12 взяты из литературы для поликарбоксилатных цементов: № 9 Poly C (Англия); № 10 – Durelon (ФРГ); № 11 – Karboxy Adhesor; № 12 – Carbo-cement (Япония) [12].

Таблица 2

**Влияние объёма растворителя-толуола на вязкость  
полиакриловой кислоты (ПАК)**

(Акриловая кислота – 100 мл,  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрил) – 1,2 г, температура полимеризации 98 – 102 °С, продолжительность процесса ~ 30 минут)

№ п/п	Объёмное соотношение толуол – акриловая кислота	Вязкость 20%-ного р-ра ПАК, сантистокс (ССТ)	Примечания
1	20:1	27.2	
2	15:1	31.7	
3	12:1	37.7	
4	10:1	39.2	
5	8:1	42.0	
6	6:1	46.1	Реакционная масса вязкая
7	4:1	51.2	Реакционная масса вязкая
8	3:1	52.3	Реакционная масса вязкая

Таблица 3

**Влияние количества инициатора –  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила) на вязкость  
полиакриловой кислоты**

(Акриловая кислота – 100 мл, толуол – 800 мл, температура полимеризации 98-102°С, продолжительность процесса ~ 30 минут)

№ п/п	Количество $\alpha, \alpha'$ - азобис- (изобутиронитрила), г	Вязкость 20%-ного р-ра ПАК, ССТ	Примечания
1	0.4	51.7	Индукционный период ~10 минут
2	0.6	47.3	Индукционный период ~10 минут
3	0.8	45.1	Индукционный период ~ 4-6 минут
4	1.0	44.6	Индукционный период ~ 4-6 минут
5	1.2	43.5	Индукционный период ~ 4-6 минут
6	1.4	42.2	Индукционный период ~ 4-6 минут
7	1.6	34.2	Полимеризация протекает быстро
8	1.8	30.7	Полимеризация протекает быстро



Таблица 4

**Влияние температуры полимеризации на вязкость полиакриловой кислоты**  
(Акриловая кислота – 100 мл, толуол – 800 мл, количество  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила) – 1.2 г, продолжительность процесса ~ 30 минут)

№ п/п	Температура, °С	Вязкость 20%-ного р-ра ПАК, ССТ	Примечания
1	60.0 – 61.1	–	Полимеризация практически не протекала
2	80.0 – 81.0	–	Полимеризация практически не протекала
3	85.2 – 86.5	57.3	
4	90.2 – 92.0	54.7	
5	95.0 – 96.0	52.1	
6	98.0 – 99.3	48.1	
7	100.0 – 101.5	46.1	
8	103.0 – 104.0	45.7	
9	106.0 – 107.5	42.3	
10	108.0 – 109.1	41.7	
11	110.0 – 110.8	40.1	Кипение толуола
12	110.5 – 111.1	38.2	Кипение толуола

Согласно экспериментальным данным таблицы 1 было установлено, что полиакриловая кислота, обладающая вязкостью в диапазоне от 38.2 до 45.7 сантистокс (для 20%-ных растворов), удовлетворяет требованиям на механическую прочность, продолжительность затвердевания, растворимость, а также на показатели адгезии к эмали и дентину и на водопоглощение (оп. 3, 4, 5). При этом данные образцы не уступали импортным аналогам (оп. 9, 10, 11, 12).

Приемлемое объёмное соотношение толуол – акриловая кислота лежит в пределах от 12:1 до 6:1 (табл. 2), но с точки зрения упрощения технологии более предпочтительным является уменьшение объёма толуола, что позволяет снизить не только потери толуола при его регенерации, но также уменьшить объёмы аппаратуры. Однако при соотношении 6:1 и ниже полимеризационная масса становится очень густой, что затрудняет перемешивание, а, следовательно, теплообмен. Поэтому приемлемое объёмное соотношение лежит в пределах от 10:1 до 7:1.

Согласно данным табл. 3 количество инициатора –  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила) может составлять от 0.8 до 1.6 г на 100 мл исходной акриловой кислоты. С одной стороны, малые количества инициатора (0,8 г и меньше) чрезмерно удлиняют индукционный период, а с другой стороны при количестве инициатора более 1.6 г полимеризация протекает бурно, что затрудняет управление температурным режимом процесса. Поэтому, количество инициатора 1.2–1.4 г на 100 мл акриловой кислоты является, по-видимому, приемлемой величиной.

Низкие температуры (до 80°C) не позволяют осуществить полимеризацию акриловой кислоты, по-видимому, по причине неспособности инициатора активно распадаться при этих температурах на радикалы и инициировать цепной процесс полимеризации. С этой точки зрения температурный интервал от 100°C до температуры кипения толуола (~110°C) может быть приемлемым для осуществления процесса (табл. 4). Но вблизи температуры кипения толуола трудно осуществить регулирование температуры процесса и может произойти выброс реакционной массы. Учитывая эти факторы, температура процесса полимеризации должна быть несколько ниже температуры кипения толуола и составлять около 103–106°C.

### Выводы

1. Исследовано влияние параметров свободнорадикального процесса полимеризации акриловой кислоты в растворителе – толуоле на вязкость получаемой полиакриловой кислоты.

2. С целью получения полиакриловой кислоты, удовлетворяющей требованиям стоматологии, полимеризацию исходного мономера – акриловой кислоты следует проводить при температуре 103-106°C в присутствии 1.3% масс. инициатора  $\alpha, \alpha'$ -азобис(изобутиронитрила). Количество растворителя – толуола должно быть в 7-10 раз больше (по объёму) чем исходного мономера.

3. На основе полученных экспериментальных данных был разработан [16] и запатентован БелГУ [17] способ производства полиакриловой кислоты, который в виде интеллектуальной собственности по лицензионному договору РФ 001.160.5 передан опытно-экспериментальному заводу «ВладМиВа».

4. Завод «ВладМиВа» освоил выпуск семи стоматологических препаратов на основе полиакриловой кислоты, производимой по технологии БелГУ.

### Список литературы

1. Чуев В.П., Бузов А.А., Кузьмина Е.А. Стоматологическая программа // Сборник стоматологических материалов, выпускаемых фирмой «ВладМиВа». – Белгород, 2005. – 216 с.
2. Курякина Н.В. Терапевтическая стоматология детского возраста. – М.: Медицинская книга; Н.Новгород: Изд-во НГМА, 2004. – 744 с.
3. Вязьмитина А.В., Усевич Т.Л. Материаловедение в стоматологии. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 352 с.
4. Николишин А.К. Восстановление (реставрация) и пломбирование зубов современными материалами и технологиями. – Полтава: Изд-во «Полтава», 2001. – 176 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2005. – 461 с.
6. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Пер. с японск. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.
7. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. – М.:Химия, 2000. – 672 с.
8. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов: Учебное пособие. – М.: НКЦ «Академкнига», 2006. – 309 с.
9. Штирман М.И. Полимеры медико-биологического назначения. – М.: НКЦ «Академкнига», 2006. – 400 с.
10. Пул У., Оуэн Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
11. Гернер М.М., Аронов Е.А., Рофе А.Э. Материаловедение по стоматологии. – М.: Медгиз, 1982. – 321 с.
12. Лукьяненко В.И., Макаров К.А., Штейнгард М.З., Алексеева А.С. Композиционные пломбировочные материалы. – Л.: Медицина, 1988. – 211 с.
13. Томашкевич М. Современные композитные материалы в стоматологической практике / Пер. с польского. – Львов: ГалДент, 2001. – 132 с.
14. Гаупман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия / Пер. с нем. Под ред. проф. В.М. Потапова. – М.: Химия, 1979. – 831 с.
15. Брацихин Е.А. Технология пластических масс. – Л.: Госхимиздат, 1963. – 600 с.
16. Перистый В.А., Перистая Л.Ф., Чуев В.П. Разработка технологии производства полиакриловой кислоты для стоматологических целей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2009. – № 11 (66), Вып. 9/2. – С. 95-100.
17. Патент РФ № 2.266.918, МПК С08F 120/06. Способ получения полиакриловой кислоты / Перистый В.А., Чуев В.П., Никитченко В.М. Заявлен 30.06.2004; опубликован 27.12.2005. Бюл. № 36.

### THE STUDY OF THE ACRYLIC ACID POLYMERIZATION PARAMETERS EFFECT ON VISCOSITY OF POLYACRYLIC ACID

**L.F. Peristaya,  
V.A. Peristy,  
N.A. Pavlov,  
I.V. Indina,  
M.N. Yapryntsev**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015,  
Russia*

*E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

The effect of free radical polymerization parameters of acrylic acid on viscosity of the polymer (polyacrylic acid) has been studied. The results enable to develop the principles of the process of high quality polymer production. On the base of the polymer the dental products that satisfy the requirements of worldwide standards have been produced.

Key words: acrylic acid, polymerization, polyacrylic acid, viscosity, dentistry.



## СИНТЕЗ МЕТАЛЛОРГАНИЧЕСКОГО КАРКАСА IRMOF-1: ЭФФЕКТ РАСТВОРИТЕЛЯ

**А.Ю. Свистунов,  
К.С. Ерохин,  
О.Е. Лебедева**

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

*E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru*

В работе представлены результаты исследования влияния растворителя на характеристики металлорганического каркаса IRMOF-1, синтезированного из соли цинка и терефталевой кислоты. Показано, что количество растворителя является критическим параметром, влияющим на кристалличность, фазовую чистоту и выход металлорганического каркаса.

Ключевые слова: металлорганические каркасы, растворитель, MOF, IRMOF.

### Введение

Поиск материалов со специфическими свойствами, например, с выраженной каталитической активностью, сорбционной способностью или высокой пористостью, представляет достаточно сложный процесс. Иногда проходят десятилетия прежде, чем появляется новый класс пористых материалов.

В настоящее время интенсивно изучаются металлорганические каркасы. Этот класс соединений представляет собой кристаллические вещества, построенные из кластеров ионов металлов и органических молекул. Различную функциональность и пористость каркасу можно придавать изменением его составных частей [1]. Это дает возможность получать молекулярные сита и наделять их уникальными каталитическими, сенсорными, оптическими и сорбционными способностями. Одно из перспективных применений металлорганических каркасов предполагается в автомобильной промышленности в качестве хранилищ альтернативных топлив – метана и водорода [2].

Однако проблема синтеза таких веществ остается до сих пор не полностью решенной. Ограниченная доступность растворителей и низкая воспроизводимость методик синтеза металлорганических каркасов при комнатных температурах создает препятствия в изучении свойств этих материалов.

Целью настоящей работы была оптимизация методики синтеза металлорганических каркасов. В качестве объекта исследования в работе был выбран металлорганический каркас MOF-5 (IRMOF-1), синтезированный из соли цинка и терефталевой кислоты по методике, предложенной американским ученым Омаром Ягхи [3]. Основной гипотезой исследования являлось предположение о критической роли количества используемого в ходе синтеза растворителя. В связи с этим были апробированы следующие разновидности указанной методики:

- уменьшение количества растворителя вдвое (IRMOF-1.1);
- добавление уже использованного растворителя (IRMOF-1.2);
- повторное использование растворителя без регенерации (IRMOF-1.3).

### Экспериментальная часть

Физико-химические исследования выполнены с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

Рентгенофазовый анализ порошков полученных материалов проведен на приборе ARL X'TRA (Thermo Scientific, Швейцария) с Cu K $\alpha$  – излучением ( $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ ) с шагом  $0.5^\circ$  и скоростью сканирования  $3^\circ/\text{мин}$ .



Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия выполнены на совмещенном ТГА/ДСК/ДТА анализаторе SDT Q600 в атмосфере аргона; скорость нагрева составляла 5°/мин.

Электронные фотографии СЭМ получены на растровом ионно-электронном микроскопе Quanta 200 3D.

**Методика синтеза IRMOF-1.1**

Навески терефталевой кислоты массой 5.065 г и ацетата цинка  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  массой 16.99 г растворяют в 200 мл и 250 мл N,N-диметилформамида (ДМФА) соответственно. В раствор кислоты добавляют 8.5 мл триэтиламина и порциями вводят раствор цинковой соли в течение 15 минут. Образовавшуюся смесь перемешивают 2.5 часа. Образовавшийся осадок отфильтровывают через воронку Бюхнера и оставляют на фильтровальной бумаге в чашке Петри, маточный раствор сохраняют для последующих синтезов.

**Методика синтеза IRMOF-1.2**

Навеску терефталевой кислоты массой 5.065 г и 8.5 мл триэтиламина растворяют в маточном растворе предыдущего синтеза. Соль цинка  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  массой 16.99 г растворяют в 450 мл ДМФА. Все последующие операции аналогичны, как и в синтезе IRMOF-1.1.

**Методика синтеза IRMOF-1.3**

Маточный раствор предыдущего синтеза разделяют на 400 и 500 мл. В 400 мл растворяют навеску терефталевой кислоты массой 5.065 г и вводят 8.5 мл триэтиламина. В 500 мл растворяют навеску ацетата цинка  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  массой 16.99 г. После смешивания всех компонентов, смесь, периодически помешивая, оставляют на 48 часов.

Все образцы заливались 75 мл хлороформа на неделю с трехкратной сменой через 2, 3 и 7 суток. После декантации хлороформа образцы хранили в закрытых боксах.

**Обсуждение результатов**

На микрофотографиях СЭМ все полученные образцы содержат хорошо окристаллизованную фазу (рис. 1). Согласно литературным данным, для IRMOF-1 характерна кубическая кристаллическая решетка. Однако при проведении сканирующей электронной микроскопии не удалось обнаружить фрагмент с кубической топологией, так как образцы в большинстве случаев представляют собой агломераты кристаллов.

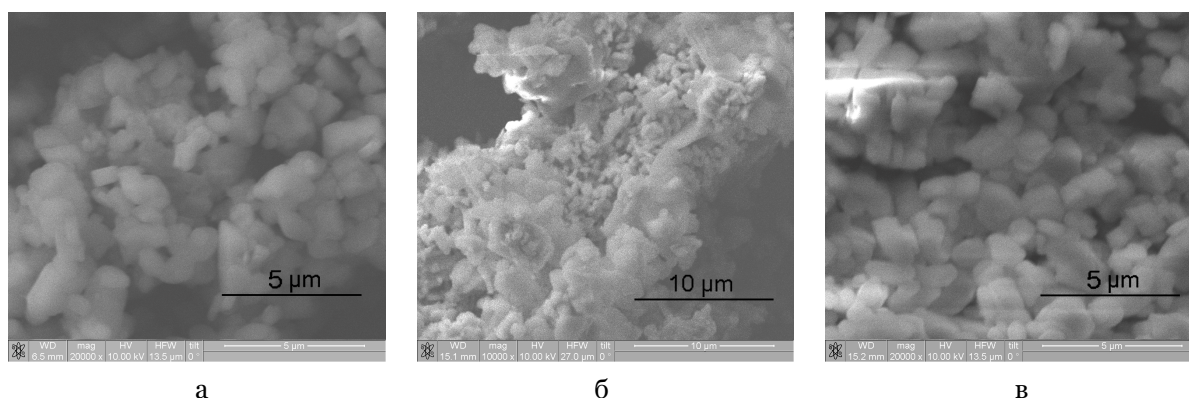


Рис. 1. Микрофотография СЭМ образцов IRMOF-1.1 (а), IRMOF-1.2 (б) и IRMOF-1.3 (в)

Характер кристаллической фазы был изучен с использованием рентгенофазового анализа. Проведенный анализ образцов позволил выявить влияние растворителя на содержание аморфной и кристаллической фаз. На всех дифрактограммах уровень фонового шума при углах  $2\theta$  больше 14° заметно возрастает. Это подтверждает наличие аморфной фазы в исследуемых составах.

По данным сравнительного анализа дифрактограмм образцов IRMOF-1.1 и IRMOF-1.3 можно отметить сходство этих двух материалов по наличию пиков для угла

$2\theta$  при  $5,36^\circ$  и  $5,46^\circ$  соответственно и в пределах  $10^\circ$  (рис. 2). Согласно литературным данным начальные пики, свойственные IRMOF-1, должны находиться около  $5^\circ$ . Такое подобие рентгенограмм объясняется достаточным количеством кристаллозародышей в системе. Концентрации всех реагентов при синтезе образца IRMOF-1.1 были увеличены в два раза за счет снижения объемов растворителя. Вероятно, это позволило сместить равновесие раствор-кристалл в сторону образования кристаллической фазы. Выдержка образца IRMOF-1.3 двое суток в растворителе без регенерации создает благоприятные условия для установления равновесия кристалл-раствор. В то время как для IRMOF-1.2 с добавлением чистого растворителя снижает количество зародышеобразователей за счет эффекта разбавления. Все дальнейшие исследования проводились на образце IRMOF-1.3.

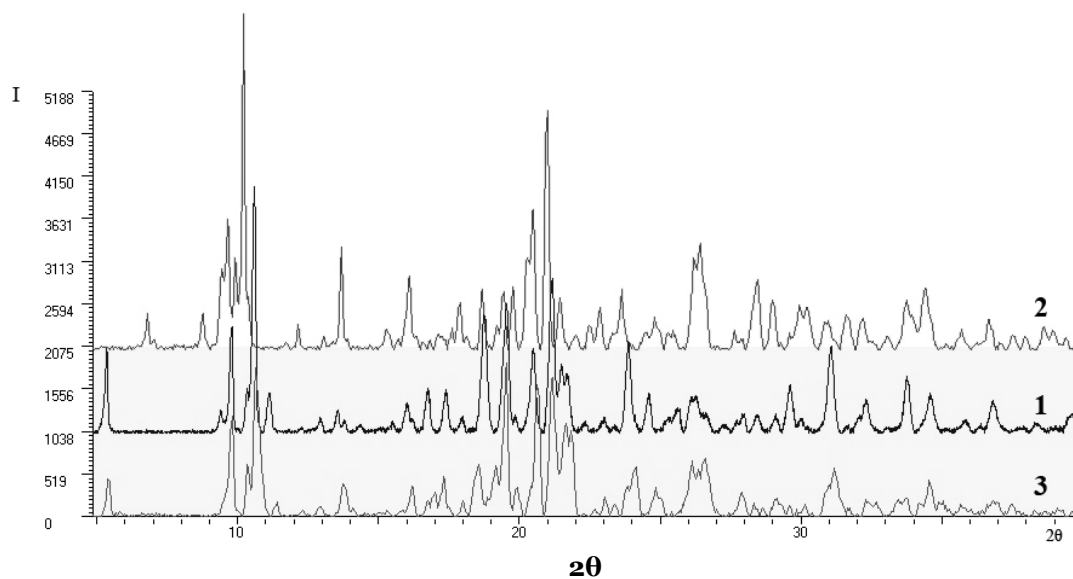


Рис. 2. Сравнительная дифрактограмма образцов IRMOF-1.1 (1), IRMOF-1.2 (2) и IRMOF-1.3 (3)

Исследования термической стабильности проводили методом ТГ-ДСК. Для анализа были подготовлены два варианта образца IRMOF-1.3 с содержанием в качестве молекул-гостей: 1) молекулы растворителя ДМФА (IRMOF-1.3-ДМФА) и 2) молекулы хлороформа (IRMOF-1.3- $\text{CHCl}_3$ ).

На кривой ТГ для IRMOF-1.3-ДМФА (рис. 3) можно выделить несколько участков потери массы. Первый располагается до  $80^\circ\text{C}$  и характеризует потерю легко летучих соединений, таких как триэтиламин. На кривой ДСК при  $120,76^\circ\text{C}$  отчетливо выражен минимум, соответствующий потере связанной воды. При дальнейшем нагревании образца на ТГ-кривой до  $275^\circ\text{C}$  наблюдается значительная потеря массы. Такое плавное изменение массы образца можно объяснить достаточно высокой температурой кипения ДМФА, а также удалением малолетучих соединений, образующихся при взаимодействии реактивов, таких как амины, соли муравьиной и уксусной кислот. В интервале  $275\text{--}320^\circ\text{C}$  на кривой потери масс фиксируются небольшие изменения. Однако на ДСК-кривых в этом диапазоне температур отчетливо выражены два минимума при  $280$  и  $310^\circ\text{C}$ . Это обусловлено разрушением кристаллической решетки образца. Выше  $320^\circ\text{C}$  не проявляется значительных тепловых эффектов и потерь масс из-за полной декомпозиции.

Для образца IRMOF-1.3- $\text{CHCl}_3$  на ТГ-кривых (рис. 4) наблюдается потеря массы до  $130^\circ\text{C}$ , обусловленная удалением легколетучих молекул гостя и воды. Дальнейшее нагревание до  $255^\circ\text{C}$  не приводит к заметным потерям масс и тепловым эффектам. Данный интервал температур отображает устойчивость каркаса и называется в литературе «окно стабильности каркаса» [4]. Последующее нагревание выше  $270^\circ\text{C}$  на кривой ТГ позволяет выделить несколько участков потери масс в интервале  $275\text{--}340^\circ\text{C}$ .

При этих температурах, так же, как и для образца с ДМФА, начинается декомпозиция каркаса.

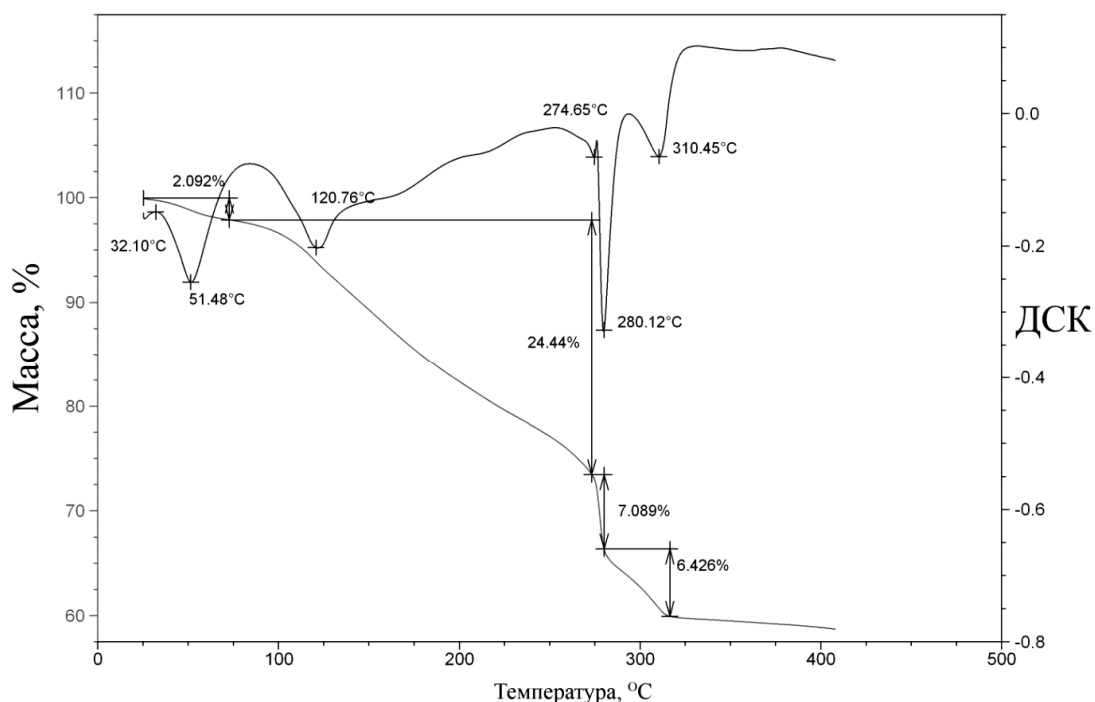


Рис. 3. ТГА-ДСК кривые для образца IRMOF-1.3-ДМФА

Разрушение каркасов исследуемых образцов происходит с образованием оксида цинка, что подтверждается рентгенофазовым анализом продуктов.

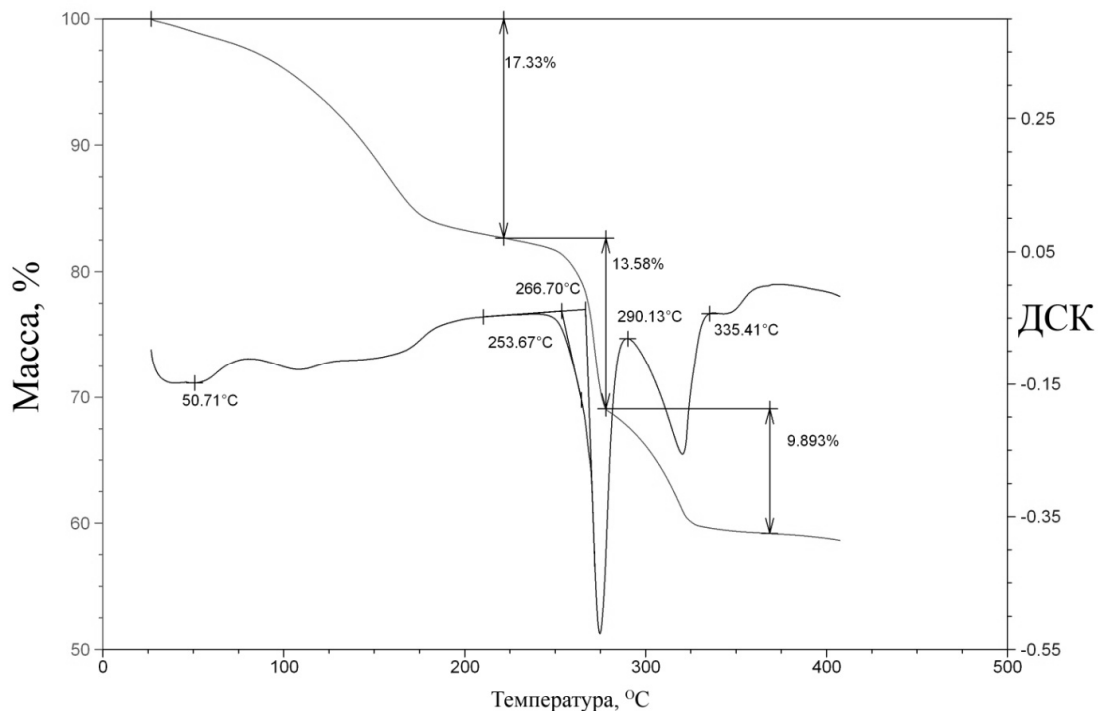


Рис. 4. ТГА-ДСК кривые для образца IRMOF-1.3-CHCl<sub>3</sub>



### Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что количество растворителя является критическим параметром, влияющим на кристалличность, фазовую чистоту и выход металлорганического каркаса. По данным рентгенофазового анализа растворитель может повторно использоваться в синтезе каркасного соединения без снижения качества получаемого IRMOF-1. На основании термогравиметрических и дифференциально-термических исследований установлено, что изучаемый каркас стабилен до 270°C, а при дальнейшем повышении температуры термически разлагается с образованием оксида цинка.

### Список литературы

1. Yaghi O. M., O'Keeffe M., Ockwig N.W., Chae H.K., Eddaoudi M., Kim J. // Nature. – 2003. – Vol. 423. – P. 705.
2. Eddaoudi M., Kim J., Rosi N., Vodak D., Wachter J., O'Keeffe M., Yaghi O.M. // Science. – 2002. – Vol. 295. – P. 469.
3. Tranchemontagne D. J., Hunt J. R., Yaghi O. M. // Tetrahedron. – 2008. – Vol. 64. – P. 8553-8557.
4. Li H., Eddaoudi M., O'Keeffe M., Yaghi O.M. // Nature. – 1999. – Vol. 402. – P. 276.

### SYNTHESIS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK IRMOF-1: EFFECT OF SOLVENT

**A.Yu. Svistunov,  
K.S. Erokhin,  
O.E. Lebedeva**

*Belgorod State University  
Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015,  
Russia  
E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru*

Research results of solvent influence at characteristics of metal-organic framework IRMOF-1 synthesized from zinc salt and terephthalic acid are presented in the article. The quantity of solvent has been shown to be a critical parameter affecting crystallinity, phase composition and yield of metal-organic framework.

Key words: metal-organic frameworks, solvent, MOF, IRMOF.

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.582(471.32)

### ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АТМОСФЕРЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**М.Г. Лебедева,  
О.В. Крымская**

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

*E-mail:  
lebedeva\_m@bsu.edu.ru;  
krymskaya@bsu.edu.ru*

Проведена оценка химической активности атмосферы городов Белгород и Старый Оскол на основе расчета коэффициента трансформации (КТ). Выявлен устойчивый рост КТ для города Белгорода в последние годы, что указывает на увеличение разнообразия загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, и отражает рост автопарка в городе. Для Старого Оскола, загрязнение атмосферы которого определяют стационарные источники загрязнения, уровень химической активности атмосферы отличается стабильностью.

Ключевые слова: химическая активность атмосферы, факторы трансформации, атмосферные выбросы, изменчивость поллютантов.

#### Введение

Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с антропогенными выбросами от промышленности, транспорта, котельных, оксиды азота относятся к наиболее важным. Диоксид азота является вторичной примесью, которая образуется в результате фотохимической реакции. Часть оксида азота переходит в диоксид, часть сохраняется в виде оксида азота. Способность атмосферы принять заданное количество вещества и с помощью других химических веществ, находящихся в атмосфере, произвести определенное количество вторичного вещества характеризует коэффициент трансформации. Коэффициент трансформации указывает на химическую активность атмосферы и ее способность перерабатывать поступающие в нее продукты выбросов [3]. Коэффициент трансформации может меняться от нулевых значений до 0.6-0.7 и зависит от состава газов, участвующих в реакциях.

Целью наших исследований явились анализ и оценка тенденций изменения коэффициента трансформации атмосферы городов Белгород и Старый Оскол.

Задачей наших расчетов было сопоставление потенциала загрязнения атмосферы, то есть климатических характеристик, определяющих накопление примесей в атмосфере, и коэффициента трансформации, свидетельствующего о химической активности атмосферного воздуха. Для городов Белгородской области подобного рода расчеты проведены впервые.

#### Материал и методика

При изучении химической активности атмосферы и определении коэффициента трансформации были использованы данные наблюдений за химическим составом атмосферного воздуха на постах Росгидромета за период 1989 – 2008 гг. [9].

Расчеты были выполнены по методике, рекомендованной Главной геофизической обсерваторией им А.И. Воейкова для исследований подобного рода [2].



## Результаты

Оксиды азота относятся к наиболее важным с экологической точки зрения загрязнителями атмосферного воздуха. Оксиды азота трансформируются, перемещаются и выпадают на землю в виде кислых сухих и влажных осадков, часто на значительном расстоянии от источников выбросов. Оксид и диоксид азота играют важную роль в фотохимических процессах, происходящих в тропосфере при солнечном свете и являющихся причиной образования фотохимического смога и высоких концентраций приземного озона.

Оксиды азота образуются в основном в процессе сгорания органического топлива при высоких температурах и затем трансформируются в  $NO_2$  в результате фотохимической реакции. Концентрация  $NO_2$  в атмосфере существенным образом зависит от интенсивности солнечной радиации, приводящей к усилению химических реакций в целом, а также от концентрации  $NO_x$  – чем больше концентрация  $NO_x$ , тем меньшая часть  $NO_x$  переходит в  $NO_2$ . Отношение  $NO_2 / NO_x$  зависит от интенсивности солнечной радиации, от локальных климатических условий, то есть условий переноса и рассеивания примесей в данных физико-географических условиях, и также зависит от величины выбросов  $NO_x$  ( $NO + NO_2$ ).

В последние годы наблюдается постепенное увеличение концентрации  $NO_2$  в отдельных городах из-за постоянно растущих выбросов. В среднем диоксид азота составляет примерно 40% от суммарной концентрации оксидов азота. Реальная связь между  $NO_2$  и  $NO_x$  не совсем линейная.

Часть оксидов азота переходит в диоксид, часть сохраняется в виде оксидов азота. Отношение концентрации диоксида азота к концентрации суммы оксидов азота называется коэффициентом трансформации (КТ).

КТ проявляется как способность атмосферы принять заданное количество вещества и с помощью других химических веществ, находящихся в атмосфере, произвести определенное количество вторичного вещества. Иначе можно сказать, что КТ показывает, какая часть продуктов, поступивших в атмосферу, преобразуется в новое вещество за время, в течение которого оно будет участвовать в фотохимических реакциях. То есть, КТ свидетельствует о реактивной природе атмосферного воздуха в данном месте. Эта реактивность проявляется через множество факторов, таких как количественный и качественный состав воздушного бассейна, метеорологические условия местности, определяющие его очищающие свойства при переносе и рассеянии, вымывание примесей осадками, а также усиление или ослабление скорости реакций за счет температуры воздуха и количества приходящей радиации.

Все эти причины приводят к тому, что КТ является важной характеристикой атмосферы. Как потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) определяет погодноклиматическую рассеивающую способность атмосферы, так КТ указывает на ее химическую активность и способность перерабатывать поступающие в нее продукты выбросов. Метеорологические условия играют важную роль в формировании уровня загрязнения атмосферы. При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) – комплекса климатических характеристик, таких, как повторяемость туманов, приземных и приподнятых инверсий, застойных явлений, который позволяет оценить ожидаемый в исследуемом районе при заданных выбросах средний уровень загрязнения.

В современных климатических условиях на территории Белгородской области отмечаются определенные различия в рассеивающей способности атмосферы. Территория Центрально-Черноземного района лежит в зоне умеренного ПЗА [1]. Анализ данных потенциала загрязнения атмосферы за последнее десятилетие показал, что территория, где расположены промышленные объекты Курской магнитной аномалии на территории Белгородской области – города Губкин и Старый Оскол, характеризуется более низким ПЗА, чем центральные и западные районы области, где находится областной центр город Белгород (рис. 1). Значение ПЗА для городов Губкин и Старый Оскол составило 2.3, для Белгорода – 2.7, что указывает на специфику условий переноса воздушных масс, характер выпадающих осадков, повторяемости застойных явле-

ний, особенности рельефа местности. Обе эти характеристики (ПЗА и КТ) совместно определяют создаваемый в данном районе уровень загрязнения атмосферы (рис.1).

В Белгородской области одновременные измерения концентрации  $NO_2$  и  $NO$  проводятся лишь в 2-х городах: в Белгороде – на посту №3 и Старом Осколе – на посту № 1. В городе Губкине измерения концентраций проводится эпизодически, в последние 8 лет по финансовым соображениям данный вид обследования отсутствует. На основании полученных данных были определены и проанализированы ежемесячные и среднегодовые значения КТ за последние годы[4, 5-8].



Рис. 1. Потенциал загрязнения атмосферы над территорией Белгородской области

Для определения КТ предпочтительнее использовать среднемесячные концентрации, поскольку они всегда надежнее, чем случайные разовые определения. Высокие значения КТ могут быть результатом низкой рассеивающей способности атмосферы и высокой интенсивности солнечной радиации. Длительное пребывание примесей в атмосфере, особенно в южных регионах, может привести к росту значений КТ. Летом за счет высокой температуры атмосферного воздуха и значительной температуры выбросов КТ могут возрастать. На рис. 2 представлены средние годовые характеристики КТ для городов Белгородской области.

Сравнивая КТ для Белгорода и Старого Оскола можно проследить тенденцию к достаточно стабильному уровню химической трансформации в Старом Осколе в начале нынешнего столетия. В Белгороде межгодовая динамика изменения КТ выражена более отчетливо. В областном центре уровень загрязнения атмосферы определяет существенным образом растущий парк автомобильного транспорта, что увеличивает и номенклатуру выбросов, и приводит к росту интенсивности химических процессов. На рубеже 1980 – 90-х гг. прошлого века химическая активность атмосферы в городе Белгороде менялась более заметно, чем в Старом Осколе, что отражает меняющийся состав выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на фоне нестабильно работающих объектов экономики в тот период.

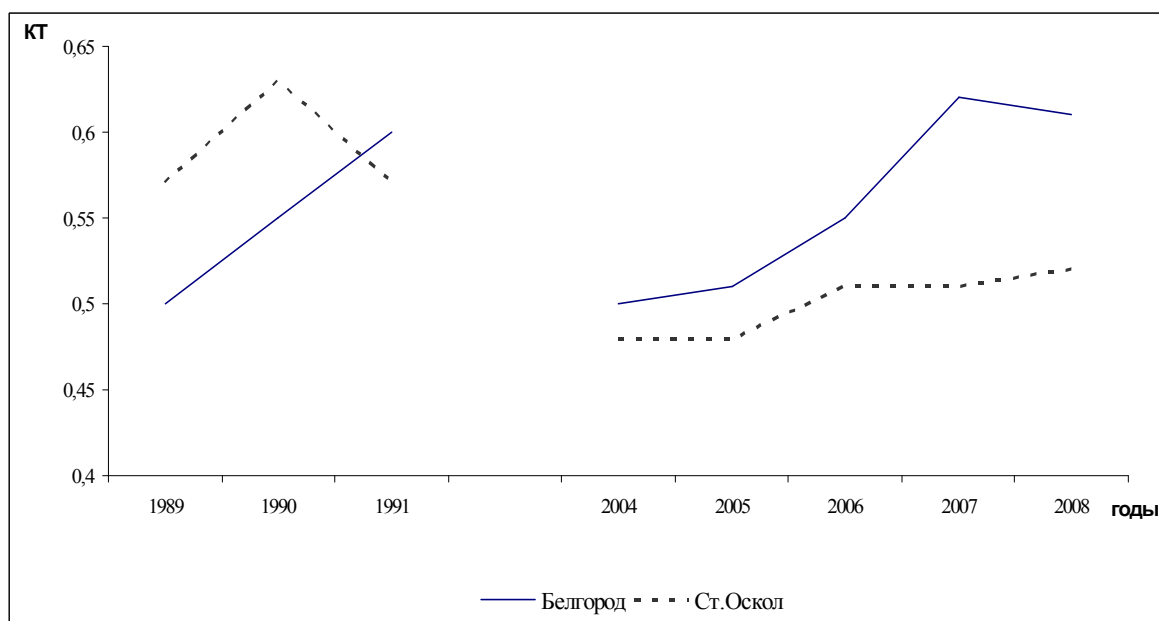


Рис. 2. Среднегодовые значения коэффициента трансформации (КТ) в городах Белгород и Старый Оскол

Поступление загрязнителей в атмосферу Старого Оскола связано с устойчивой деятельностью крупного стационарного источника – Стойленского ГОКа. Химическая активность в среднем за год выше в г. Белгороде. В последние годы наблюдается рост антропогенной нагрузки, что требует дополнительного внимания контролирующих структур при планировании природоохранных мероприятий.

Анализ динамики средних за год КТ показал их рост в большинстве городов РФ, начиная с 1998–1999 гг. Это может говорить о возможности увеличения интенсивности химических реакций в атмосферном воздухе. Именно благодаря росту этой активности можно ожидать очищения воздушных масс от загрязнения (при условии, что не произойдет увеличения промышленных или антропогенных выбросов).

Оценка сезонной изменчивости КТ в гг. Белгород и Старый Оскол представлена на рис. 3, где показаны осредненные за 5-летний период (2004–2008 гг.) данные о среднемесячных значениях коэффициента трансформации.

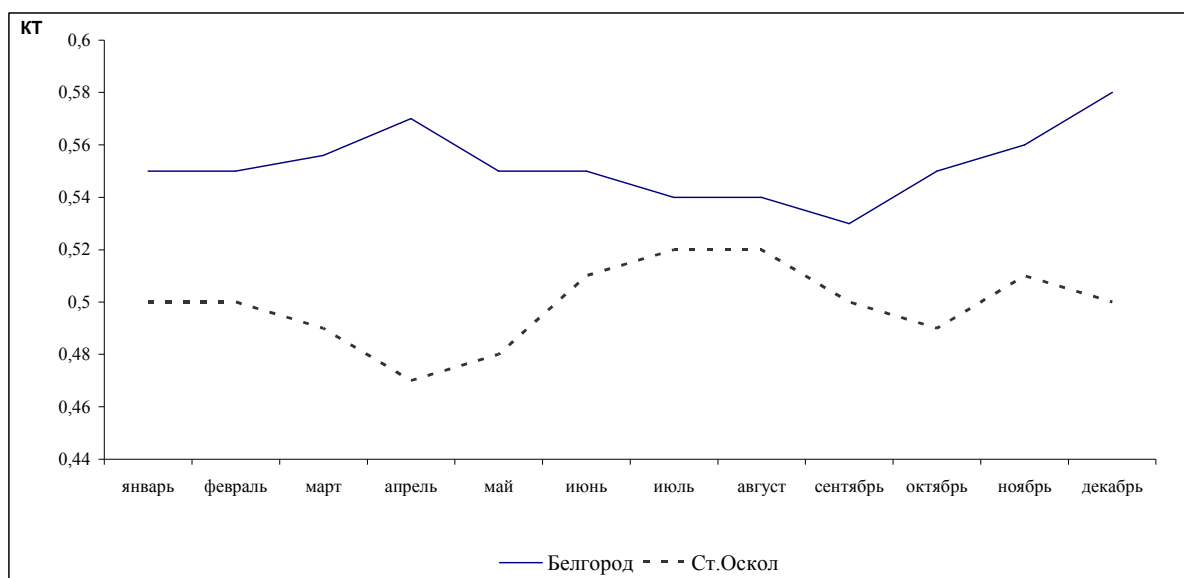


Рис. 3. Среднемесячные значения КТ в городах Белгородской области



Обращает на себя внимание отсутствие резких изменений КТ от месяца к месяцу. Вариации происходят в пределах 3-5%. Данный факт иллюстрирует, на наш взгляд, равномерное распределение по сезонам года аэросиноптических условий, способствующих накоплению примесей в атмосфере.

### Выводы

Коэффициент трансформации, характеризующий химическую активность атмосферы зависит и от климатических характеристик, и от расположения промышленных предприятий и автотранспорта. Процесс трансформации оксида азота в диоксид азота постепенный. Чем больше расстояние от промышленных предприятий и авто-трасс до жилых районов, тем большая часть оксидов трансформируется в диоксид азота. Однако этот процесс не бесконечен, и постепенно наступает равновесное состояние, при котором уже не происходит заметных изменений, если при этом не поступает новый поток примеси, который вызывает новые реакции. КТ зависит от концентрации  $NO_x$ : чем он выше, тем КТ меньше. Следует иметь ввиду, что диоксид азота более токсичен, чем оксид азота. Таким образом, чем выше значения КТ, тем больше  $NO_2$  находится в атмосфере и продолжает участвовать в химических реакциях.

Наши исследования показали, что КТ в городе Белгороде выше, чем в Старом Осколе, что указывает на большее количество разнообразных источников выбросов загрязняющих веществ в областном центре и отражает степень влияния автомобильного транспорта. В Старом Осколе характеристики КТ устойчивы.

Учитывая стабильность химической активности атмосферного воздуха в Старом Осколе в последние годы, следует рекомендовать при планировании и реализации природоохранных мероприятий уделять особое внимание снижению выбросов загрязняющих веществ в периоды длительных НМУ. В Белгороде наибольшего эффекта по улучшению экологической обстановки можно ожидать при проведении дальнейших работ по снижению выбросов от автотранспорта – это и строительство и расширение автотрасс, и улучшение качества автомобильного топлива. Следует, на наш взгляд, восстановить наблюдения за содержанием диоксида азота в городе Губкине для более полного контроля динамики поступления и трансформации загрязняющих веществ в атмосферу с целью принятия адекватных мер по улучшению экологической обстановки

### Список литературы

1. Атлас Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области. – Белгород: БГУ. – 2005. – 179 с.
2. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его загрязнения. – СПб.: «Астерион». – 2008. – 242 с.
3. Безуглая Э.Ю., Шуцкая А.Б. Влияние метеорологических условий на изменение содержания окислов азота в приземном слое атмосферы городов // Труды ГГО, №543. – Л.: Гидрометеиздат. – 1991. – С. 44-52.
4. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Качество атмосферного воздуха в городах Центрально-Черноземного региона. – Белгород. «Политерра». – 2003. – 74 с.
5. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2003-2004 годах. /под ред С.В. Лукина, Ф.Н. Лисецкого, М.В. Терентьева. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 182 с.
6. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2005 году: справочное пособие/ П.М. Авраменко, Л.В. Александрова, А.И. Анисимов и др. под ред С.В. Лукина – Белгород: БелГУ, 2006. – 240 с.
7. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2006 году: справочное пособие/ П.М. Авраменко, Г.Л. Акиньшина, А.И. Анисимов и др. под ред С.В. Лукина – Белгород: КОНСТАНТА, 2007. – 208 с.
8. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2008 году: справочное пособие/ П.М. Авраменко и др. под ред С.В. Лукина – Белгород: КОНСТАНТА, 2009. – 246 с.
6. Фондовые материалы Белгородского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.



## THE ESTIMATION OF ATMOSPHERE CHEMICAL ACTIVITY IN THE INDUSTRIAL CENTERS IN BELGOROD REGION

**M.G. Lebedeva,  
O.V. Krymskaya**

*<sup>1</sup>Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia*

*E-mail:  
lebedeva\_m@bsu.edu.ru;  
krymskaya@bsu.edu.ru*

The estimation of atmosphere chemical activity of Belgorod and Stary Oskol on the basis of factor of transformation calculation (FT) is conducted. In Belgorod steady growth of FT in recent years is revealed. It specifies the increase of polluting substances variety which come to the atmosphere, and reflects motor-vehicle pool growth in the city. The atmosphere pollution in Stary Oskol is defined by stationary sources of pollution; therefore chemical activity level of atmosphere is characterized by stability.

Key words: chemical activity of atmosphere, factor of transformation, atmosphere pollution, variety of the polluting substances.

## К ВОПРОСУ О СООТВЕТСТВИИ РОДНИКОВ КРАСНОЯРУЖСКОГО, РАКИТЯНСКОГО И НОВООСКОЛЬСКОГО РАЙОНОВ КРИТЕРИЯМ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

**Л.Л. Новых,  
Г.А. Орехова**

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

*E-mail: novykh@bsu.edu.ru*

Проведено обследование родников ряда районов Белгородской области и осуществлен анализ их соответствия критериям памятников природы. Установлено, что необходимо совершенствование сети особо охраняемых природных территорий Белгородской области в разделе «Родники – памятники природы». Предложен перечень родников Краснояружского, Ракитянского и Новооскольского районов, отвечающих этим критериям.

Ключевые слова: памятники природы; факторы решающие, основные и дополнительные; экологическое значение, достопримечательность, рекреационная ценность, дебит.

Принятые сокращения: Д – дополнительные факторы, О – основные факторы, ООПТ – особо охраняемые природные территории, Р – решающие факторы.

### Введение

Целевые программы «Родники» по использованию, охране и обустройству источников нецентрализованного водоснабжения проводятся во многих регионах России. Если заглянуть на сайты Интернета, мы видим самый настоящий «родниковый бум». Вышли в свет книги о родниках Москвы [1], Подмосковья [2, 3], Волгограда [4], Саратова [5], Самары [6]. И этот список можно было бы продолжить. Столь широкое внимание к родникам, очевидно, обусловлено не только необходимостью вовлечения в активный оборот этих природных источников, но более широкая цель таких программ – сделать так, чтобы питьевые источники сыграли роль своего рода эстафеты поколений, стали средством экологического воспитания и просвещения населения. Программы «Родники» считают одним из самых удачных экологических проектов последнего времени [7].

Белгородская область широко известна своим вниманием к родникам. С 1997 года здесь осуществляется программа обследования, расчистки и благоустройства родников. В 2001 году был проведен областной конкурс «Живи, родник, живи!», в 2007 году – конкурс «Родники Белогорья», в 2008 году – конкурс проектов обустройства родников для улучшения их экологического, санитарного и эстетического состояния. Проект «Обустройство родников Белгородской области» был награжден дипломом за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России на конкурсе «Национальная экологическая премия», учрежденном неправительственным экологическим фондом имени В.И. Вернадского и Комитетом по экологии Государственной думы РФ. В 2009 году вышла в свет книга «Родники Белогорья» [8], где представлен реестр более 700 родников области.

Значение родников в природе и жизни людей многогранно: с одной стороны, родники являются составной частью природных комплексов, т.е. имеют ландшафтное значение. С другой стороны, еще кое-где сохранилось их традиционное хозяйственно-питьевое значение. Известно и рекреационное значение родников: люди с большим удовольствием проводят время там, где есть источник, не только потому, что можно попить чистой воды, но и потому, что родник усиливает эстетическую ценность пейзажа. Многие родники ассоциируются с религиозными обрядами.



Подземные воды являются неотъемлемой частью ландшафта, обеспечивающей его экологические качества: они формируют целостность компонентов ландшафтов и участвуют в формировании многообразия видов в пределах биоценозов, слагающих ландшафт. Если дебит родника достаточно большой, то в ландшафте появятся заболоченные участки или водоемы с их специфическими сообществами организмов, т.е. действительно нарастает видовое разнообразие.

Сейчас родники не решают проблемы водоснабжения крупных населенных пунктов, за исключением аварийных ситуаций в водопроводной сети, но в малых населенных пунктах их значимость сохраняется. Многочисленные публикации свидетельствуют о том, что вода родников может быть загрязненной. Так по данным государственного центра санэпиднадзора в г. Москве, родники на территории города могут использоваться только в декоративных целях, так как качественный состав воды не соответствует установленным нормам [9]. Следовательно, для оценки хозяйственно-питьевого значения родников важно иметь информацию о качестве воды в источниках, чтобы она не стала угрозой для жизни людей.

Родники как элементы пейзажа, представляют значительный интерес в аспекте рекреационных задач. Они привлекают внимание и увеличивают рекреационную ценность пейзажа, внося в него разнообразие. Культовое значение родников заключается в использовании их священнослужителями при проведении различных обрядов. Ключевая вода часто обладает целебными свойствами. Именно поэтому у родников, над купальнями часто строят часовни.

В первую очередь в связи с ландшафтным значением родники часто попадают в разряд памятников природы. Согласно ст. 25 Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях» «памятники природы – уникальные, невосполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения» [10]. Они могут быть федерального, регионального значения. Статья 27 этого закона устанавливает режим особой охраны территорий памятников природы: «на территориях, на которых находятся памятники природы, и в границах их охранных зон запрещается всякая деятельность, влекущая за собой нарушение сохранности памятников природы. Собственники, владельцы и пользователи земельных участков, на которых находятся памятники природы, принимают на себя обязательства по обеспечению режима особой охраны памятников природы».

На рисунке 1 представлена составленная нами картограмма распределения охраняемых родников в районах Белгородской области. Ее анализ показывает, что количество охраняемых родников по административным районам области изменяется от 0 до 32. Три района, озвученные нами в названии статьи, образуют «белое пятно» – здесь нет родников, которые относились бы к памятникам природы регионального значения. Самую многочисленную группу образуют те районы области, где число охраняемых родников составляет от 1 до 5 (Грайворонский, Ивнянский, Белгородский, Корочанский, Губкинский, Старооскольский, Красненский, Алексеевский и Вейделевский), а лидерами среди всех районов являются: Яковлевский (14 охраняемых родников) и Красногвардейский (32 охраняемых родника). Обращает на себя внимание тот факт, что в соседних районах – Новооскольском и Красногвардейском – количество охраняемых родников либо минимально, либо максимально. При этом у нас нет оснований утверждать, что эти районы существенно отличаются по своим природным особенностям. Таким образом, мы предполагаем, что при составлении перечня охраняемых родников в районах области использовались разные критерии, поэтому существующий перечень родников-памятников природы требует уточнения.

Целью нашего исследования была оценка родников Краснояружского, Ракинского и Новооскольского районов с точки зрения их соответствия критериям памятников природы. В задачи исследования входило полевое обследование родников, обновление их паспортов, анализ характеристик источников.

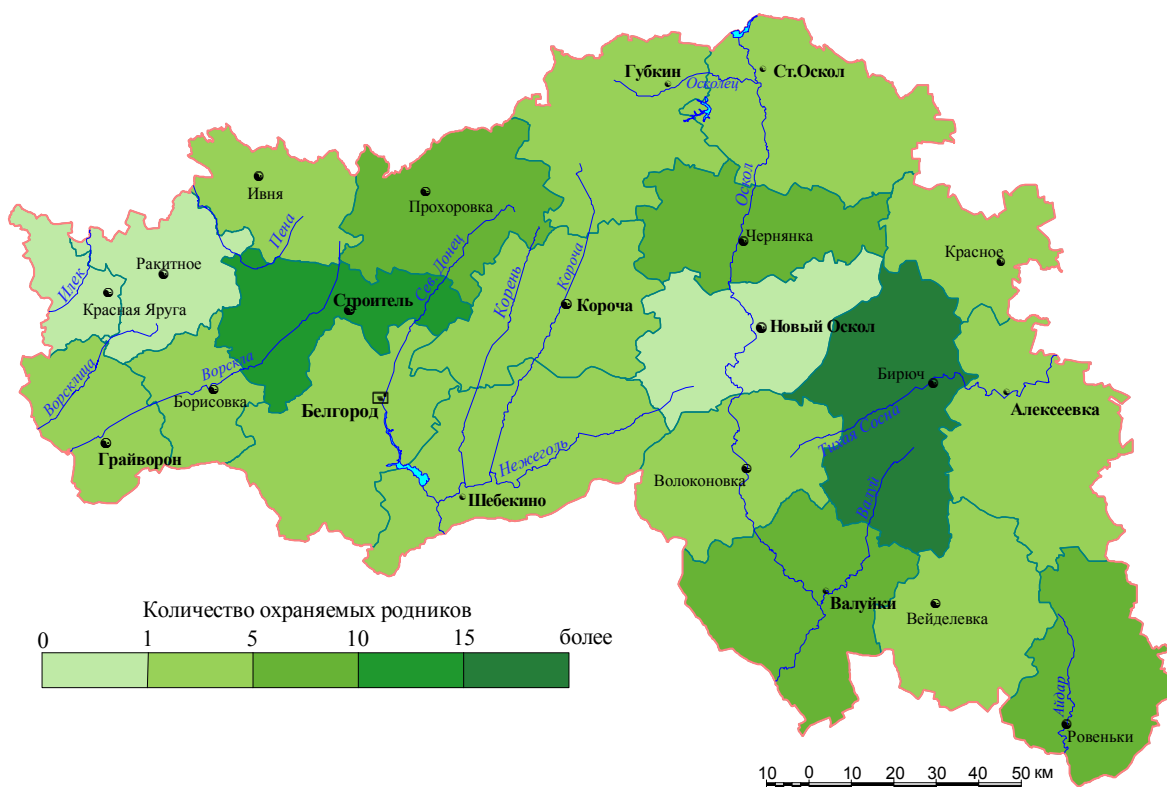


Рис. 1. Картограмма размещения охраняемых родников на территории Белгородской области

### Объекты и методы исследования

Краснояржский и Ракитянский районы расположены на северо-западе области. По решению Исполнительного комитета Белгородского областного Совета народных депутатов от 30.08.1991 № 267 «О создании сети особо охраняемых природных территорий области» [11] перечень ООПТ Краснояржского района включал пять объектов: государственный охотничий заказник, гидрологический заказник, рекреационную зону, родник в урочище «Теребрено» и урочище «Становское». Постановлением Главы администрации Белгородской области от 31.10.1995 № 628 «О расширении сети особо охраняемых природных территорий области» [11] в нее дополнительно были включены еще два памятника природы: каштановая аллея и дубы-долгожители в поселке Красная Яруга. Позже родник в урочище «Теребрено» был исключен из перечня ООПТ, а пруд в урочище «Становское» передан в Ракитянский район.

В Ракитянском районе сеть ООПТ представлена пятью гидрологическими заказниками (пруды и Солдатское водохранилище), ботаническим заказником, урочищем «Парк» и двумя памятниками природы (урочище «Марково-Церковное» и дуб-долгожитель в пос. Ракитное).

Самой известной охраняемой территорией в Новооскольском районе является участок Государственного природного заповедника «Белогорье» «Стенки-Изгорья». ООПТ регионального значения представлены ботаническим заказником «Меловая гора», лесопарком, рекреационной зоной, двумя памятниками природы, в качестве которых выделены дубы-долгожители [12].

Объектами полевого обследования 2008-2009 гг. являлись родники изучаемых районов, местоположение которых было установлено ранее и описано в монографии [8]. Всего обследовано 85 родников, в том числе 24 на территории Краснояржского района, 31 – в Ракитянском районе и 30 – в Новооскольском.

При выделении родников в качестве памятников природы ученые Московского государственного геологоразведочного университета [1] предлагают использовать 3



группы факторов, которые были применены Главным архитектурно-планировочным управлением г. Москвы:

- 1) решающие факторы: а) значительная научная ценность; б) историческое ценное или природное значение; в) важное экологическое значение;
- 2) основные факторы: г) уникальность, достопримечательность природного объекта; д) культурно-познавательная ценность;
- 3) дополнительные факторы: е) эстетическая привлекательность, живописность объекта; ж) рекреационно-оздоровительное значение объекта; з) пропагандистско-воспитательная ценность.

При этом указывается, что решающие факторы дают возможность отнести природный объект к разряду памятников природы только по наличию одного из факторов данной категории без дополнительных исследований. Основные факторы позволяют отнести природный объект к разряду памятников природы при наличии еще хотя бы одного из факторов настоящей шкалы. Дополнительные факторы действуют только в дополнение к основным и решающим. Изложенные группы факторов и принципы их применения мы использовали в данной работе.

Согласно Постановлению Правительства Москвы от 30 мая 2000 г. № 399 «О сохранении, обустройстве и использовании природных родников на территории города Москвы», основными критериями отнесения родников города Москвы к памятникам природы регионального значения являются:

- высокая пейзажная ценность окружающего ландшафта и экологическая ценность самого родника;
- традиционно высокое историческое, культурное или религиозное значение родника [1].

Следует подчеркнуть, что в этом случае критерии более четкие и однозначные, хотя и менее многогранные, чем в первом. Их мы также использовали при анализе изученных родников на соответствие критериям памятников природы. Эту шкалу мы называем «более жесткой».

### Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты проведенной оценки родников по обеим шкалам, названным выше. Расшифровка использованных сокращений приведена в резюме статьи. Представлены данные лишь по тем родникам, которые имеют положительную оценку соответствия хотя бы по первой из шкал.

Таблица 1

#### Соответствие изученных родников критериям памятников природы

№ п/п	Название родника, его местонахождение и номер на картосхеме	«Формула соответствия»	Высокая пейзажная ценность окружающего ландшафта и экологическая ценность родника	Традиционное высокое значение родника		
				историческое	культурное	религиозное
1	2	3	4	5	6	7
Краснояржужский район						
1.	«Криница», с. Демидовка, № 1	О-Д	-	-	-	-
2.	«Артезианский источник», с. Графовка, № 3	Р-О	-	-	-	-
3.	«Артезианский источник», с. Анновка, № 5	Р-О	+	-	-	-
4.	«Славный», с. Вязовое, № 13	О-2Д	-	-	-	-



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
5.	«Теребренский», ур. Теребрено, № 19	Р-О-2Д	-	+		+
Ракитянский район						
6.	«Криница», между селами Венгеровка и Псковское, № 1	Р-О-2Д	+	-	-	-
7.	х. Хуторянский, № 2	О-Д	-	-	-	-
8.	х. Бориллов	Р-О	-	+	-	-
9.	«Средний», с. Зинаидино, № 5	Р-О	-	-	-	-
10.	пос. Ракитное, центр, № 7	О-Д	-	-	-	-
11.	пос. Ракитное, центр, № 8	О-Д	-	-	-	-
12.	Вблизи с. Ивенка, № 14	Р-Д	-	-	-	-
13.	с. Дмитриевка, № 24	О-2Д	-	-	-	-
14.	с. Солдатское, № 30	О-2Д	-	-	-	-
Новооскольский район						
15.	«Егориевский», с. Солонец Поляна, № 1	О-2Д	-	-	+	+
16.	х. Симоновка, № 3	О-2Д	-	-	-	+
17.	с. Старая Безгинка, № 4	Р-О-3Д	+	-	-	-
18.	«Параскева Пятница», с. Старая Безгинка, № 5	2Р-О-2Д	+	-	-	+
19.	с. Богородское, № 10	Р-Д	-	-	-	-
20.	с. Шарাপовка, № 15	Р-Д	-	-	-	-
21.	Ур. Блюдское, № 17	О-2Д	-	-	-	-
22.	«Белый ключ», с. Борсук, № 18	О-2Д	-	-	-	-
23.	«Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка», № 22	Р-О-Д	-	+	-	-
24.	«Барков сад», № 28	О-Д	-	-	-	-

Среди 24 обследованных родников Краснояружского района 5 имеют соответствия критериям памятников природы, позволяющим рассматривать их как перспективные объекты. Решающие факторы отмечены у трех родников. Два из них, строго говоря, не являются родниками, так как представлены артезианскими скважинами. Больше всего факторов соответствия отмечено для родника «Теребренский». При применении «более жесткой» шкалы в списке перспективных памятников природы остаются 2 объекта: «Артезианская скважина» в с. Анновка и родник «Теребренский».

Таким образом, следует признать, что этот родник был выведен из состава ООПТ преждевременно. У него незначительный дебит (около 0,13 л/с), сам родник находится в лесу на расстоянии 3 км от села, территория вокруг подтоплена, но по-прежнему он посещается местными жителями и активно используется в культовых целях. Жители с. Теребрено рассказали нам быль (или легенду?) об исцеляющей воде родника, о том, что когда фашисты подходили к селу, на самых секретных их картах был этот родник, так как даже немцы знали о чудодейственной силе его воды.

Размещение перспективных родников на территории района показано на рисунке 2. Черным цветом выделены родники, соответствующие критериям памятников природы по первой из примененных шкал. Звездочками отмечены родники, соответствующие критериям, использованным в Постановлении Правительства г. Москвы. Все объекты приурочены к западной части Краснояружского района. Родники, наиболее соответствующие критериям памятников природы, находятся в северной (№ 5) и южной (№ 19) частях района. При этом первый из указанных родников выделяется по своему экологическому значению (высокому дебиту), а второй – по историческому и религиозному значению.

В Ракитянском районе обследован 31 родник, из них 9 родников показали соответствие критериям памятников природы. Однако большая часть обследованных родников выделяется по основным и дополнительным факторам. Решающие факторы

отмечены для трех родников: высокое экологическое значение у родников №№ 1,5 и ценное историческое значение у родника № 3. Родник на х. Бориллов известен еще с довоенных времен. Из поколения в поколение передается история о том, что во время военных действий на территории района в период Великой отечественной войны здесь располагался военный госпиталь. Когда не хватало лекарств для обработки ран, бинты смачивали родниковой водой – и раны быстро заживали.

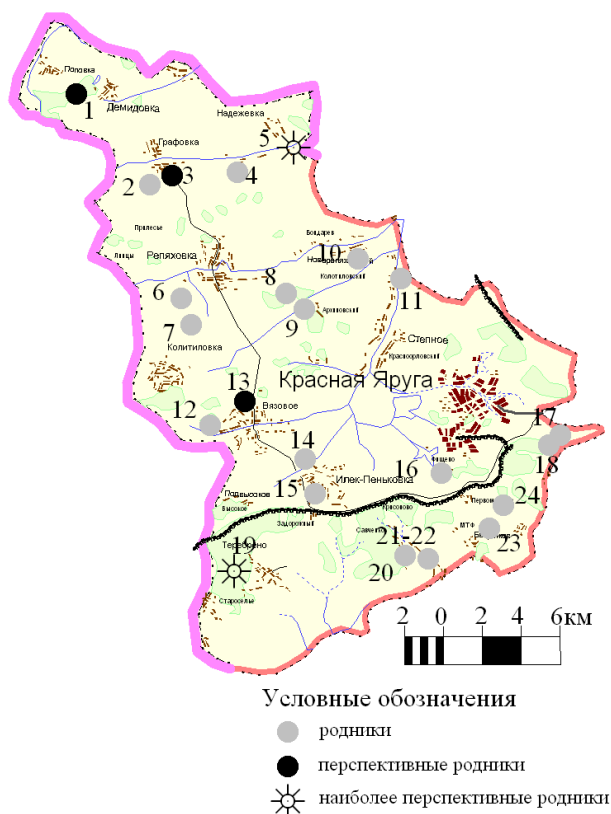


Рис. 2. Размещение родников Краснояружского района, отвечающих критериям памятников природы регионального значения

представлено только 10 из них, так как два объекта в с Шараповка представляют собой не сосредоточенные выходы, а «родниковые поля», т.е. на небольшой территории наблюдаются многочисленные выходы небольших родничков. Суммарный дебит их средний или высокий, но он относится к большому числу объектов. Большая часть обследованных родников выделяется по основным и дополнительным факторам. Решающие факторы отмечены для пяти родников: высокое экологическое значение у родников №№ 4, 5, 10, 15 и ценное историческое значение у родников №№ 5, 22.

Очевидно, что среди всех перечисленных выделяется родник под № 5, который фигурирует в обоих списках. Согласно ранее полученным результатам [13], один из родников на реке Тихий Усердец в селе Старая Безгинка является светским (в нашем исследовании он идет под № 4), другой известен целебными свойствами своей воды. По преданию, здесь была явлена икона Божьей матери. Этот родник очень почитается в народе. Он был освящён в честь Параскевы Пятницы.

При применении «более жесткой» шкалы в списке претендентов на звание «памятника природы» остаются пять родников: №№ 1, 3, 4, 5, 22. Два из них (№№ 1, 2) выделены по религиозному значению. Так у родника № 1 в лесном массиве севернее с. Солонец Поляна стоит стол в форме креста, предусмотрены сиденья из пеньков, поставлен крест с иконами и рушником. Родник № 4 в селе Старая Безгинка имеет де-

Максимальное число факторов соответствия среди родников Ракитянского района описано для родника «Криница», который расположен между селами Венгеровка и Псковское. Этот родник имеет дебит более 3 л/с. Точная оценка дебита затруднена, так как родник бьет на дне реки Ракита. Следует отметить, что оба названных родника в последние годы подверглись реконструкции и заметно улучшили свой внешний вид. При применении «более жесткой» шкалы именно эти родники остаются в списке перспективных памятников природы.

Размещение перспективных для придания охранного статуса родников на территории Ракитянского района показано на рисунке 3. Они встречаются по всему району. Родники, наиболее соответствующие критериям памятников природы (№№ 1,3), находятся в его северной части. При этом первый из указанных родников выделяется по своему историческому значению, а второй – по экологическому.

В Новооскольском районе обследовано 30 родников. Из них соответствие критериям памятников природы показали 12. В то же время в таблице



бит более 12 л/с. Он образует единый комплекс с расположенным выше по рельефу парком и имеет большое рекреационное значение. Родник № 5 в селе Старая Безгинка выделяется не только по своему религиозному значению, указанному выше, но также имеет и большое экологическое значение, так как его дебит составляет более 10 л/с.

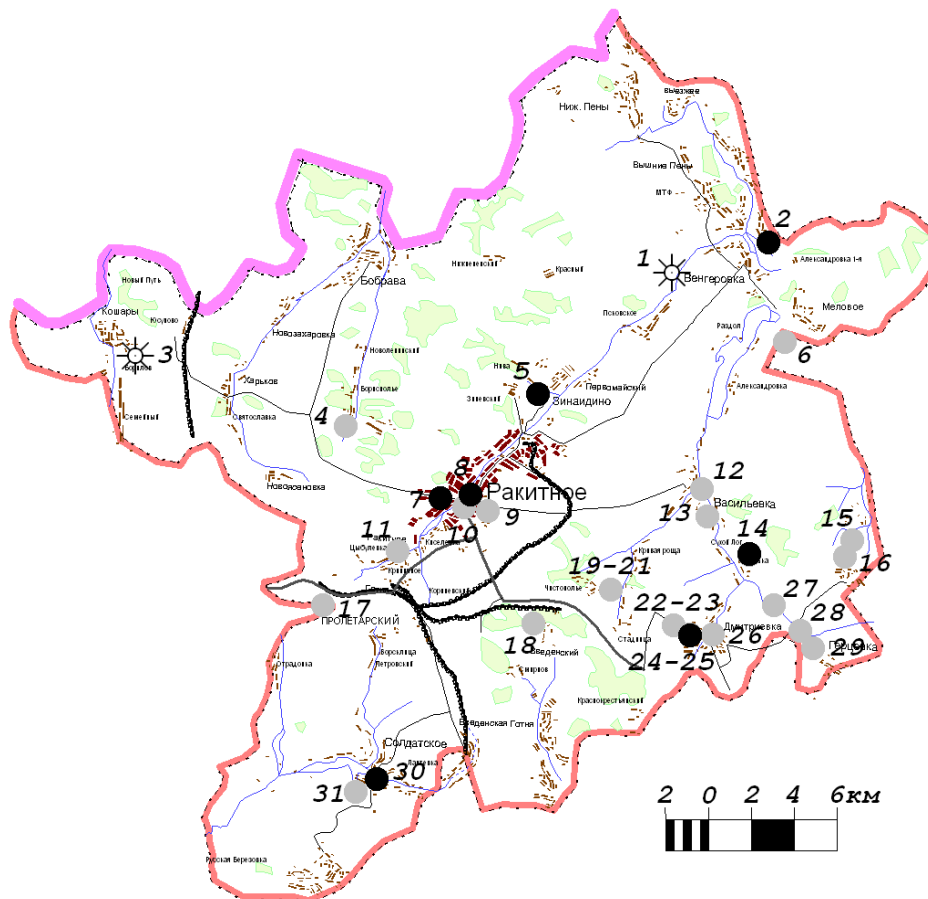


Рис. 3. Размещение родников Ракитянского района, отвечающих критериям памятников природы регионального значения

Длинное название имеет родник № 22 – «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка». При входе в лесной массив, в котором расположен родник, можно увидеть табличку с изображением самолета. Этот родник малый по дебиту (0,05 л/с), у него нет красочного благоустройства (просто непримечательный деревянный сруб), но родник имеет историческую ценность, так как еще в годы войны им пользовались летчики расположенного рядом военного аэродрома. Долгие годы ветераны авиаполка, приезжающие на празднование Дня Победы, ухаживали за этим родником.

Размещение перспективных родников на территории Новооскольского района показано на рисунке 4. Они встречаются по всему району. Большинство родников, наиболее соответствующих критериям памятников природы, находятся в северной части района.

### Заключение

Проведенный анализ известных родников Краснояружского, Ракитянского и Новооскольского районов на соответствие критериям памятников природы регионального значения показал, что необходимо совершенствование сети ООПТ Белгородской области в разделе «Памятники природы». На территории изученных районов, несмотря на отсутствие охраняемых родников в списках объектов сети ООПТ, пред-

ставлены родники, полностью соответствующие критериям выделения памятников природы. В Краснояружском районе к таким родникам относятся «Артезианский источник» в селе Анновка и «Теребренский» в урочище Теребрено; в Ракитянском районе – «Криница», между селами Венгеровка и Псковское и родник на хуторе Бориллов; в Новооскольском районе – «Егоровский» вблизи села Солонец Поляна, родник на хуторе Симоновка, два родника в селе Старая Безгинка (светский и «Параскева Пятница») и «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка» между селами Гринево и Ендовино.

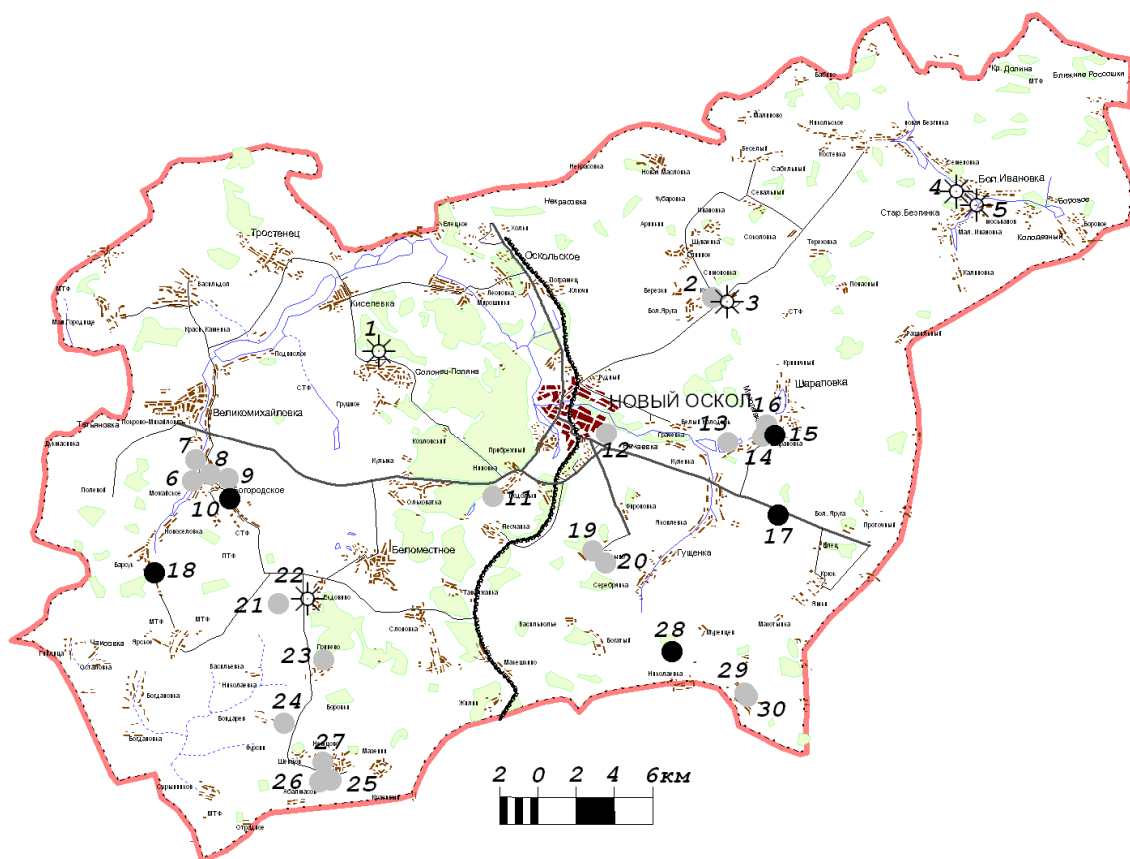


Рис. 4. Размещение родников Новооскольского района, отвечающих критериям памятников природы регионального значения

Полный список родников, перспективных для включения в разряд памятников природы, составляет для Краснояружского района 5 объектов, для Ракитянского – 9, для Новооскольского – 10.

### Список литературы

1. Швец В.М., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Родники Москвы. – М.: Научный мир, 2002. – 160 с.
2. Балабанов И.В., Смирнов С.А. 500 родников Подмосковья. – М.: Издатель И.В. Балабанов, 2008. – 184 с.
3. Родники Подмосковья: Результаты экологических исследований / Под ред. В.А. Мясникова, В.В. Мосолова. – М.: Мин-во экологии и природопользования Московской области, ООО «Корсан», 2004. – 128 с.
4. В Волгограде презентовали книгу о родниках и реках области. 18.04.2008. - Режим доступа: <http://www.volgograd-trv.ru/news>.
5. Каждый теперь сможет узнать о «Родниках Саратовской области». 30 декабря 2008. - Режим доступа: <http://www.newvers.ru/cultura/2008>.

6. Книга о родниках. 27.03.2003 Самара. – Режим доступа: <http://www.aki-ros.ru>.
7. Аква-Эксперт. – Режим доступа: <http://airweek.ru/news>.
8. Петин А.Н., Новых Л.Л. Родники Белогорья. – Белгород: КОНСТАНТА, 2009. – 220 с.
9. Состояние водных ресурсов – родники. 06 декабря 2005 г. Правительство Москвы: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – Режим доступа: <http://www.moseco.ru>.
10. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон Российской Федерации от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ («Собрание законодательства Российской Федерации», 1995, № 12, ст. 1024). – Режим доступа: <http://oopt.info/oopt>.
11. Особо охраняемые природные территории Белгородской области. – Белгород, 1995. – 61 с.
12. Гусев А.В. Предложения по формированию каркаса экологической сети Новооскольского района // «Белгородская область вчера и сегодня» к 45-летию образования области. Т. 2. – Белгород, 1999. – С. 28-32.
13. Белгородская область. Родники на реке Тихий Усердец в селе Старая Безгинка имеют все шансы на победу в акции «Родники Белогорья». Дата публикации: 25.05.2007. – Режим доступа: <http://mirbelogorya.ru/modules/news>.

### **CONFORMITY OF SPRINGS OF THE KRASNOYARUJSKY, RAKITYANSKY AND NOVOOSKOLSKY DISTRICTS WITH THE CRITERIA OF NATURE SANCTUARIES OF THE REGIONAL VALUE**

**L.L. Novyh, G.A. Orehova**

*Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: [novykh@bsu.edu.ru](mailto:novykh@bsu.edu.ru)*

Springs inspection in some areas of Belgorod region is conducted and the analysis of their conformity with criteria of nature sanctuaries is carried out. It is recorded, that perfection of a network of protected natural territories in Belgorod region in section «Springs - nature sanctuaries» is necessary. The list of springs of Krasnoyarujsky, Rakityansky and Novooskolsky districts adequate to criteria of nature sanctuaries is offered.

Key words: nature sanctuaries; determinative factors, basic and additional; ecological value, sights, recreational value, debit.

The accepted reductions: Д - additional factors, О - major factors, ООПТ - especially protected natural territories, Р - determinatives.



## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

**С.В. Сергеев,  
М.А. Рыбалов**

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

Изложены результаты изысканий, анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий в районе университетского комплекса. Приведены свойства грунтов, залегающих в основании зданий и параметры залегания подземных вод. Рассмотрены возможные негативные геологические процессы в ходе дальнейшей эксплуатации зданий.

Ключевые слова: осадочные грунты, инженерно-геологических элемент, свойства грунтов, уровень грунтовых вод, инженерно-геологические условия, свайные фундаменты, основания.

### Геоморфологические условия

В геоморфологическом отношении корпуса БелГУ приурочены к пойменной части р. Везелка, которая является правым притоком р. Северский Донец. Река проходит через территорию БелГУ и отделяет спортивный корпус от остальных корпусов.

В меженные периоды уровень воды в р. Везелка, в пределах территории БелГУ, опускается до отметки 115.2м, а в паводковые периоды может подниматься на величину 3-3.5 м.

С целью исключения затопления площадка в процессе строительства была подсыпана песчано-глинистым грунтом и спланирована с отметками рельефа 118.7-119.5м.

В настоящее время территория БелГУ благоустроена газонами и покрыта песчано-цементной плиткой и асфальтобетоном.

В геологическом отношении участок до глубины 30 м сложен грунтами четвертичной и меловой систем. Четвертичная система представлена аллювиальными отложениями, которые залегают под насыпными грунтами и имеют мощность 6-9 м. Аллювиальные отложения представлены «слабыми» водонасыщенными зеленовато-серыми суглинками, глинами и мелкими и средней крупности водонасыщенными песками. Причем глинистые грунты залегают в верхней части толщи этих отложений, местами они заторфованы (рис.).

Отложения четвертичной системы залегают на размытой поверхности меловой системы представленной белым писчим мелом, водонасыщенным и разрушенным процессами выветривания в кровле до глиноподобного состояния. Вскрытая мощность отложений меловой системы составляет более 20.0 м.

С поверхности аллювиальные отложения прикрыты насыпным грунтом мощностью 2.5-4.0 м и почвенно-растительным слоем мощностью до 1.5 м.

Насыпной грунт состоит из неравномерной смеси чернозема, суглинка, песка и строительного мусора. Грунт не слежавшийся, то есть процесс самоуплотнения в нем не завершился. Почвенно-растительный слой представлен луговым черноземом.

### Инженерно-геологические условия территории

В результате инженерно-геологических изысканий в районе БелГУ выделено 6 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

ИГЭ -1а: Насыпной грунт:

Плотность  $\rho = 1.6 \text{ г/см}^3$

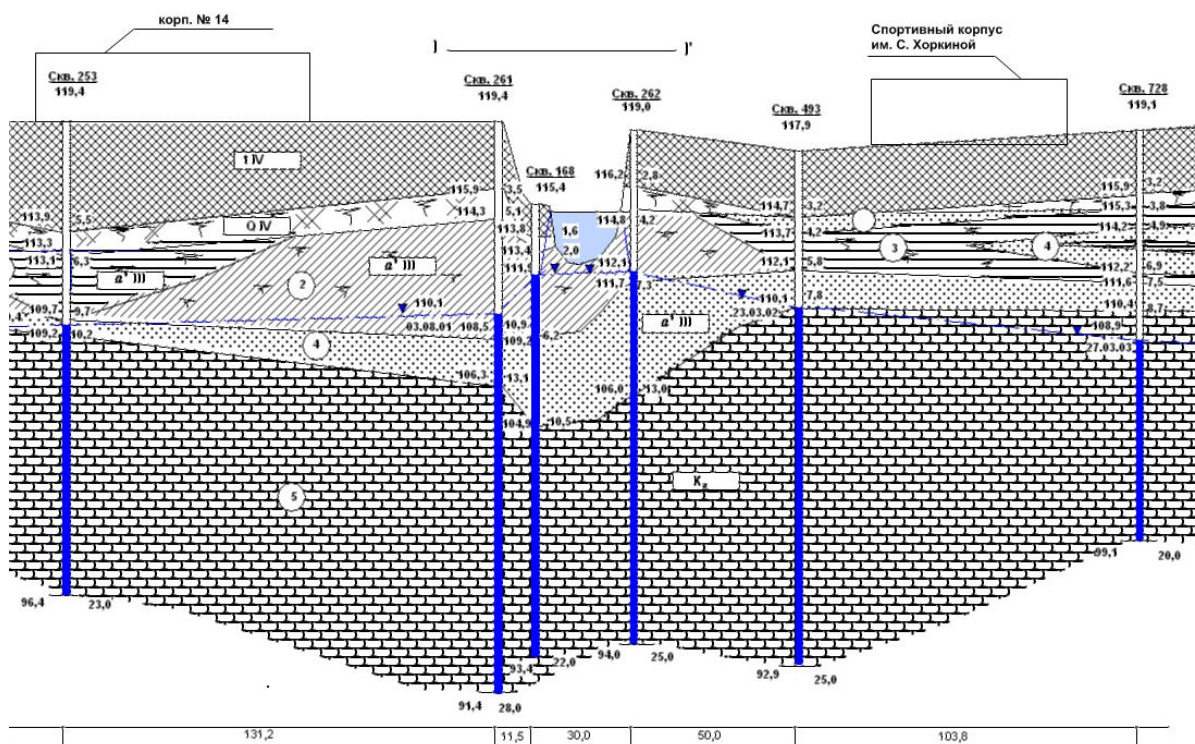


Рис. Геологический разрез по линии «корпус 14 – спортивный центр им С. Хоркиной»

ИГЭ -1: Почва черноземного облика, суглинистая или супесчаная в зависимости от подстилающей ее породы:

Плотность  $\rho = 1.7 \text{ г/см}^3$

ИГЭ -2: Суглинок текуче-пластичный серо-зеленый, местами черный с примесью органических веществ и прослойками супеси и пека:

Природная влажность  $W = 0.30$

Влажность на границе текучести  $Wm = 0.33$

Влажность на границе раскатывания  $Wp = 0.19$

Число пластичности  $Ip = 0.14$

Показатель текучести  $I_L = 0.79-0.80$

Плотность  $\rho = 1.88 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1.45 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости  $e = 0.85-0.90$

Степень влажности  $Sr = 0.95-1.00$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0.03-0.05$

Модуль деформации  $E = 5 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения  $\varphi = 16-20^\circ$

Удельное сцепление  $C = 15-16 \text{ кПа}$

ИГЭ -3: Глина серо-зеленая, темно-серая, черная, тугопластичная с остатками растительных веществ с прослойками песка:

Природная влажность  $W = 0.34$

Влажность на границе текучести  $Wm = 0.45$

Влажность на границе раскатывания  $Wp = 0.27$

Число пластичности  $Ip = 0.18$

Показатель текучести  $I_L = 0.95$

Плотность  $\rho = 1.75-1.77 \text{ г/см}^3$



Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1.31-1.33$  г/см<sup>3</sup>

Коэффициент пористости  $e = 1.0$

Степень влажности  $Sr = 0.90$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0.020-0.036$

Модуль деформации  $E = 8-10$  мПа

Угол внутреннего трения  $\varphi = 7^\circ$

Удельное сцепление  $C = 30-35$  кПа

ИГЭ-4: Песок мелкий и средней крупности, водонасыщенный, средней плотности сложения, местами плотный:

Природная влажность  $W = 0.01-0.04$

Степень влажности  $Sr = 1.00$

Модуль деформации  $E = 28-32$  мПа

Угол внутреннего трения  $\varphi = 30-34^\circ$

Удельное сцепление  $C = 1-2$  кПа

ИГЭ-5: Мел белого цвета, выветрелый в кровле на глубину 4-7м до глиноподобного состояния, ниже до дресвяно-щебенистый с глинистым заполнителем. В кровле мел примерно до глубины 4м имеет текучее состояние, а ниже 4м – текуче пластичный.

Природная влажность  $W = 0.35-0.37$

Влажность на границе текучести  $Wm = 0.33-0.35$

Влажность на границе раскатывания  $Wp = 0.23-0.25$

Число пластичности  $Ip \approx 0.1$

Показатель текучести  $I_L$  (в кровле)  $\geq 1.0$ , ниже  $I_L = 0.75 \sim 1$

Плотность  $\rho = 1.75-1.85$  г/см<sup>3</sup>

Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1.30-1.35$  г/см<sup>3</sup>

Коэффициент пористости  $e = 1.05$

Степень влажности  $Sr = 1.0$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0.020-0.036$

Модуль деформации  $E$  (в кровле)  $= 6-7$  мПа

Модуль деформации  $E = 10-12$  мПа

Угол внутреннего трения  $\varphi = 16-18^\circ$

Удельное сцепление  $C = 15-18$  кПа

Как видно из приведенных выше физико-механических свойств грунтов, грунты слагающие участок БелГУ практически все за исключением песка ИГЭ-4 относятся к структурно-неустойчивым. Поэтому инженерно-геологические условия БелГУ являются сложными и относятся к III категории сложности по СП 11-105-97. Это предопределило применение свайных фундаментов для проектируемых корпусов университета.

### Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка БелГУ характеризуются наличием двух горизонтов грунтовых вод:

#### 1. Грунтовые воды типа «верховодка».

Встречаются локально под насыпным грунтом, то есть на глубине 2.5-4.0 м и имеют мощность 1.5-3.0 м. Водовмещающим грунтом для «верховодки» служит почвенно-растительный слой и верхняя часть аллювиальных суглинков и глин, которые служат также и водоупором.

Питание «верховодки» происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в грунт и утечек воды из инженерных коммуникаций. Разгрузка «верховодки» происходит в нижележащий водоносный горизонт.

#### 2. Горизонт грунтовых вод в аллювиальных и меловых отложениях.

Уровень грунтовых вод находится на глубинах 2.0-7.0 м от дневной поверхности, что соответствует абсолютным отметкам 109.0-112.5 м. То есть отметки уровня грунтовых вод значительно ниже, чем отметки воды в р. Везелка (рис. 1). Водовме-

щающими породами для грунтовых вод служат отложения четвертичной и меловой систем (пески, суглинки и мел).

Питание грунтовых вод, в пределах территории БелГУ, происходит за счет воды из р. Везелка, также за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Причиной аномально низкого положения грунтовых вод в пределах университета является работа IV водозабора г. Белгорода, ближайшие скважины которого расположены в 200 м западнее спортивного комплекса между реками Везелка и Гостенка, а радиус влияния депрессионной воронки водозабора составляет около 800 – 900 м. За пределами этого радиуса р. Везелка выше и ниже по течению получает питание от грунтовых вод, а в пределах территории БелГУ грунтовые воды подпитываются из русла р. Везелка.

Вода в р. Везелка считается загрязненной. По мере движения ее к водозаборным скважинам через песок и мел происходит ее естественная очистка. Однако очистка в таком фильтре происходит только от механических частиц и частично от органического загрязнения. Что касается химической составляющей загрязнения, то фильтр из песка и мела для очистки от такого загрязнения будет мало эффективным, поэтому за химическим составом грунтовой воды из скважин VI водозабора необходимо установить постоянное наблюдение.

В настоящее время русло р. Везелки в пределах территории БелГУ периодически очищается земснарядом от донных илистых отложений и соответственно углубляется. По нашему мнению, русло р. Везелка можно углублять максимум до 3-3.5 м, так как при большем углублении будет полностью пройден слой глинистых отложений и загрязненная вода из реки начнет поступать в песок (или мел), коэффициент фильтрации которых на порядок выше, чем коэффициент фильтрации глинистых грунтов.

При прекращении работы 4-го водозабора уровень грунтовых вод на территории БелГУ поднимется примерно на 1 м выше, чем уровень воды в меженный период в русле реки и начнет затапливать подвальные части зданий и инженерные коммуникации. То есть, возникнет необходимость инженерной защиты корпусов БелГУ от грунтовых вод.

### **Проектирование оснований и фундаментов**

Пример проектирования и строительства корпусов БелГУ наглядно показывает развитие науки инженерной геологии. Например, в конце 70-х инженерно-геологические изыскания под проектирование главного корпуса проводились институтом «ВИОГЕМ», а проект выполнялся Днепропетровским институтом. Так как практически все грунты под главным корпусом были «слабыми», а при изысканиях статическое зондирование не выполнялось, то для учебного корпуса, из-за отсутствия достоверных данных, были приняты свайные фундаменты длиной до 24 м. То есть в качестве естественного основания был принят дресвяно-щебенистый мел.

В 80-х годах в связи с появлением статического зондирования при дальнейших изысканиях удалось более точно установить границу между текучими и текуче-пластичными мелями. Соответственно повысилось качество проектирования и под некоторыми корпусами были приняты сваи до 18 м. При этом для оценки несущей способности свай наряду со статическим зондированием проводились испытания свай динамическими нагрузками с продолжительностью «отдыха» свай 15-20 суток.

В 90-х годах для оценки несущей способности свай кроме статического зондирования начали применять более точный метод (испытание свай статическими нагрузками). Это позволило принимать длину свай 15-16 м и оставлять их в любых грунтах.

С 2000 года инженерно-геологические изыскания под вновь проектируемый корпус № 17, общежитие № 4, жилой дом преподавателей БелГУ начало проводить ООО «Белгородстройизыскания». Для оценки несущей способности свай, кроме бурения скважин и лабораторных исследований, использовался набор современных полевых опытных работ. В результате была получена полная информация по свойствам грунтов и несущей способности свай. Это позволило для проектируемых зданий при-



нимать сваи разной длины и выбирать наиболее и экономичные варианты. В частности в результате изысканий под фармацевтический корпус было установлено, что песок ИГЭ-4 имеет здесь мощность более 2м и среднее и плотное сложение. Исходя из этого после консультации и обмена мнениями между специалистами ООО «Белгород-стройизыскания», «Белгражданпроект» и БелГУ было принято решение запроектировать фармацевтический корпус на сваях сечением 30\*30 длиной 7-8 м от дневной поверхности или 5 м со дна котлована. То есть длины свай в основании корпусов БелГУ за счет применения новых методов инженерно-геологических изысканий уменьшились в 3 раза.

### Выводы и рекомендации

1. В инженерно-геологическом отношении участок, на котором расположен БелГУ из за наличия в основании структурно-неустойчивых грунтов является сложным.
2. В гидрогеологическом отношении территория университета находится в зоне депрессионной воронки 4-го водозабора. При прекращении работы 4го водозабора уровень грунтовых вод на территории БелГУ поднимется примерно на 1м выше, чем уровень воды в меженный период в русле р. Везелка. Это может привести к затоплению подвалов и инженерных коммуникаций.
3. Дальнейшее строительство и реконструкция зданий на территории БелГУ возможна только в результате инженерно-геотехнических изысканий.
4. Для мониторинга за режимом грунтовых вод на территории БелГУ рекомендуется запроектировать 2-3 гидро-наблюдательных скважин.

### ENGINEERING-GEOLOGICAL OPERATING CONDITIONS OF THE COMPLEX OF BELGOROD STATE UNIVERSITY

**S.V. Sergeev,  
M.A. Rybalov**

*Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod,  
308015, Russia  
E-mail: sergeev@bsu.edu.ru*

Results of research, the analysis of engineering-geological and hydro-geological conditions in the university complex are stated. Ground properties buildings lying down in the buildings basis and underground waters parameters are presented. Possible negative geological processes are considered during the further operation of buildings.

Keywords: sedimentary grounds, engineering-geological an element, properties grounds, level of ground waters, engineering-geological conditions, the pile bases, the bases.



## О НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РАЗВЕДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ

**А.Т. Скиданов<sup>1</sup>,  
Г.К. Бубнова<sup>1</sup>,  
И.К. Богуцкий<sup>2</sup>**

*Белгородский  
государственный  
университет*

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

*<sup>2</sup> ООО «Гидротехнология»*

*Россия, 3080023, г. Белгород,  
5-й заводской пер., 7а*

*E-mail: gidrotechbel2006@yandex.ru*

Обращается внимание на значительную не подтверждаемость прогнозов качества подземных вод на водозаборах региона и необходимость при выборе источников водоснабжения и поисково-разведочных работах на подземные воды изучения таких свойств воды как ее агрессивность. На примере одного из водозаборов рассмотрен механизм образования высокого содержания железа в водопродной воде.

Ключевые слова: качество подземных вод, источник водоснабжения, поисково-оценочные работы, агрессивность подземных вод, содержание железа в воде.

### Введение

Анализ опыта эксплуатации водозаборов из подземных источников показывает, что на стадиях выбора источников и при производстве поисково-разведочных работ в практических прогнозах качества подземных вод до настоящего времени доминируют весьма упрощенные подходы. Одним из последствий значительного отставания в практическом внедрении достаточно разработанных методов исследований является существенная не подтверждаемость прогнозов качества подземных вод.

Так, к примеру, только на территории Белгородской области из находящихся в эксплуатации 60 водозаборов с производительностью свыше 1000 м<sup>3</sup>/сут прогнозы качества воды в различной мере не подтвердились по 49 водозаборах.

Во многом такое положение обусловлено традиционным акцентированием внимания на физические процессы формирования качества воды, в основе которых понимается смешивание вод эксплуатируемого участка с более не благоприятными по составу водами, привлекаемыми из смежных участков при горизонтальной фильтрации или перетоках по вертикали из смежных горизонтов. В определенной мере предпочтению физическим процессам в формировании качества подземных вод отдается и в самой постановке поисково-оценочных работ, что следует из указываемого обычно в специальной литературе перечня 7–8 возможных факторов изменения качества воды при эксплуатации водозаборов и задач соответствующих исследований [1, 2].

### Результаты и их обсуждение

По составу подземные воды в регионе преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, реже смешанные. Минерализация 0.4–0.8 мг/дм<sup>3</sup>. Обычное содержание железа в исходной воде водонесных горизонтов зоны местного дренирования не превышает 0.1–0.3 мг/дм<sup>3</sup>, зоны замедленного водообмена, где основные запасы сосредоточены в альб-сеноманском горизонте, до 0.6–0.8 мг/дм<sup>3</sup>.

Анализ материалов поисково-разведочных работ и опыта эксплуатации водозаборов показывает, что, несмотря на накопленный опыт, одним из серьезных недостатков до настоящего времени остается не проведение исследований по оценке влияния изменения гидродинамических условий при работе водозаборов и других факторов,

определяющим качество подземных вод. Практически не рассматриваются возможные изменения окислительно-восстановительных условий, не исследуются показатели воды, определяющие ее стабильность и условия формирования не стабильных вод.

В итоге характерными являются ситуации, когда по анализам нормируемых показателей, установленных при разведочных работах, исходная вода на источниках как бы соответствует нормам питьевой воды, но при эксплуатации водозабора в течение от первых недель до первых месяцев по качеству перестает быть нормативной или еще на излив, или в водопроводных сетях.

При характерном в регионе положении водозаборов в поймах и на первых террасах, повышенное содержания железа, марганца, кремневой кислоты и солей жесткости связано с формированием вследствие понижении уровней в ходе эксплуатации водозаборов так называемого режима дождевания на фоне большого содержания органических веществ в зоне аэрации. Известны участки, где в таких условиях понижение пьезометрических уровней в скважинах ниже определенных отметок приводит к увеличению содержания в исходной воде элементов группы урана, в том числе со значительным превышением предельно-допустимых концентраций.

Не стабильность подземных вод проявляется или в выпадении осадков, начиная от водоносного пласта на некотором расстоянии от стенки скважины и заканчивая в водопроводных сетях, или в агрессивности воды к материалам фильтров, водоподъемного оборудования, сетей и емкостных сооружений. Степень нестабильности зависит от водородного показателя, соотношения концентраций углекислого газа, кислорода, сероводорода, кальция, магния, сульфатов, хлоридов и других веществ.

Расстояние от стенок скважины, на котором проявляется влияние выпадения осадков и кольматации коллектора в прискважинной зоне, определяется составом воды, включая содержание газов, и величиной понижения пьезометрического уровня.

Определенное представление о размерах зоны заметного проявления кольматации на проницаемость песчаного коллектора - альб-сеноманских песков с коэффициентом фильтрации 15 м/сут – дают результаты авторских натурных исследований вскрытого карьером фильтра водопонижающей скважины, проработавшей 16 лет с производительностью 40 и 25 м<sup>3</sup>/ч (рис.1).

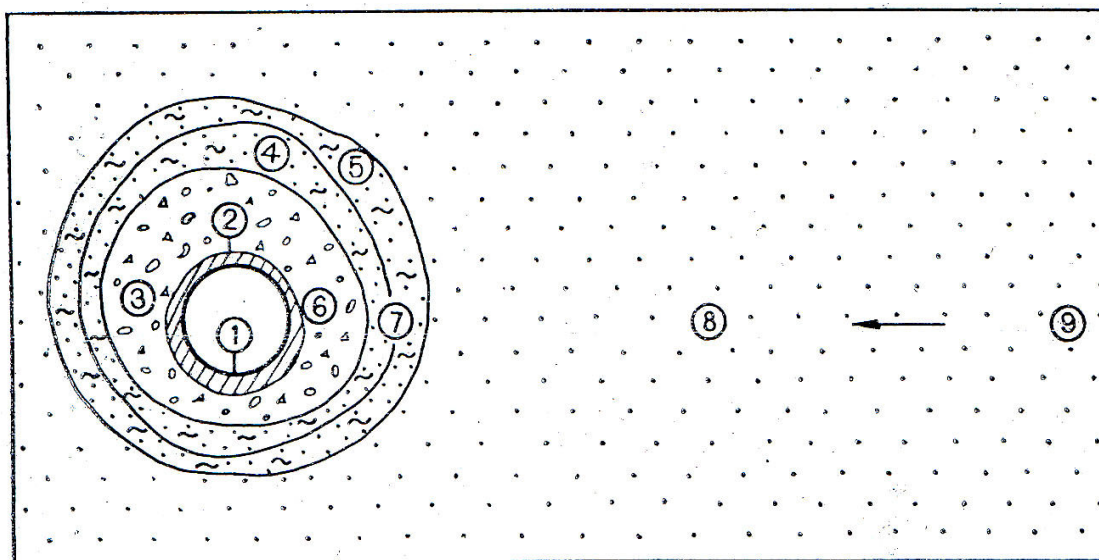


Рис. 1. Схема строения прифилтровой зоны водопонижающей скважины  
 1 – фильтр диаметром 219мм трубчатый щелевой с проволочной обмоткой; 2 – плотный кольматант темно-бурого цвета – 30 мм; 3 – гравийная обсыпка – 120 мм; 4, 5 – зоны сплошного – 40 мм и частично – 60мм проникновения глинистого раствора в водоносный песок при бурении; 6-9 – точки определения коэффициента фильтрации: расстояние от фильтра, м / коэффициент фильтрации м/сут:  
 6 – 0.03 / 62.0; 7 – 0.19 / 0.2; 8 – 1.0 / 5.4; 9 – 1.7 / 10.1. Стрелка указывает направление потока

По результатам исследований расстояние, на котором за счет кольматации выпадающими из воды осадками заметно уменьшается коэффициент фильтрации песков, составляет 5-7 м. В составе новообразований здесь преобладают карбонаты кальция, магния и железа [3].

На стенках фильтров скважин и водоподъемных труб наряду с указанными соединениями в осадках присутствуют сульфиды железа, окислы и гидроокислы железа и марганца.

В станциях водоподготовки, работающих по схемам сухой фильтрации, осадки выпадают в виде кристаллических карбонатов кальция, магния и железа, работающих по схемам мокрой фильтрации - преобладают окисные формы железа.

В водопроводных сетях и емкостных сооружениях в зависимости от состава исходной воды, режима водообмена, давления и санитарного состояния может формироваться как окислительная, так и восстановительная среда и соответственно осадки железа могут быть представлены как в форме окислов, так и в форме сульфидов и карбонатов.

В качестве одного из характерных примеров проявления нестабильности исходной воды и условий ее формирования рассматривается исследованный нами водозабор на мело-мергельный водоносный горизонт, состоящий из 3-х скважин с общим отбором воды 600-800 м<sup>3</sup>/сут. Водозабор расположен у подножия склона корытообразной балки с тальвегом шириной около 100м. Пьезометрический уровень водоносного горизонта расположен на глубине 3-5 м.

В подобных условиях мело-мергельная толща отличается весьма высокой проницаемостью и водообильностью, в чем проявляется влияние трещин отпора в тальвеге и склоне. Основная доля ресурсов подземных вод обеспечивается за счет скрытой разгрузки харьковско-полтавского водоносного горизонта, сосредоточенной по контуру выклинивания водоупора – киевских глин на расстоянии около 100м от подножия склона (рис. 2).

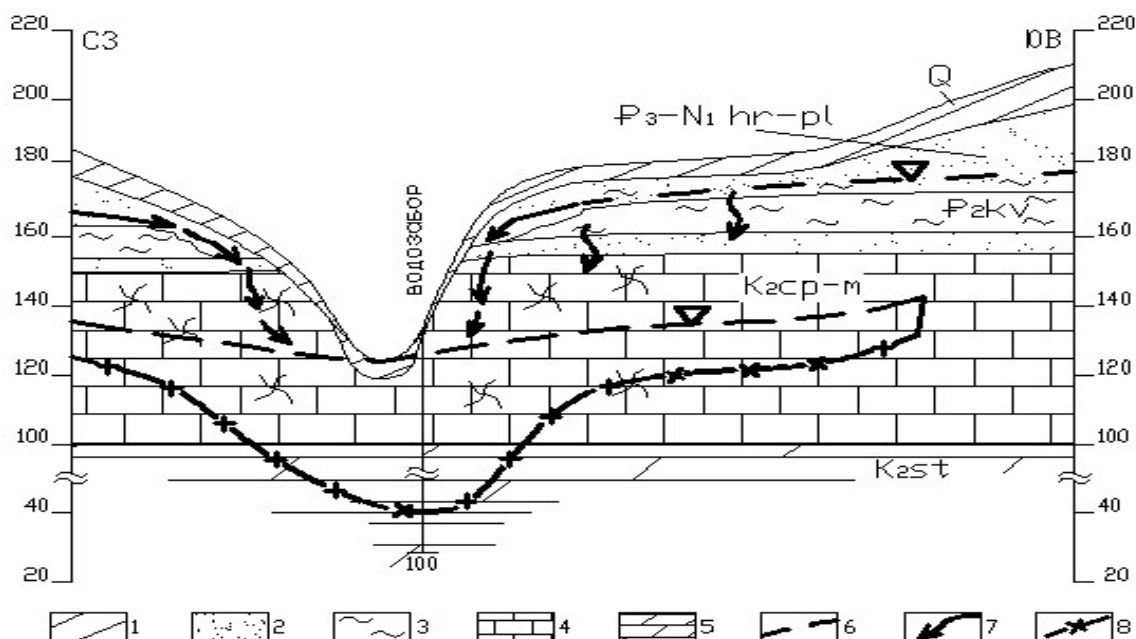


Рис. 2. Схема формирования подземных вод на участке водозабора  
 1 – суглинок, 2 – песок, 3 – глины, 4 – мел, 5 – мергель, 6 – статический уровень,  
 7 – направление перетока, 8 – относительный водоупор

Вода в водопроводной сети длиной 2.1 км, состоящей из полиэтиленовых труб с незначительной частью стальных труб и стальной запорной арматуры и водонапорной



башни не соответствует нормам, предъявляемым к воде систем централизованного водоснабжения. Содержание железа, составляет от 0.5 мг/л до 5.0 мг/дм<sup>3</sup> и более при предельной допустимой концентрации (ПДК) 0.3 мг/дм<sup>3</sup>, сопровождается присутствием сероводорода и не удовлетворительными органолептическими показателями.

Для изучения причин повышенного и неустойчивого содержания железа в сети был проведен отбор серии проб воды на изливе из скважин в ходе откачек после их отстоя в течение 15 суток с определением характерных для аналогичных условий показателей. Расход откачки 25 м<sup>3</sup>/ч. Температура воды на изливе 8.5°C.

Отдельные результаты опробования, характеризующие ход изменения во времени отдельных показателей приведены в таблице.

Таблица

**Результаты определения состава воды в ходе откачки**

№ п.п.	Показатель	Единицы измерений	Источник						
			Скважина №1						Башня
			Время откачки, мин					сут.	
			1	10	30	60	120		
1	$Fe_{общ}$	мг/дм <sup>3</sup>	9.65	0.54	0.28	0.20	0.14	0.06	3.55
2	$Fe_2$	мг/дм <sup>3</sup>	2.10	0.33	0.18	0.14	0.07	0.06	0.00
3	$Fe_3$	мг/дм <sup>3</sup>	7.55	0.21	0.10	0.06	0.07	0.00	3.55
4	$pH$						6.91	6.88	6.98
5	$F$	мг/дм <sup>3</sup>			0.43	0.435	0.40	0.42	0.37
6	$HCO_3$	мг/дм <sup>3</sup>					491	494	509*
7	$Cl$	мг/дм <sup>3</sup>					22	23	31*
8	$Ca$	мг/дм <sup>3</sup>					184	184	189*
9	$Mg$	мг/дм <sup>3</sup>					22	24	23.3
10	Жесткость	мг-экв/дм <sup>3</sup>					11.0	11.2	11.4*
11	$SO_4$	мг/дм <sup>3</sup>					264	262	252*
12	$NO_3$	мг/дм <sup>3</sup>					9.6	7.4	8.5
13	$NH_4$	мг/дм <sup>3</sup>					0.05	0.05	1.24*
14	$Na + K$	мг/дм <sup>3</sup>					76	72	73.1
15	$Si$	мг/дм <sup>3</sup>					15.1	15.3	13.7
16	$H_2S$	мг/дм <sup>3</sup>					0.57	0.56	*
17	Минер	мг/дм <sup>3</sup>					1083	1081	1105
18	Окисл.	О <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup>					1.52	1.36	1.20

\* результаты искажены вследствие предшествующего хлорирования башни.

Полученные достаточно простым способом данные дают объяснение происхождению железа в водопроводной сети.

Фоновое содержание железа в исходной воде скважин соответствует нормам, то есть не превышает ПДК и составляет 0.06 мг/дм<sup>3</sup>. Увеличение начального содержания железа в воде скважины и в водонапорной башни до 9.65 и 3.55 мг/дм<sup>3</sup> и, возможно, более обусловлено агрессивностью воды и коррозией металла обсадных труб скважин, водонапорных башен, стальных фасонных изделий и запорной арматуры. На это указывает и индекс насыщения исходной воды карбонатом кальция, определенный расчетом по нормативной методике, составляющий не более 0.05.

С учетом объема обводненного ствола скважины 2.2 м<sup>3</sup> и расхода откачки время замещения воды в скважине составляет 5 минут. Содержание железа в воде, поступающей из горизонта непосредственно после 5 минут откачки, которое для данного опыта можно назвать начальным содержанием, составляет 0.7-0.8 мг/дм<sup>3</sup>.

По характеру приведенного на рис. 3 графика изменения во времени относительного содержания железа в воде, откачиваемой после 5 минутного периода откачки, процесс выноса железа из прифильтровой зоны скважины наиболее близок

к, так называемой, схеме макродисперсии, характерной для сильно трещиноватых пород [4, 5].

Распространение железа в прифильтровой зоне горизонта обусловлено его выносом из ствола исследуемой скважины во время ее 15-ти суточного отстоя фильтрационным потоком вследствие работы 3-й скважины водозабора, расположенной в 300 м.

С учетом опыта исследований в регионе агрессивность исходной воды является одной из характерных особенностей при формировании подземных вод меломергельюй толщи в условиях значительного участия скрытой разгрузки в склонах сухих балок вод харьковско-полтавского горизонта, распространенного на водоразделах.

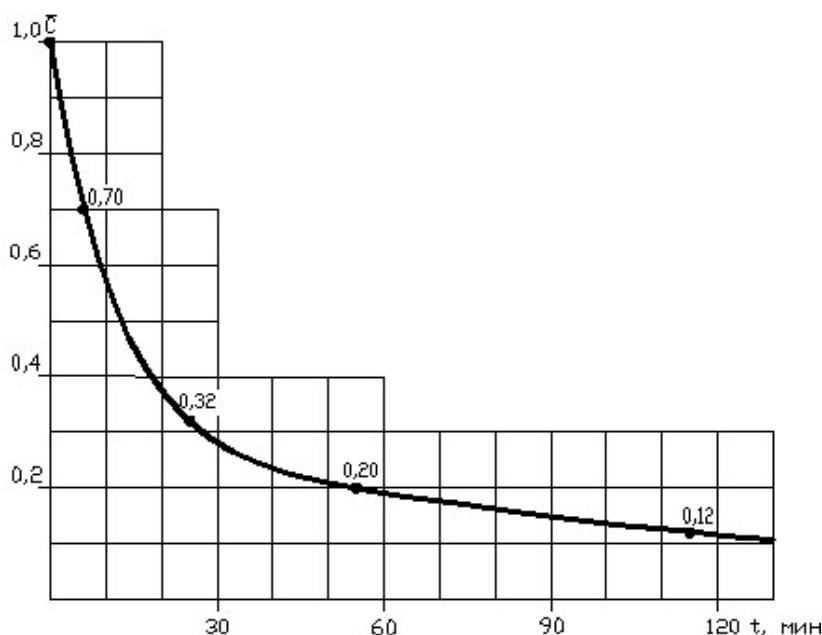


Рис. 3. График изменения относительного содержания железа в воде при откачке из скважины № 1 после её 15 суточного «отстоя»

$$\bar{C} = C - C_0 / C^0 - C_0$$

Содержание железа, мг/дм<sup>3</sup>: C – текущее, C<sub>0</sub> – фоновое, C<sup>0</sup> – начальное

Проявление агрессивности исходной воды и других не благоприятных показателей ее качества, таких как повышенное содержание сероводорода, солей жесткости, кремневой кислоты и минерализации, как правило, усиливается с приближением зон скрытой разгрузки к источникам на водоносный горизонт в меломергельюй толще. В этом случае характерно также более высокое, чем на водозаборах в широких поймах, содержание фтора и сульфатов, реже нитратов.

### Список литературы

1. Плотников Н.А. Оценка запасов подземных вод. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 288 с.
2. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. – К.: Выща шк. Головное изд-во., 1989. – 407 с.
3. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Скиданов А.Т. Техногенные гидрогеологические процессы на железорудных месторождениях Северного Казахстана. – Алма-ты: Гылым, 1993. – 320 с.
4. Шестаков В.М., Башкатов Д.Н. и др. Опыт-но-фильтрационные работы. – М.: Недра, 1974. – 202 с.
5. Мироненко В.А., Румынин В.Г., Боровский Б.В., Ершов Г.Е. Опыт-но-миграционные работы на месторождениях питьевых вод (методические рекомендации). – М.: ГИДЭК, 1998. – 130 с.



## **ABOUT NECESSITY OF RESEARCH OF UNDERGROUND WATERS STABILITY AT INVESTIGATION AND WATER FENCES OPERATION**

**A.T. Skidanov<sup>1</sup>,  
G.K. Bubnova<sup>1</sup>,  
I.K. Bogutsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Belgorod State University  
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,  
Russia*

<sup>2</sup> *ООО «Gidrotechnologiya»  
5th Zavodskoy lane, 7a,  
Belgorod, 3080023, Russia*

*E-mail: gidrotech-  
bel2006@yandex.ru*

The attention is paid to considerable not acknowledgement of forecasts of the underground waters quality for water fences of the region and necessity of studying of aggression water when sources of water supply are chosen and underground waters are explored. The mechanism of formation of the high maintenance of iron in tap water is presented using an example of water fences.

**Keywords:** quality of underground waters, a water supply source, search-estimated works, aggression of underground waters, the iron maintenance in water.

# МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

УДК 373:54+577.4

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ

**Л.В. Колчанова***Белгородский  
государственный  
университет**Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85*

Рассмотрена методика решения расчетных задач с экологическим содержанием, определены требования к их решению и анализу, определяющие функциональное назначение задач и направленные на формирование понятийного аппарата.

Ключевые слова: экологическое образование, экологические знания, экологические умения.

### Введение

Научно-технический и социальный прогресс повысил спрос и удовлетворение растущих потребностей людей в веществах, обеспечивающих комфортность жизни, но одновременно создал глобальные проблемы, в том числе и экологические. Последние вызваны не только загрязнением окружающей природной среды, но и низкой химической и экологической культурой населения. Чтобы выжить, человечество в начале 3-го тысячелетия вынуждено искать достойный ответ на «экологический вызов» цивилизации XX века.

Конференция ООН по проблемам окружающей среды и развитию, прошедшая в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, в своих декларациях подчеркнула огромную значимость экологии в разработке и реализации стратегии защиты жизнеспособности Планеты, выживания и устойчивого развития человечества. Ведущим механизмом реализации модели устойчивого развития признано образование, формирующее основные жизненные принципы и критерии человеческой деятельности.

Проводимая в настоящее время модернизация общего образования, призвана повысить качество и эффективность естественнонаучного образования, внести вклад в межпредметную интеграцию, в формирование общей и экологической культуры, во всестороннее развитие личности учащихся. В концепции образования подчеркивается, что химия – одна из немногих естественных наук, которая играет центральную роль при комплексном рассмотрении природы, общества и человека.

### Теоретический анализ

В действующем государственном стандарте по химии для старшей общеобразовательной школы (профильный уровень) значительно расширен объем обязательного содержания, углублены его теоретические основы и усилен прикладной аспект при одновременном сокращении часов на изучение предмета. В основу усиления прикладного аспекта на наш взгляд должны быть положены технологические подходы, активизирующие самостоятельность и познавательную деятельность учащихся. Ведущая роль отводится активным методам и формам обучения: проблемным методам, учени-



ческому эксперименту, ролевым играм и т.д. К числу активных методов обучения относится и решение задач.

Изучение процесса формирования экологических знаний привело нас к выводу, что эта работа ведется, но она носит эпизодический характер. В связи с этим нами разработана система задач-информаций с экологическим содержанием, в которых экологический материал увязан с содержанием программы школьного курса. Это позволило логически дополнить теоретический программный материал экологическим содержанием. В содержании курса химии можно выделить следующие основные группы задач с экологическим содержанием:

1) задачи, в основе которых лежат собственно экологические законы и понятия, позволяющие раскрыть функционирование природных систем (экологические факторы, биогеохимический круговорот, закономерности протекания реакций, закон сохранения массы, начала термодинамики, принцип Ле Шателье-Брауна, правило основного обмена и т.д.).

2) задачи, в основе которых лежат химико-экологические понятия, позволяющие обозначить экологические проблемы, связанные с ухудшением качества окружающей природной среды в результате ее загрязнения химическими соединениями (парниковый эффект, фотохимический смог, озоновый экран земли, кислотные дожди, экологические ловушки, выхлопы автотранспорта, воздействие химического компонента абиотического фактора на живые организмы и т.д.).

3) задачи, в основе которых лежат природоохранные понятия, позволяющие отразить вопросы регулирования природной среды (химические способы удаления загрязнений: сорбция активированным углем, нейтрализация, коагуляция, осажде-ние, ионный обмен, экстракция стерилизация; альтернативные виды топлива, создание безотходных и малоотходных производств, разработка рационального использования ресурсов, мониторинг и т.д.).

#### Примеры задач экологического содержания

1. Площадь зеленых насаждений на одного жителя Белгородской области на 1 января 2005 г составила в: Белгороде –98.5, Новом Осколе –176.7, Старом Осколе–301.8, Шебекино–89.5 м<sup>2</sup>. Учитывая, что 1 га леса в сутки дает примерно 10 кг кислорода, а человек за это же время поглощает примерно 700 г, рассчитайте, достаточно ли этих насаждений для нормальной жизнедеятельности населения этих городов? Определите нормативную площадь озеленения на одного жителя.

2. Жизненно важной задачей является сохранение баланса молекулярного кислорода в воздушной среде. Котельная сжигает 2 тонны каменного угля в сутки. Состав угля: С – 84%, Н – 5%, Н<sub>2</sub>О – 5%, S –3.5% по массе. Учитывая, что 1 га березового леса в год дает 725 кг кислорода, вычислите, с какой площади березового леса будет восполняться расходуемый на сжигание каменного угля в течение суток кислород?

3. Хлор – очень ядовитый газ. Для его поглощения в первых противогазах использовали тиосульфат натрия. Реакция идёт по уравнению:  $Na_2S_2O_3 + 4Cl_2 + 5H_2O = 2H_2SO_4 + 2NaCl + 6HCl$ . Какой объём хлора может поглотить 4.74 г тиосульфата натрия? Какой объём концентрированного раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 35% ( $\rho = 1.174$  г/см<sup>3</sup> при 20°C) необходимо затратить на его получение?

4. Парниковый эффект – постепенное потепление климата на планете в результате увеличения концентрации парниковых газов (СО<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, О<sub>3</sub> и другие), которые препятствуют уходу длинноволнового излучения от поверхности земли. Одним из основных источников углекислого газа является сжигание ископаемого топлива. Какой объём оксида углерода (IV) получится в газогенераторе из 1 т угля, содержащего 92% углерода, если потери в производстве будут равны 15% (у.н.)?



5. Можно ли в школьном химическом кабинете объемом 170 м<sup>3</sup> использовать для проведения ученического эксперимента газовые горелки, если известно, что каждая использует в час 0.2 м<sup>3</sup> природного газа, содержащего 94% метана (по объёму). Опасно ли это для жизни школьников? Массовая доля оксида углерода (IV) в воздухе города 0.04%.

Обучение решению задач включает следующие этапы: показ учителем способа действия и образца записи решения, воспроизведение учащимися решения задач, затем – самостоятельное решение аналогичных задач. Развитие умения решать задачи осуществлялось в процессе решения типовых, а затем комбинированных задач, побуждая каждого школьника самостоятельно приобретать знания, осмысливать их, превращая знания в убеждения. Удачным приемом, на наш взгляд, является самостоятельная выборка учащимися типовых задач из школьного задачника, а также их составление. Все это способствует самообучению и самовоспитанию учащихся, подготовке их к будущей жизни и деятельности.

Следующим этапом в процессе обучения школьников решению задач является использование задач с экологическим содержанием. В процессе их решения у школьников формируются следующие умения: реально оценивать экологические условия среды, выделять и формулировать экологические проблемы, прогнозировать возможные пути их решения, анализировать и давать реальную оценку экологическим проблемам, научно прогнозировать и моделировать экологические последствия принимаемых решений. Учащиеся при этом углубляют не только химические, но и экологические знания, убеждаются в их действенности. С одной стороны, применение задач с экологическим содержанием позволяет включить учащихся в активную познавательную деятельность по прогнозированию изменений, происходящих в биосфере вследствие ее загрязнения, выявлению причин возможного нарушения биогеохимических циклов, истощения природных ресурсов и нахождения путей преодоления экологического кризиса. С другой стороны, задачи с экологическим содержанием дают возможность с помощью теоретических расчетов проиллюстрировать масштабы влияния химического загрязнения на окружающую природную среду, а также помогают сделать вывод о необходимости постоянного совершенствования технологий в направлении их экологической безопасности.

### **Обсуждение результатов исследования**

Введенный нами прием теоретического мышления, позволяющий получать новые знания и являющийся инструментом главным образом теоретического познания, включает в себя: момент анализа, синтеза, индукции, дедукции, абстрактного и конкретного и потому в значительной степени способствует формированию способности решать предлагаемые задачи. Такой подход к решению задач формирует у учащихся умение предвидеть последствия воздействия хозяйственной деятельности человека на природу и способности применять химические знания при выборе и обосновании тех или иных решений по отношению к ней. Все это способствует формированию ответственного отношения к природе. Результаты обсуждения экологических проблем, отраженных в задачах, приводят учащихся к выводу о том, что любая хозяйственная деятельность человека и его поведение в природе должны быть соизмеримы с законами развития природы. Такой подход помогает учащимся не только получать знания, делать обобщения, но и принимать необходимые решения.

Работу по формированию умений решать задачи с экологическим содержанием необходимо осуществлять на протяжении изучения всего курса химии. Вначале задачи группировались по типам, затем по сложности решения, по содержащимся в них экологическим проблемам. Результаты анализа контрольных работ позволяют сделать вывод, что экологическая информация, содержащаяся в задачах, хотя и делает их более объемными, тем не менее, не мешает выполнению определенных действий по решению. Более того, если решение обычных химических задач предполагает только



осмысления условия, записи уравнения реакции, то выполнение задач с экологическим содержанием всегда начинается с анализа, выявления химико-экологической сущности. Такой подход уводит учащихся от стандартизации и шаблона при выполнении заданий, поскольку им постоянно приходится применять химические знания в различных учебных ситуациях. Следовательно, решая задачи с экологическим содержанием, учащиеся выполняют большее количество мыслительных действий, чем при решении обычных химических задач, что, в конечном счете, приводит к развитию действенности знаний.

### Заключение

В статье показано, что, планируя учебную деятельность, отбирая и конструируя содержание образования, акцентируя внимание не только на экологических знаниях, но и на экологических умениях можно научить учащихся: предвидеть ближайшие и отдаленные последствия воздействия человека на природную среду; применять знания и умения в новых ситуациях; обнаруживать новые проблемы в стандартной ситуации; учитывать альтернативы при решении экологических проблем и т.д. При таком построении процесса обучения учащиеся становятся его субъектами, у них развиваются организаторские и коммуникативные умения, творческая активность, возрастает чувство ответственности за работу.

### Список литературы

1. Колчанова Л.В. К изучению социально-экологического материала в курсе химии средней школы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2007. — №5(36). — Вып.5. — С.171-175.
2. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. — М.: Изд-во «Россия молодая», 1994. — 367 с.

### THE SOLUTION OF PROBLEMS WITH ECOLOGICAL CONTENTS

#### L.V. Kolchanova

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

The methods of calculation tasks doing with ecological contents are considered, the requirements to problems solution and analyses are determined. These requirements define the functions of the tasks and form the conception apparatus.

Key words: ecological education, ecological knowledge, ecological skills.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Анисимович И.П.** – ассистент, Белгородский государственный университет
- Богущий И.К.** – директор, ООО «Гидротехнология», г. Белгород
- Бубнова Г.К.** – доцент, Белгородский государственный университет
- Бурченко** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Венгеров П.Д.** – доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе, Воронежский государственный природный биосферный заповедник
- Габрук Н.Г.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Гостищев И.А.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Гудина А.Н.** – кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе, Государственный природный заповедник «Воронинский»
- Дейнека В.И.** – доктор химических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Дейнека Л.А.** – кандидат химических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Ерохин К.С.** – студент, Белгородский государственный университет
- Индина И.В.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Киреева И.Ю.** – кандидат биологических наук, доцент, Национальный аграрный университет, г. Киев
- Колчанов Р.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Колчанова Л.В.** – кандидат педагогических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Крымская О.В.** – кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Куркина Ю.Н.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Лазарев А.В.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Ле Ван Тхуан** – студент, Белгородский государственный университет
- Лебедева М.Г.** – кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Лебедева О.Е.** – доктор химических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Мусина А.В.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Мясникова П.А.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Нецветаев В.П.** – доктор биологических наук, заведующий отделом, Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН; профессор, Белгородский государственный университет



- Новых Л.Л.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Орехова Г.А.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Павлов Н.А.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Перистая Л.Ф.** – доцент, Белгородский государственный университет
- Перистый В.А.** – кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Присный А.В.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Присный Ю.А.** – ассистент, Белгородский государственный университет
- Родионова С.А.** – научный сотрудник,
- Рыбалов М.А.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Рыжкова Т.А.** – магистрант, Белгородский государственный университет
- Рюшина В.А.** – магистрант, Белгородский государственный университет
- Свистунов А.Ю.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Сергеев С.В.** – доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Скиданов А.Т.** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Снегин Э.А.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Соколов А.Ю.** – научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Белогорье»
- Сорокопудов В.Н.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Тверитина Е.С.** – магистрант, Белгородский государственный университет
- Ткаченко К.Г.** – кандидат биологических наук, руководитель группы, Ботанический сад Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН
- Третьяков М.Ю.** – кандидат биологических наук, научный сотрудник, Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН
- Федорова М.З.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный университет
- Червонный В.В.** – кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный университет
- Чулков А.Н.** – аспирант, Белгородский государственный университет
- Шутеева Т.А.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Щекало М.В.** – студентка, Белгородский государственный университет
- Япрынцева М.Н.** – студент, Белгородский государственный университет
- Ярошик Ю.В.** – кандидат биологических наук, доцент, Национальный аграрный университет, г. Киев

**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 «Биология», «Химия», «Науки о Земле», «Методика преподавания естественных наук» и 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 указываются инициалы и фамилии авторов жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются адрес места работы с приведением 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, адреса мест работы авторов, 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 2-х статей.

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](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 форм<sup>1</sup>

Н.А. Чеканов<sup>1</sup>, В.Н. Тарасов<sup>2</sup>, Н.Н. Чеканова<sup>3</sup><sup>1</sup> Белгородский государственный университет, Россия, 308007, г. Белгород, ул. Студенческая, 14, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*<sup>2</sup> Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94<sup>3</sup> 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. Chekanov<sup>1</sup>, V.N. Tarasov<sup>2</sup>, N.N. Chekanova<sup>3</sup><sup>1</sup> Belgorod State University, Studencheskaja Str., 14, Belgorod, 308007, Russia, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*<sup>2</sup> Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky Str. 94, Kharkov, 61023, Ukraine<sup>3</sup> 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.

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263.



Подписка на журнал осуществляется через отделения связи.

Подписная цена (не меняется с 2006 г.) составляет 870.24 руб. на год (217.56 руб. за номер)

<b>Ф. СП 1</b> Министерство связи Российской Федерации											
<b>АБОНЕМЕНТ</b>			<b>На</b>			газету журнал			<b>81466</b>		
НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО										(индекс издания)	
ГОС. УН-ТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ										Кол-во компл.	
(наименование издания)											
На 2009 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		+			+			+			+
Куда											
(почтовый индекс)						(адрес)					
Кому											
линия                      отреза											
пв			место			литер			<b>81466</b>		
<b>ДОСТАВОЧНАЯ</b>									(индекс издания)		
<b>КАРТОЧКА</b>											
<b>На</b>			газету			<b>НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО</b>					
<b>журнал</b>			(наименование издания)			<b>ГОС. УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>					
Стои- мость		подписки		руб.		Кол-во компл.					
		переадресовки		руб.							
На 2010 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		+			+			+			+
			Город								
			Село								
(почтовый индекс)			Область								
			Район								
код улицы			Улица								
дом		корпус		квартира		(фамилия, и. о.)					