

ISSN 2072-0831 (print)  
ISSN 2307-9428 (online)

---

---

**В мире  
научных  
открытий**

**Том 10, №1, 2018**

Научный журнал

---

---

Электронная версия  
журнала размещена  
на сайте  
**discover-journal.ru**

Журнал включен  
в Перечень ВАК  
ведущих рецензируемых  
научных журналов

Журнал основан в 2008 г.  
ISSN 2072-0831  
Импакт-фактор  
РИНЦ 2016 = 0,169

Главный редактор – **О.Л. Москаленко**

Зам. глав. редактора – **А.П. Анисимов, Л.Н. Медведев, З.П. Оказова**

Шеф-редактор – **Я.А. Максимов**

Выпускающие редакторы – **Д.В. Доценко, Н.А. Максимова**

Корректор – **С.Д. Зливко**

Компьютерная верстка, дизайн – **Р.В. Орлов**

Технический редактор – **Ю.В. Бяков**

---

---

**Siberian Journal  
of Life Sciences  
and Agriculture**

**Volume 10, №1, 2018**

Scientific Journal

---

---

The electronic  
version takes place  
on a site  
**discover-journal.ru**

The journal is in the list of leading  
peer-reviewed scientific journals and  
editions, approved by Higher Attestation  
Commission

Founded 2008  
ISSN 2072-0831  
RSCI IF (2016) = 0,169

Editor-in-Chief – **O.L. Moskalenko**

Deputy Editors – **A.P. Anisimov, L.N. Medvedev, Z.P. Okazova**

Chief Editor – **Ya.A. Maksimov**

Managing Editors – **D.V. Dotsenko, N.A. Maksimova**

Language Editor – **S.D. Zlivko**

Design and Layout – **R.V. Orlov**

Support Contact – **Yu.V. Byakov**

Красноярск, 2018

Научно-Инновационный Центр

----

Krasnoyarsk, 2018

Science and Innovation Center Publishing House

12+

## Издательство «Научно-инновационный центр»

ISSN 2072-0831

*Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР)*

**ПИ № ФС 77-39604 от 26 апреля 2010 г.**

**В мире научных открытий.** Красноярск: Научно-инновационный центр, 2018. Том 10, № 1. 158 с.

*Периодичность – 4 выпуска в год.*

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ РАН: <http://catalog.viniti.ru/>, а также в международную реферативную базу данных и систему цитирования Agri, Chemical Abstracts.

Решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал «В мире научных открытий» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны, в Научной Электронной Библиотеке (НЭБ) – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Правила для авторов доступны на сайте журнала: <http://discover-journal.ru/guidelines.html>

Адрес редакции, издателя и для корреспонденции:  
660127, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192  
E-mail: [open@nkras.ru](mailto:open@nkras.ru)  
<http://discover-journal.ru/>

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94089.

Подписной индекс в каталоге периодических и сетевых изданий «Сиб-Пресса» – 94089.

Учредитель и издатель: Издательство ООО «Научно-инновационный центр»

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2018

### Члены редакционной коллегии

*Балакирев Николай Александрович*, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, проректор по науке и инновациям, зав. кафедрой мелкого животноводства (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Российская Федерация)

*Батырбекова Светлана Есимбековна*, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

*Бахрушин Владимир Евгеньевич*, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора Института информационных и социальных технологий, заведующий кафедрой системного анализа и высшей математики (Классический приватный университет, Запорожье, Украина)

*Буко Вячеслав Ульянович*, доктор биологических наук, профессор, зав. отделом биохимической фармакологии (Институт биохимии биологически активных соединений АН Беларуси, Гродно, Республика Беларусь)

*Василенко Виталий Николаевич*, доктор технических наук, доцент, декан технологического факультета (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация)

*Глотов Александр Гаврилович*, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий лабораторией биотехнологии, главный научный сотрудник (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, пос. Краснообск, Российская Федерация)

*Игнатова Ирина Акимовна*, доктор медицинских наук, профессор ЛОР кафедры КГМУ им В.Ф. Войно-Ясенецкого; ведущий научный сотрудник лаборатории "Клинической патофизиологии" ФИЦ КНЦ СО РАН; руководитель лаборатории "Инновационных методов обследования и коррекции сенсорных систем человека" КГПУ им. В.П. Астафьева (Красноярский государственный медицинский университет им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», Красноярск, Российская Федерация)

*Казакова Алия Сабировна*, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой агробиотехнологии (Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Зерноград, Российская Федерация)

*Козлов Василий Владимирович*, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация)

*Лесовская Марина Игоревна*, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры экономики и агробизнеса (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»), Красноярск, Российская Федерация)

*Лисняк Анатолий Анатольевич*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесного почвоведения УкрНИИЛХА; доцент кафедры экологии и неоэкологии ХНУ (Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА); Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина (ХНУ), Харьков, Украина)

*Манчук Валерий Тимофеевич*, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, научный руководитель института (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

*Мойсеёнок Андрей Георгиевич*, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий Отделом витаминологии инутрицевтики ГП "Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси" (Гродно), главный научный сотрудник Отдела питания НППЦ НАН Беларуси по продовольствию (Минск) (Национальная академия наук Беларуси, Республика Беларусь)

*Музурова Людмила Владимировна*, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека (Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Российская Федерация)

*Науанова Айнаш Пахуашовна*, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник (Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан)

*Никитюк Дмитрий Борисович*, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Российская Федерация)

*Придачук Максим Петрович*, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора (Волгоградский филиал РАНХиГС, Волгоград, Российская Федерация)

*Прошин Дмитрий Иванович*, кандидат технических наук, руководитель отдела перспективных разработок (Bell Integrator, Пенза, Российская Федерация)

*Пуликов Анатолий Степанович*, доктор медицинских наук, профессор, отличник здравоохранения РФ, главный научный сотрудник группы функциональной морфологии клинического отделения патологии пищеварительной системы у взрослых и детей (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

*Полунина Наталья Валентиновна*, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующая кафедрой кафедра общественного здоровья и здравоохранения, экономики здравоохранения (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация)

*Рапопорт Жан Жозефович*, доктор медицинских наук, профессор, отличник здравоохранения СССР, заслуженный изобретатель СССР, почетный профессор НИИ МПС; консультант (Больничная касса "Леумит", Хайфа, Израиль)

*Рахимов Александр Имануилович*, доктор химических наук, профессор, профессор по кафедре «Органическая химия» (Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация)

*Рахимова Надежда Александровна*, доктор химических наук, профессор (Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация)

*Родин Игорь Алексеевич*, доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры анатомии, ветеринарного акушерства и хирургии (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Российская Федерация)

*Романенко Валерий Александрович*, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных (ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк, ДНР)

*Рожко Татьяна Владимировна*, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медицинской и биологической физики (Красноярский государственный медицинский университет им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красноярск, Российская Федерация)

*Сетков Николай Александрович*, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, международный научный центр исследования экстремальных

состояний организма, профессор кафедры биофизики Института фундаментальной биологии и биотехнологии (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Российская Федерация)

*Смелик Виктор Александрович*, доктор технических наук, профессор, директор научно-исследовательского института управления технологическими системами в АПК, заведующий кафедрой «Технические системы в агробизнесе» (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет", Санкт-Петербург, Российская Федерация)

*Смирнова Ольга Валентиновна*, доктор медицинских наук, профессор, зав. лабораторией клинической патофизиологии НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН; профессор кафедры медицинской биологии Института фундаментальной биологии и биотехнологии СФУ; профессор кафедры внутренних болезней Медико-психолого-социального института ХГУ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова, Красноярск, Российская Федерация)

*Суханова Светлана Фаилевна*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», Курганская обл., Кетовский р-н, с. Лесниково, Российская Федерация)

*Терещенко Сергей Юрьевич*, доктор медицинских наук, профессор, руководитель клинического отделения соматического и психического здоровья детей (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

*Тирранен Ляля Степановна*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, международный научный центр исследования экстремальных состояний организма (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

*Тургель Ирина Дмитриевна*, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры государственного и муниципального управления (ФГБОУ ВО "Ураль-

---

ский государственный экономический университет", Екатеринбург, Российская Федерация)

*Тыщенко Елизавета Алексеевна*, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Товароведения и управление качеством» (Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово, Российская Федерация)

*Шаталова Наталья Петровна*, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики, информатики и методики преподавания (Куйбышевский филиал Новосибирского государственного педагогического университета, Куйбышев, Российская Федерация)

*Шелепов Виктор Григорьевич*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией «Разработка продуктов для функционального питания человека и животных (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Российская Федерация)

*Шнайдер Наталья Алексеевна*, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской генетики и клинической нейрофизиологии Института последипломного образования, руководитель Неврологического центра эпилептологии, нейрогенетики и исследования мозга Университетской клиники (Красноярский государственный медицинский университет им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красноярск, Российская Федерация)

### Editorial Board Members

*Nikolai Balakirev*, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Pro-Rector for Science and Innovation, Head of the Department of Small Animal Husbandry (Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation)

*Svetlana Batyrbekova*, Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)

*Vladimir Bakhrushin*, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Deputy Director of the Institute of Information and Social Technologies, Head of System Analysis and Higher Mathematics (Classic Private University, Zaporozhye, Ukraine)

*Vyacheslav Buko*, Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Biochemical Pharmacology (Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the Academy of Sciences of Belarus, Grodno, Belarus)

*Vitaly Vasilenko*, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Technology (Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation)

*Alexander Glotov*, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Biotechnology, Chief Scientific Officer (Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Russian Federation)

*Irina Ignatova*, Doctor of Medicine, Professor of the Department of Endocrinology; Leading Researcher of the Laboratory "Clinical Pathophysiology"; Head of the Scientific-Practical Laboratory "Innovative Methods of Examination and Correction of the Sensory Systems of Man" (Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F.Voino-Yasenetsky; Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Aliya Kazakova*, Doctor of Biology, Professor, Head of Department of Agrobiotechnology (Azov-Black Sea State Agroengineering Academy, Zernograd, Russian Federation)

*Vasilij Kozlov*, Candidate of Medicine (Ph.D.), Associate Professor, Assistant Professor of Public Health and Health Care (I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation)

*Marina Lesovskaya*, Doctor of Biology, Professor, Professor of the Department 'Economics and Agribusiness' (Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Anatoly Lisnyak*, Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Forest Soil Science; Associate Profes-



sor of the Department of Ecology and Neoeology (Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry named after G. M. Vysotsky, Kharkiv National University of V.N. Karazin, Kharkiv, Ukraine)

*Valery Manchuk*, Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of RAS, Scientific Director of the Institute (Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Andrei Moiseenok*, Doctor of Biology, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head of the Department of Vitaminology and Nutraceutical Technologies of the State Enterprise "Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus" (Grodno), Chief Researcher of the Nutrition Department of the National Center for Food of Belarus (Minsk) (The National Academy of Sciences of Belarus, Belarus)

*Lyudmila Muzurova*, Doctor of Medicine, Professor, Professor of the Department of Human Anatomy (Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation)

*Aynash Nauanova*, Doctor of Biology, Professor, Chief Researcher (S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Republic of Kazakhstan)

*Dmitry Nikitjuk*, Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of RAS, Director (Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation)

*Maksim Pridachuk*, Doctor of Economics, Professor, Deputy Director (Volgograd branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Volgograd, Russian Federation)

*Dmitry Proshin*, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Head of Advanced Development Department (Bell Integrator, Penza, Russian Federation)

*Anatoly Pulikov*, Doctor of Medicine, Professor, chief researcher group of the functional morphology of the clinical department of pathology of the digestive system in children and adults (Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Natalya Polunina*, Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Public Health and Health Economics of the Russian Federation (Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation)

*Jan Rapoport*, Doctor of Medicine, Professor, Honored Worker of the USSR Public Health, Honored Inventor of the USSR, Honorary Professor of the Research Institute of the Ministry of Railways; Consultant (Health Insurance Fund "Leumit", Haifa, Israel)

*Aleksandr Rakhimov*, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of Organic Chemistry (Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation)

*Nadezhda Rakhimova*, Doctor of Chemical Sciences, Professor (Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation)

*Igor Rodin*, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Veterinary Obstetrics and Surgery (Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation)

*Valery Romanenko*, Doctor of Biology, Professor, Professor of the Department of Human and Animal Physiology (Donetsk National University, Donetsk, Donetsk People's Republic)

*Tatiana Rozhko*, Candidate of Biology (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Physics (Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Nikolay Setkov*, Doctor of Biology, Professor, Chief Researcher, International Research Center Study of Extreme States of the Body, Professor of the Department of Biophysics, Institute of Basic Biology and Biotechnology (Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Viktor Smelik*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Research Institute of Management of Technological Systems in the Agroindustrial Complex, Head of the Department "Technical Systems in Agribusiness" (St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russian Federation)

*Olga Smirnova*, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Laboratory of Clinical Pathophysiology; Professor of the Department of Medical Biology of the Institute of Fundamental Biology and Biotechnology; Professor of the Department of Internal Medicine of the Medical-Psychological-Social Institute (Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Siberian Federal University; Khakass State University named after N.F. Katanov, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Svetlana Sukhanova*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Vice-Rector (Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan region, Ketovsky district, Lesnikovo village, Russian Federation)

*Sergey Tereshchenko*, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Clinical Department of Physical and Mental Health of Children (Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation)

---

*Lyalya Tirranen*, Doctor of Biology, Leading Researcher, International Research Center Study of Extreme States of the Body (Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation)

*Irina Turgel*, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of State and Municipal Management (Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation)

*Elizaveta Tyshchenko*, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Commodity and quality management (Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, Russian Federation)

*Natalya Shatalova*, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, professor of the department of mathematics, computer science and teaching methods (Novosibirsk State Pedagogical University, Kuibyshev Branch, Kuibyshev, Russian Federation)

*Viktor Shelepov*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory "Development of Products for Functional Nutrition of Humans and Animals" (Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Russian Federation)

*Natalya Shnaider*, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Medical Genetics and Clinical Neurophysiology, Institute of Postgraduate Education, Head of the Neurological Center epileptology, Neurogenetics and Brain Research at the University Hospital (Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation)

# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И БИОЛОГИЯ

## AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-12-29

УДК 633.174:631.52

### ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ САХАРНОГО СОРГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

*Вертикова Е.А., Кузнецова А.Н.*

*Расширение площадей под посев сахарного сорго в Нижнем Поволжье сдерживается отсутствием сортов и гибридов, хорошо адаптированных к условиям региона. С целью изучения исходного материала для создания высокопродуктивных конкурентоспособных сортов в течение трёх лет проводили комплексную оценку 85 селекционных линий сахарного сорго. В качестве стандарта использовали районированный сорт Волжское 51.*

*В результате проведенных исследований установили, что селекционные линии сахарного сорго Л-16, Л-25 и Л-42 можно выделить как скороспелые. Линии Л-84 и Л-115 имели высоту растения в среднем на 12,5% выше, чем сорт Волжское 51. По содержанию жира в зеленой массе селекционные линии достоверно не отличались от сорта-стандарта, за исключением линии Л-8 и Л-115, которые уступили сорту Волжское 51. Линии Л-3, Л-5, Л-8, Л-84 достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по процентному содержанию сахара в соке в фазу выметывания.*

*По урожайности зеленой массы линии сахарного сорго Л-3, Л-13, Л-26, Л-60, Л-84, Л-109, Л-115, Л-1106 превысили сорт-стандарт на 16,5-36,4%. По урожайности сухого вещества только линии Л-23 и Л-109 значимо превысили сорт Волжское 51 в среднем на 26,6%. Селекционная линия Л-1898/2 имела значение признака «масса 1000 зерен» на*

13,4% выше, чем сорт-стандарт. Все изучаемые линии по урожайности зерна превысили сорт-стандарт в среднем на 50,7%, за исключением линии Л-25, которая не отличалась от стандарта.

Таким образом, по результатам научных исследований выявили перспективные линии, которые существенно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств. Селекционные линии сахарного сорго: Л-109, Л-1106, Л-1327, Л-1898/2 и Л-84 рекомендованы для дальнейшего испытания. Лучшие селекционные линии целесообразно включить в скрещивания для получения гибридов зернового и кормового сорго.

**Ключевые слова:** сахарное сорго; селекционные линии; продуктивность; сорт; урожайность зерна; селекционный процесс; биохимические показатели.

## THE STUDY OF BREEDING LINES OF SWEET SORGHUM FOR COMPLEX FEATURES IN THE LOWER VOLGA REGION

*Vertikova E.A., Kuznetsova A.N.*

*The expansion of the areas under sowing of sweet sorghum in the Lower Volga region is constrained by lack of varieties and hybrids well adapted to the conditions of the bathrooms in the region. With the purpose of studying initial material for creation of highly productive, competitive varieties for three years, conducted a comprehensive assessment of the 85 breeding lines of sugar-tion of sorghum. As a standard we used regionalized variety Volzhskoe 51.*

*The result of the research found that, selectional lines of sweet sorghum L-16, L-25 and L-42 you can select precocious. L-84 and L-115 had plant height by an average of 12.5% higher than the cultivar Volzhskoe 51. The fat content in herbage breeding line did not differ significantly from varieties of the standard, except for the line L-8 and L-115, which gave the variety Volzhskoe 51. Line L-3, L-5, L-8, L-84 significantly exceeded the grade standard of the Volzhskoe 51 according to the percentage sugar content in the juice in the phase of its emergence.*

*Yield of green mass of sugar sorghum lines L-3, L-13, L-26, L-60, L-84, L-109, L-115, L-1106 exceeded the grade standard 16,5-by 36,4%. Yield of dry matter only lines L-23 and L-109 significantly exceeded the cultivar Volzhskoe*

51 average of 26.6%. Selection-tion line L-1898/2 had the value of the trait «weight of 1000 grains» by 13,4% higher than sort-standard. All studied lines for grain yield exceeded the grade-a standard average of 50,7%, with the exception of line L-25, which did not differ from the standard.

Thus, the results of scientific research have identified prospective lines, which significantly exceeded the grade standard of the Volga 51 in the complex of economically valuable features and properties. Breeding lines of sweet sorghum: L-109, L-1106 L-1327, L-1898/2 and L-84 is recommended for further testing. The best breeding line to consider crossing for obtaining hybrids of grain and forage sorghum.

**Keywords:** sweet sorghum; breeding line; productivity; variety; grain yield; selection process; biochemical parameters.

Сельскохозяйственное производство Саратовской области функционирует в условиях нарастающей аридности климата. Повторяющиеся засухи резко снижают производство зеленых и сочных кормов, что сказывается на получении продукции животноводства [12]. Внедрение наиболее засухоустойчивых культур в структуру посевов позволит повысить экономическую эффективность данной отрасли. Одной из таких культур является сорго, которое характеризуется высокой засухоустойчивостью, жаростойкостью, способностью формировать высокую урожайность зерна и зелёной массы даже при недостатке влаги и повышенном температурном режиме [5].

Сорго сахарное – *Sorghumsaccharatum* (L.) Pers – уникальная сельскохозяйственная культура отличающаяся теплолюбивостью высочайшей засухоустойчивостью (недаром её называют «*Верблюдом Растительного мира*»), низкой требовательностью к структуре и плодородию почв [14].

Способность растений сахарного сорго аккумулировать большое количество растворимых сахаров (гибридные сорта, выведенные отечественными селекционерами, содержат в стеблях до 22% сахара) делает его потенциальным источником сырья для пищевой промышленности. В районах с жарким и сухим климатом решить проблему сахара за счет сахарной свеклы трудно, а иногда и невозможно. Сахарное сорго как засухоустойчивая, жаровыносливая и высокоурожайная культура в этих условиях является незаменимым сахароносом [3].

Сорго, благодаря высокой засухоустойчивости, невысокой требовательности к питательным веществам и почвам, может выращиваться с критически складывающимися климатическими условиями [18]. Конкурентные преимущества сорго перед другими с.-х. культурами: высокая

урожайность; меньше нормы высева (в 2–3 раза) и затраты на покупку семян; высокая экологическая пластичность; универсальность использования [6].

Согласно данным ФАО, крупнейшим производителем сорго в 2009 году были Соединённые Штаты Америки (9,7 млн. тонн). За ними в числе основных производителей сорго следуют Индия, Нигерия, Судан и Эфиопия. Также много сорго выращивают в следующих странах: Австралия, Бразилия, Китай, Буркина-Фасо, Аргентина, Мали, Камерун, Египет, Нигер, Танзания, Чад, Уганда, Мозамбик, Венесуэла и Гана. В России в 2014 году произвели 207 тыс. тонн сорго [4].

В системе мероприятий, направленных на увеличение эффективности производства мяса, в частности, говядины, важное место отводится укреплению кормовой базы и организации полноценного кормления животных.

Сорговые культуры, а это сорта сахарного сорго являются весьма перспективными и позволяют укрепить кормовую базу и разнообразить кормление животных путем реализации вторичных продуктов переработки сахарного сорго на сироп (витаминно-белковый кормовой концентрат), причем универсальность их использования в различных областях агропромышленного комплекса и отменное качество гарантирует предприятию стабильную, а отсутствие конкуренции (одно предприятие в России) и высокую себестоимость сахара, большую прибыль [4].

Совершенствование механизмов регулирования сельскохозяйственной продукции, модернизация мощностей перерабатывающей промышленности и продуктов ее переработки позволит рассмотреть целесообразность строительства новых заводов по переработке сорго всех видов и, в первую очередь сахарного, по производству глюкозо-фруктозных сиропов, витаминно-кормовой муки из зерен сорго (ГФС), из стеблей сахарного сорго – сироп, получивший название соргового меда, который может использоваться как самостоятельный продукт или замена меда в ряде напитков и кондитерских изделий, а также производство сахарозо-глюкозо-фруктового сиропа (СГФ), напитков и настоек с добавлением различных экстрактов лекарственных растений, сырьем для спиртового производства, заменой крахмальной патоки ввиду низкой себестоимости (в 5 раз дешевле) [9].

Широкое внедрение сахарного сорго сдерживается отсутствием необходимого набора сортов и гибридов, хорошо адаптированных к местным условиям [7]. Рекомендованные к использованию сорта сахарного сорго, в настоящее время представленные в основном сортами инорайонной селекции, отличаются познеспелостью, что усложняет организацию промышлен-

ленного семеноводства [19]. Все это вызывает необходимость создания принципиально нового исходного материала, отвечающего климатическим условиям зоны сухих степей Нижнего Поволжья.

### **Материал и методы исследований**

В качестве изучаемого материала использовали 85 селекционных линий сахарного сорго, полученных в процессе плановых скрещиваний и отбора на кафедре «Растениеводство, селекция и генетика» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ под руководством доцента канд. с.-х наук Е.В. Морозова.

Селекционные линии сахарного сорго сравнивали с лучшим районированным сортом Волжское 51.

Полевые и лабораторные эксперименты проводили по методике Б.А. Доспехова [10]. Опытные делянки учётной площадью 5,0 м<sup>2</sup>, размещали рендомизированно, в четырехкратной повторности в соответствии с методикой лаборатории сорго ВНИИР им. Н.И. Вавилова. Биологический контроль за ростом и развитие, продолжительностью фенологических фаз, количественные учеты хозяйственно-ценных признаков проводили на основании «Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moensh*» [20]. Вегетационный период оценивали, отмечая появление всходов, начало кущения, выход последнего листа, выметывание, начало и конец цветения, фазы спелости зерна. Этапы органогенеза оценивали по методике Ф.М. Кумерман [16]. Наряду с учётом урожайности зеленой массы и семян измеряли высоту главного стебля, его толщину, длину и ширину 4-го сверху листа и метелки главного побега, длину и число междоузлий стебля, рассчитывали общую и продуктивную кустистость. Определяли массу зерна с одной метелки, массу 1000 зерен.

Биохимический состав зеленой массы и зерна оценивали по общепринятым методикам [11] в лаборатории ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Определяли протеин по Кьельдалю (ГОСТ 10846-81), «сырой» жир по методу Сосклета (ГОСТ 13496.15-97), крахмал по ГОСТ 10845-98, золу методом сухого озоления, «сырую» клетчатку по ГОСТ 13496.2-91, танины по методике Сусловой Т.А. Определяли содержание моно- и дисахаров в соке стеблей сахарного сорго в лабораторных условиях по методике Бертрана, в полевых суммарный состав – портативным рефрактометром RL-2. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью прикладных компьютерных программ «Agros», версии 2.09 статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции.



Полевые исследования проводили на опытном поле УНПЦ «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в 2015–2017 годах.

Наиболее благоприятные погодные условия для возделывания сахарного сорго отмечены в 2016 году. В 2015 году растения страдали от недостатка влаги, особенно в фазу всходов, но хорошо переносили высокие температуры в дальнейшем, что указывает на высокую засухоустойчивость сахарного сорго и его преимущества по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Вегетационный период 2017 году в целом характеризовался как благоприятный. Однако, в сентябре-октябре наблюдалось избыточное количество осадков, что повлияло на сохранность урожая семян позднеспелых сортообразцов.

### Результаты исследований и их обсуждение

Комплексное изучение селекционного материала показало значительные различия между линиями по хозяйственно-ценным признакам и свойствам.

В результате изучения установлено, что у сорта Волжское 51 фаза «всходы-цветение» наступала на 79 сутки. Селекционные линии Л-3, Л-8, Л-16, Л-25, Л-26, Л-42, Л-109, Л-1106 и Л-1327 зацветали статистически достоверно раньше, чем сорт-стандарт. Для наступления цветения селекционными линиями: Л-13, Л-23, Л-60, Л-84, Л-1898/2 потребовалось значительно больше времени, чем сорту Волжское 51 (табл. 1).

Важным направлением в селекции сахарного сорго является, селекции на скороспелость, чем меньше вегетационный период, тем более скороспелые сорта или линии [17]. Фаза полной спелости у сорта-стандарта Волжское 51 наступает на 113 сутки. Селекционные линии: Л-13, Л-26 и Л-60 статически достоверно превысили сорт-стандарт и, следовательно, были самыми позднеспелыми (табл. 1).

Таблица 1.

**Характеристика лучших селекционных линий сахарного сорго по морфологическим признакам в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

Сорт, линия	Сутки от всходов		Высота, см		Кустистость	
	до цветения	до спелости	через 30 дней	при созревании	общая	продуктивная
Волжское 51 (st)	79	113	38,0	201,3	1,2	1,1
Л-3	68	107	36,1	197,5	1,3	1,1
Л-5	80	109	37,4	211,2	1,0	1,0
Л-8	65	99	39,2	178,1	1,5	1,4

Окончание табл. 1.

Л-13	85	117	35,5	188,1	1,2	1,1
Л-16	62	94	36,0	190,1	1,7	1,5
Л-23	82	112	35,7	168,2	2,1	1,1
Л-25	62	92	37,3	162,4	1,0	1,0
Л-26	73	118	38,0	185,5	1,3	1,3
Л-42	69	94	37,9	197,1	1,6	1,4
Л-60	85	115	38,2	188,1	1,8	1,6
Л-84	82	103	40,5	224,0	1,8	1,4
Л-109	71	108	41,4	218,2	1,4	1,4
Л-115	80	107	39,9	231,2	1,2	1,0
Л-1106	74	106	37,5	207,2	1,8	1,4
Л-1327	64	105	40,8	200,2	1,5	1,1
Л-1898/2	90	106	43,1	160,8	2,1	1,6
F <sub>факт.</sub>	54,61*	93,91*	7,60*	4,92*	111,60*	106,13*
HCP <sub>05</sub>	1,30	1,10	1,60	19,90	0,20	0,10

Линии сахарного сорго Л-16, Л-25 и Л-42 можно выделить как скоропелые линии, так как их вегетационный период длится 91–95 суток, что статистически достоверно ниже, чем у сорта-стандарта.

Современные сорта и гибриды должны быть приспособлены к условиям высокотехнологичного сельскохозяйственного производства с применением машин для посева, обработки и уборки [13]. К моменту созревания сорт-стандарт Волжское 51 имел высоту 201,3 см. Селекционные линии Л-84 и Л-115 статистически достоверно превысили стандарт в среднем на 12,5% по изучаемому признаку. Линии: Л-8, Л-23, Л-25 и Л-1898/2 имели значение признака статистически достоверно ниже, чем сорт-стандарт на 2,4–11,8%. Остальные селекционные линии статистически имели высоту растения на уровне сорта-стандарта (табл. 1).

Кустиность растения оказывает непосредственное влияние на формирование урожайности зеленой массы сахарного сорго [15]. Общая кустиность сорта-стандарта Волжское 51 составляет 1,2. Линии сахарного сорго статистически достоверно превысили сорт-стандарт на 25–75% по признаку «общая кустиность». Остальные селекционные линии статистически достоверно не отличались от сорта-стандарта по изучаемому признаку.

Продуктивная кустиность сорт Волжское 51 составила 1,1. Селекционные линии: Л-8, Л-16, Л-26, Л-42, Л-60, Л-84, Л-109, Л-1106 и Л-1898/2 имели значение изучаемого признака существенно выше, чем сорт-стандарт. Остальные линии достоверно не отличались от сорта Волжское 51.

Важнейший признак сельскохозяйственной продукции – ее качество. Это сложный признак, включающий различные свойства, начиная от биохимического состава, который определяет питательную ценность того или иного продукта, его вкусовые качества, а также транспортабельность, пригодность для хранения [1].

Селекционные линии значительно различаются между собой не только по морфологическим признакам и продолжительности вегетационного периода, но и по содержанию основных питательных веществ (табл. 2). Зеленая масса сахарного сорго используется в основном для приготовления кормов и частично скармливается животным в свежем виде [2]. При оценке качества зелёной массы в первую очередь учитываются такие показатели как содержание сырого протеина, углеводов и жиров. В зеленой массе селекционных линий Л-5, Л-109 и Л 1327 содержалось сырого протеина статистически достоверно больше (11,4–11,9%), чем у сорта-стандарта Волжское 51 (9,7%).

По содержанию жира линии Л-8 и Л-115 статистически достоверно уступили стандарту. Остальные селекционные линии имели значение признака на уровне сорта Волжское 51 (табл. 2). В состав жира кроме жира входят: воск, хлорофилл, смолы, красящие вещества, органические кислоты, фосфатиды, стеринны и другие соединения, необходимые для выполнения жизненно важных функций организма.

Таблица 2.

**Биохимическая характеристика зеленой массы лучших селекционных линий сахарного сорго (фаза выметывания), 2015–2017 гг.**

Сорт, линия	Сухое вещество, %	Протеин, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зола, %	Каротин, мг/кг	Сахар в соке, %
Волжское 51 (st)	20,80	9,70	1,8	32,10	6,90	32,80	4,10
Л-3	23,70	9,90	1,60	29,40	6,90	29,30	4,00
Л-5	19,40	11,40	1,90	30,70	7,00	26,80	5,10
Л-8	18,80	10,10	1,30	27,60	6,10	37,00	3,90
Л-13	24,10	8,30	1,50	25,70	5,80	30,90	4,70
Л-16	24,50	9,10	1,60	27,00	6,30	34,30	4,00
Л-23	20,10	9,00	1,70	31,90	6,80	32,40	4,30
Л-25	26,70	6,40	1,70	29,80	7,20	33,90	3,90
Л-26	21,30	6,60	1,60	28,70	6,50	29,80	4,20

Окончание табл. 2.

Л-42	24,10	7,30	1,80	27,50	6,90	32,40	4,30
Л-60	22,00	6,80	1,50	26,40	5,70	30,10	3,70
Л-84	27,20	7,90	1,60	27,00	6,50	31,40	4,80
Л-109	27,50	11,90	1,70	27,30	7,70	38,30	4,50
Л-115	17,90	8,40	1,30	26,60	5,80	35,00	4,00
Л-1106	25,90	6,00	1,90	29,50	5,90	32,20	3,80
Л-1327	26,50	11,60	1,50	27,30	7,80	40,20	4,80
Л-1898/2	25,10	7,10	1,60	29,00	6,40	31,80	4,10
F <sub>факт.</sub>	71,04*	29,37*	5,75*	11,46*	9,71*	7,32*	39,36*
НСР <sub>05</sub>	1,05	1,14	0,33	1,35	0,50	0,41	0,44

Содержание сырой клетчатки в зеленой массе варьировало в пределах от 25,7% до 32,1%. Все изучаемые линии имели значение признака значительно ниже, чем сорт-стандарт Волжское 51. Только линия Л-23 существенно не отличалась от стандарта по изучаемому признаку. Оценка селекционных линий по содержанию каротина в зеленой массе показала, что достоверно превысили сорт-стандарт линии: Л-5, Л-16, Л-25, Л-109, Л-115 и Л-1327. Линия Л-23 имела значение признака на уровне сорт Волжское 51. Остальные линии имели данный показатель на уровне сорта-стандарта.

Одним из этих признаков является содержание сахара [2]. Процентное содержания сахара в соке сорта-стандарта Волжское 51 в фазу выметывания составляет 4,1%. Линии Л-3, Л-5, Л-8, Л-84 статистически достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по изучаемому признаку. Остальные линии сахарного сорго по признаку «содержание сахара в соке» статистически достоверно не отличались от сорта-стандарта (табл. 2).

Изучение биохимических составляющих зеленой массы селекционных линий свидетельствует о значительном полиморфизме сахарного сорго, позволяющем выделить лучшие по комплексу биохимических показателей для дальнейшей селекции сахарного сорго разных направлений использования [13].

Характеристика семенной продуктивности имеет важное значение при подборе селекционных линий для формирования рабочей коллекции исходного материала сахарного сорго. Урожайность зеленой массы сорта-стандарта Волжское 51 и составляет 27,48 т/га (табл. 3). Линии сахарного сорго Л-3, Л-13, Л-26, Л-60, Л-84, Л-109, Л-115, Л-1106 превышают сорт-стандарт по признаку изучаемому признаку на 16,5–36,4%. Линии Л-8, Л-25, Л-42, Л-1327 имели значение признака статистически достоверно ниже стандарта в среднем на 36,6%. Остальные селекционные ли-

нии статистически не отличались от стандарта по признаку «урожайность зеленой массы» (табл. 3).

Урожайность сухого вещества является одним из важных показателей в животноводстве при заготовлении кормов. В результате исследований сорт-стандарт Волжское 51 имел урожайность сухого вещества 10,9 т/га. Селекционные линии Л-23 и Л-109 статистически достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 в среднем на 26,6% по изучаемому признаку. Остальные селекционные линии имели значение признака «урожайность сухого вещества» на уровне сорта-стандарта.

Масса 1000 зерен у сорта-стандарта Волжское 51 составила 23,20 г. Линия Л-1898/2 значимо превысила сорт-стандарт на 13,4% по признаку данному признаку. Линии Л-8, Л-16, Л-25, Л-26, Л-42, Л-60, Л-109, Л-1327 статистически достоверно уступили сорту-стандарту на 12,5% – 46,5%. Остальные селекционные линии имели значение признака на уровне сорта-стандарта Волжское 51 (табл. 3).

Таблица 3.

**Оценка продуктивности лучших селекционных линий сахарного сорго  
в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

Сорт, линия	Урожайность зеленой мас- сы, т/га	Урожайность сухого веще- ства, т/га	Масса 1000 зерен, г	Урожай- ность зерна, т/га
Волжское 51 (st)	27,48	10,9	23,20	2,80
Л-3	32,03	11,70	23,50	4,38
Л-5	28,05	12,00	24,10	3,83
Л-8	24,00	11,70	20,30	4,32
Л-13	46,03	11,80	25,60	3,85
Л-16	27,00	12,30	20,30	3,28
Л-23	34,03	13,40	24,00	3,72
Л-25	22,50	10,50	12,40	2,83
Л-26	32,50	10,80	18,10	3,12
Л-42	11,00	11,00	14,10	3,70
Л-60	36,50	10,90	16,50	3,80
Л-84	37,50	12,30	25,00	4,12
Л-109	44,00	14,20	17,40	4,20
Л-115	36,00	10,70	24,02	4,12
Л-1106	40,00	10,90	22,08	5,32
Л-1327	20,50	10,80	20,00	4,03
Л-1898/2	29,00	12,60	26,30	4,47
F <sub>факт.</sub>	21,61*	18,73*	4,17*	90,79*
НСР <sub>05</sub>	2,21	1,82	2,81	0,18

Урожайность зерна в зависимости от генотипических особенностей изучаемого материала варьировала от 2,60 до 5,32 т/га, Урожайность зерна сорта Волжское 51 составила 2,80 т/га. Все линии сахарного сорго, за исключением линии Л-25 превысили сорт-стандарт в среднем на 50,7%. Селекционная линия Л-25 статистически достоверно не отличалась от сорта-стандарта по данному признаку (табл. 3).

Сахарное сорго использовать на фураж не рекомендуется, но при уборке на силос или зеленый корм следует учитывать количество и качество зерна (табл. 4).

Таблица 4.

**Биохимические показатели зерна лучших селекционных линий сахарного сорго в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

Сорт, линия	Сухое вещество, %	Протеин, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зола, %	Крахмал, %
Волжское 51 (st)	89,56	12,14	3,89	9,00	2,56	50,84
Л-3	88,72	12,43	3,66	6,24	2,35	61,98
Л-5	90,58	13,12	3,08	10,57	3,41	47,33
Л-8	88,90	12,85	3,53	6,64	2,23	57,02
Л-13	90,33	14,15	3,75	7,34	3,42	67,23
Л-16	90,25	12,45	3,76	1,64	2,73	69,31
Л-23	89,28	13,15	4,47	9,14	1,97	49,62
Л-25	89,00	15,40	3,90	8,20	3,10	50,23
Л-26	90,00	14,45	4,38	2,57	2,12	60,26
Л-42	89,41	13,55	4,98	7,56	2,56	54,91
Л-60	87,92	12,65	3,88	6,59	2,68	59,44
Л-84	88,66	11,98	4,01	7,13	2,97	61,35
Л-109	90,02	12,79	5,00	9,94	1,85	63,98
Л-115	90,25	9,85	4,99	5,78	2,36	62,34
Л-1106	91,00	14,32	3,48	10,17	2,88	54,76
Л-1327	89,53	13,35	4,67	9,14	2,93	49,62
Л-1898/2	89,45	15,11	4,48	5,16	2,00	67,13
F <sub>факт.</sub>	31,25*	8,68*	69,31*	362,12*	71,61*	158,35*
НСР <sub>05</sub>	0,67	0,54	0,23	0,55	2,21	0,55

При уборке сахарного сорго на силос в фазу восковой или полной спелости в кормовой массе содержится до 15% семян. Зерновки сортов традиционного фенотипа имеют коричневую окраску и плотно охвачены колосковыми чешуйками, препятствующими усвоению семян. Новые селекционные сорта и линии отличаются более светлой окраской семян,

которые не охвачены жесткими кожистыми пленками и содержат мало танинов в зерно, что позволяет использовать его на корм сельскохозяйственных животных и птицы, так как содержит большое количество ценных питательных веществ.

Содержание протеина у изучаемых селекционных линий варьировало от 87,92% (Л-60) до 91,0% (Л-1106), крахмала – от 47,33% (Л-5) до 67,13% (Л-1898/2). По содержанию жира различия составили 1,52% (от 3,48 у Л-1106 до 5,00% у линии Л-109). Содержание клетчатки зависело от соотношения основных компонентов зерновки, обусловленного генотипом и его плёнчатостью. Минимальным количеством клетчатки в зерне отличались селекционные линии Л-16 и Л-26, которые хорошо обмолачивались.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований выявили перспективные линии, которые существенно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств. Селекционные линии сахарного сорго: Л-109, Л-1106, Л-1327, Л-1898/2 и Л-84 рекомендованы для дальнейшего испытания.

Лучшие селекционные линии рекомендовано использовать на завершающих этапах селекционного процесса, а также включить в скрещивания для получения гибридов зернового и кормового сорго.

### **Список литературы**

1. Буенков А.Ю. Влияние агротехнических приёмов на формирование урожая и расчетное накопление водорастворимых сахаров у сорго сахарного // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья. Материалы Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Саратов, 2010. С. 171–174.
2. Буенков А.Ю. Высокоэффективный агробиологический приём повышения сахаристости у сорго сахарного // Актуальные проблемы ботаники и экологии 21–25 сентября 2010 г. Материалы Международной конференции молодых ученых. Симферополь, 2010. С. 332–333.
3. Буенков А.Ю. Особенности возделывания сахарного сорго в засушливых условиях нижнего Поволжья / А.Ю. Буенков, О.В. Колов, Д.С. Семин // Материалы IX Международной научно-методической конференции. Мичуринск, 2010. С. 294–298.
4. Вертикова А.С. Экономическое обоснование эффективности возделывания сахарного сорго в условиях Саратовской области / А.С. Вертикова, Н.В. Провидонова, Е.А. Вертикова // Аграрный научный журнал. 2016. № 6. С. 82–86.

5. Вертикова Е.А. Селекция зернокармливых культур в условиях Поволжья // В мире научных открытий. 2016. № 9(81). С. 74–93.
6. Вертикова Е.А. Перспективы возделывания сахарного сорго на территории Саратовской области / Е.А. Вертикова, М.П. Фролов // В сборнике: Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. 2016. С. 20–23.
7. Вертикова Е.А. Селекционная ценность перспективных линий сахарного сорго в условиях Саратовской области / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 127-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2014». ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». 2014. С. 102–103.
8. Вертикова Е.А. Селекционные исследования линий сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов, С.С. Хлобыстов, Е.С. Литвинова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 128-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2015». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2015. С. 103–106.
9. Вертикова Е.А. Перспективы внедрения новых сортов сахарного сорго в условиях импортзамещения / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов, Е.С. Литвинова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию создания кафедры «Землеустройство и кадастры» и 70-летию со дня рождения основателя кафедры, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Туктарова Б.И. 2015. С. 427–430.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. С. 128–132.
12. Жужукин В.И. Новые сорта зернокармливых культур / В.И. Жужукин, М.Ф. Шор, Ю.В. Лобачев, Е.В. Морозов // Кормопроизводство. 2008. № 4. С. 22–24.
13. Колов О.В. Разработка агробиологических приёмов повышения накопления сахаров у сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / О.В. Колов, А.Г. Ишин, Г.И. Костина, В.С. Горбунов, А.Ю. Буенков, И.Г. Ефремова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Т.2. Москва, 2009. С. 435–438.



14. Корзун О.С. Возделывание просовидных культур в республике Беларусь / О.С. Корзун, Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, С.В. Кравцов // Монография. Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет». 2011. С. 188.
15. Кузнецова А.Н. Оценка селекционных линий сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / А.Н. Кузнецова, Е.А. Вертикова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения -2017». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2017. С. 71–72.
16. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. М.: Высшая школа, 1984. 240 с.
17. Лобачев Ю.В. Результаты селекции кормовых культур в условиях Поволжья / Ю.В. Лобачёв, Е.А. Морозов, Е.А. Вертикова // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 5–2. С. 68–69.
18. Лобачев Ю.В. Результаты селекции сортов зернокармального направления // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 11-1. С. 10 а.
19. Лобачёв Ю.В. Результаты современного этапа селекционной работы в Саратовском ГАУ / Ю.В. Лобачёв, Е.А. Вертикова, Л.Г. Курасова, Е.В. Морозов, О.В. Ткаченко // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2016». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2016. С. 123–124.
20. Якушевский Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench / Е.С. Якушевский, Г. Вардинов, В.А. Корнейчук, Л. Баняи; Всесоюз. науч.-исслед. инст. раст-ва им. Н.И. Вавилова (ВИР). Ленинград. 1982. 35 с.
21. Jeffery S., Verheijen F.G.A., M. van der Velde, Bastos A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis // *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 144, Issue 1, November 2011, pp. 175–187. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.015.
22. Wilfried H. Eppendorfer, SoRen W. Bille and Sumitra Patipanawattana Protein quality and amino acid-protein relationships of maize, sorghum and rice grain as influenced by nitrogen, phosphorus, potassium and soil moisture stress // *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 36, Issue 6, June 1985, pp. 453-462. DOI: 10.1002/jsfa.2740360606.
23. Bonface G. Mukabane, George Thiongo, Benard Gathitu, Hunja Murage, Nelson O. Ojjo, Willis O. Owino Evaluating the Potential of Juice from Some Sweet

Sorghum Varieties Grown In Kenya to Crystallize // Food Science and Quality Management, Volume 30, 2014, pp. 31–39.

### References

1. Buenkov A.Ju. Vlijanie agrotehnicheskikh prijemov na formirovanie urozhaja i raschetnoe nakoplenie vodorastvorimyh saharov u sorgo saharogo [Influence of agrotechnical methods on the formation of yield and the calculated accumulation of soluble sugars from sweet sorghum]. *Molodye uchenye – agropromyshlennomu kompleksu Povolzh'ya. Materialy Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov* [Young scientists – agro-industrial complex of the Volga region. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists], Saratov, 2010, pp. 171–174.
2. Buenkov A.Ju. Vysokojeffektivnyj agrobiologicheskij prijom povysheniya saharistosti u sorgo saharogo [Agrobiological highly effective method of increase of sugar content from sweet sorghum]. *Aktual'nye problemy botaniki i ekologii 21–25 sentyabrya 2010 g. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh* [Actual problems of botany and ecology September 21–25, 2010 Proceedings of the International Conference of Young Scientists], Simfiropol', 2010, pp. 332–333.
3. Buenkov A.Ju., Kolov O.V., Semin D.S. Osobennosti vozdeleyvaniya saharogo sorgo v zasushlivykh usloviyakh nizhnego Povolzh'ja [Features of cultivation of sweet sorghum in the arid conditions of the lower Volga region] *Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Materials of the IX International Scientific and Methodical Conference], Michurinsk, 2010, pp. 294–298.
4. Vertikova A.S., Providonova N.V., Vertikova E.A. Jekonomicheskoe obosnovanie jeffektivnosti voz-deleyvaniya saharogo sorgo v usloviyakh Saratovskoj oblasti. [Economic justification of efficiency of cultivation of sugar sorghum in the conditions of Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2016. № 6, pp. 82–86.
5. Vertikova E.A. Selekcija zernokormovykh kul'tur v usloviyakh Povolzh'ja [Breeding grain forage crops in the conditions of the Volga region]. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2016. № 9(81), pp. 74–93.
6. Vertikova E.A., Frolov M.P. Perspektivy vozdeleyvaniya saharogo sorgo na territorii Saratovskoj oblasti [Prospects of cultivation of sugar sorghum in the Saratov region]. *Innovatsionnye tekhnologii sozdaniya i vozdeleyvaniya sel'skokhozyay-stvennykh rasteniy Sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies for the creation and cultivation of agricultural plants Collected materials of the III International Scientific and Practical Conference], Saratov, 2016, pp. 20–23.

7. Vertikova E.A., Morozov E.V. Selekcionnaja cennost' perspektivnyh linij sahnarnogo sorgo v uslovijah Saratovskoj oblasti [Breeding value of promising lines of sweet sorghum in the conditions of Saratov region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 127-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2014»* [Collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 127th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2014”], Saratov, 2014, pp. 102–103.
8. Vertikova E.A., Morozov E.V., Hlobystov S.S., Litvinova E.S. Selekcionnye issledovanija linij sahnarnogo sor-go v uslovijah Nizhnego Povolzh'ja [Research breeding lines of sweet sorghum in the Lower Volga region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 128-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2015»* [Collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 128th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2015”], Saratov, 2015, pp. 103–106.
9. Vertikova E.A., Morozov E.V., Litvinova E.S. Perspektivy vnedrenija novyh sortov sahnarnogo sorgo v uslovijah importozameshhenija [Prospects of introduction of new varieties of sweet sorghum in terms of import]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfe-rentsii, posvyashchennoy 15-letiyu sozdaniya kafedry “Zemleustroystvo i ka-dastry” i 70-letiyu so dnya rozhdeniya osnovatelya kafedry, doktora sel'sko-khozyaystvennykh nauk, professora Tuktarova B.I.* [Collection of articles of the international scientific and practical conference devoted to the 15th anniversary of the foundation “Land management and Cadastres” and the 70th anniversary of the founder of the department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Tuktarov B.I.]. 2015, pp. 427–430.
10. Dospheov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)]. Agropromizdat, 1985. 351 p.
11. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Jarosh N.P. et al. *Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij* [Methods for biochemical study of plants]. Leningrad, 1987, pp. 128–132.
12. Zhuzhukin V.I., Shor M.F., Lobachev Ju.V., Morozov E.V. Novye sorta zernokormovyh kul'tur [New varieties of crops zernotorgovaj]. *Kormoproizvodstvo*, №4, 2008, pp. 22–24.
13. Kolov O.V., Ishin A.G., Kostina G.I., Gorbunov V.S., Buenkov A.Ju., Efremova I.G. Razrabotka agrobiologicheskikh prijomov povyshenija nakoplenija saharov u sahnarnogo sorgo v uslovijah Nizhnego Povolzh'ja [The development of agrobiological methods of increasing accumulation of sugars from sweet sorghum

- in the Lower Volga region]. *Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija* [New and non-traditional plants and prospects for their use]. V. 2. M., 2009, pp. 435–438.
14. Korzun O.S., Anohina T.A., Kadyrov R.M., Kravcov S.V. *Vozdelyvanie prosovidnyh kul'tur v respublike Belarus'* [The cultivation of millet crops in the Republic of Belarus]. Grodno, 2011. P. 188.
  15. Kuznecova A.N., Vertikova E.A. Ocenka selekcionnyh linij sahnarnogo sorgo v uslovijah Nizhnego Povolzh'ja [Evaluation of breeding lines of sweet sorghum in the Lower Volga region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 130-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2017»* [Collection of articles of the international scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2017”]. Saratov, 2017, pp. 71–72.
  16. Kuperman F.M. *Morfofiziologija rastenij. Morfofiziologicheskiy analiz jetapov organogeneza razlichnyh zhiznennyh form pokrytosemnykh rastenij* [Morphophysiology plants. Morphophysiological analysis of the stages of organogenesis of various life forms of angiosperms]. Moscow, 1984, 240 p.
  17. Lobachev Ju.V., Morozov E.A., Vertikova E.A. Rezul'taty selekcii kormovykh kul'tur v uslovijah Povolzh'ja [Results of cultivation of forage crops in conditions of the Volga region]. *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obra-zovanija*, 2014, № 5–2, pp. 68–69.
  18. Lobachev Ju.V. Rezul'taty selekcii sortov zernokormovogo napravlenija [The results of breeding varieties zernotorgovaj directions]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2013, № 11-1. P. 10 a.
  19. Lobachjov Ju.V., Vertikova E.A., Kurasova L.G., Morozov E.V., Tkachenko O.V. Rezul'taty sovremennogo jetapa selekcionnoj raboty v Saratovskom GAU [The results of the current stage of selection work in the Saratov State University of Agriculture]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 129-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2016»* [Collected articles of the international scientific and practical conference dedicated to the 129th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov. Vavilov “Vavilov Readings – 2016”], Saratov, 2016, pp. 123–124.
  20. Yakushevskiy E.S., Varadinov G., Korneychuk V.A., Banyai L. *Shirokiy unifikirovannyj klassifikator SEV vozdeleyvaemykh vidov roda Sorghum Moench* [A wide unified classification of the CMEA of cultivated species of the genus Sorghum Moench]. Leningrad. 1982. 35 p.
  21. Jeffery S., Verheijen F.G.A., M. van der Velde, Bastos A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using

- meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 144, Issue 1, November 2011, pp. 175–187. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.015.
22. Wilfried H. Eppendorfer, SoRen W. Bille and Sumitra Patipanawattana Protein quality and amino acid-protein relationships of maize, sorghum and rice grain as influenced by nitrogen, phosphorus, potassium and soil moisture stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 36, Issue 6, June 1985, pp. 453–462. DOI: 10.1002/jsfa.2740360606
23. Bonface G. Mukabane, George Thiongo, Benard Gathitu, Hunja Murage, Nelson O. Ojijo, Willis O. Owino. Evaluating the Potential of Juice from Some Sweet Sorghum Varieties Grown In Kenya to Crystallize. *Food Science and Quality Management*, Volume 30, 2014, pp. 31–39.

#### ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Вертикова Елена Александровна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»  
*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*  
*Театральная площадь, 1А, г. Саратов, 413100, Российская Федерация*  
*vertikowa.elena@yandex.ru*

**Кузнецова Анастасия Николаевна**, аспирант, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»  
*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*  
*Театральная площадь, 1А, г. Саратов, 413100, Российская Федерация*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Vertikova Elena Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant professor of the chair “Plant growing, breeding and genetics”  
*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*  
*1A, Theater Square, Saratov, 413100, Russian Federation*  
*vertikowa.elena@yandex.ru*

**Kuznetsova Anastasia Nikolaevna**, Postgraduate Student, Associate Professor of the Department “Plant growing, breeding and genetics”  
*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*  
*1A, Theater Square, Saratov, 413100, Russian Federation*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-30-37

УДК 574.474

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ НП «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»

*Кожакин П.А., Хазиахметов Р.М.*

*Сегодня большое внимание уделяется изменению климатических условий в целом на планете и отдельных ее регионах, изучению динамики основных их компонентов в различных экосистемах и их влияние. Особо важно проследить данные изменения в аридных экосистемах и на границах распространения видов, изменение эдификаторов и ареалов (вредителей, болезней). Необходимо выявить экологические риски для особо охраняемых природных территорий, которым и является национальный парк.*

*В статье приведена природно-климатическая характеристика федерального государственного учреждения «Национальный парк «Бузулукский бор»», который является уникальной экосистемой в степной зоне Южного Урала и южной границей распространения Сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Проведен анализ данных метеостанции «Боровая ЛОС» за последние сто лет среднегодовых показателей температуры, осадков и относительной влажности воздуха. В результате исследования отчетливо прослеживается тренд повышения температуры, осадков на территории бора. Колебания влажности за последние сто лет незначительные и наблюдается небольшая обратная корреляция между температурой и численностью осадков.*

**Ключевые слова:** Бузулукский бор; природно-климатическая характеристика; положительный тренд температуры.

## ANALYSIS OF CLIMATIC DATA DYNAMICS IN BUZULUKSKY BOR NATIONAL PARK

*Kozhakin P.A., Haziahmetov R.M.*

*Nowadays scientists pay much attention to climatic changes on the planet in general and its separate regions, to the study their basic components dynamics in different ecosystems and their impact. It is particularly important to*

*trace these changes in arid ecosystems and on the borders of species distribution area, as well as characteristic species changing.*

*The article presents the climatic characteristics of the Federal state institution «Buzuluksky Bor» National Park which is a unique ecosystem in the steppe zone of the southern Urals and Pine (*Pinus sylvestris*) southern boundary. The paper analyzes «Borovaya Forest Experimental Station» data of average annual temperature, precipitation and atmosphere relative humidity in the past hundred years. The study clearly shows a trend of temperature and precipitation increasing on the territory of the forest. Humidity fluctuations are insignificant in the last hundred years and a small invert correlation is observed between the temperature and strength of precipitation.*

**Keywords:** *Buzuluksky Bor; environment; positive temperature trend.*

Бузулукский бор – хвойный лесной массив в степной зоне, расположен на границе Оренбургской и Самарской областей. В работе Е.Д. Годнева указывается об уникальности данного лесного массива, так как это один из южных пунктов распространения Сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в Европе и наиболее крупный ее остров на юго-востоке европейской части бывшего СССР. Так же он указывает его размеры в 111,6 тысяч га [1], которые не остаются постоянными, так Я. Н. Даркшевич пишет: «... с 1793 по 1843 год пожары уничтожили около 30 тыс. га леса». Указывается, что 1844 год принято считать началом ведения правильного лесного хозяйства [2].

**Цель данной работы** выявить тренд климатических показателей на территории ФГБУ «Национальный парк «Бузулукский бор».

Впервые охраняемая территория в бору была выделана в 1930 году, в 1936 году – водоохранная зона, к 1940 заповедная зона имела площадь в 10,5 тысяч га. Приказом Министерства Природных Ресурсов РФ № 1952-Р от 29 декабря 2007 года на территории лесного массива образован национальный парк.

Основные задачи его функционирования определены следующим образом:

- 1) сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов, растительного и животного мира;
- 2) сохранение историко-культурных объектов;
- 3) экологическое и историко-культурное просвещение населения;
- 4) создание условий для регулируемого туризма и отдыха;
- 5) разработка и внедрение научных методов охраны природы и экологического просвещения;

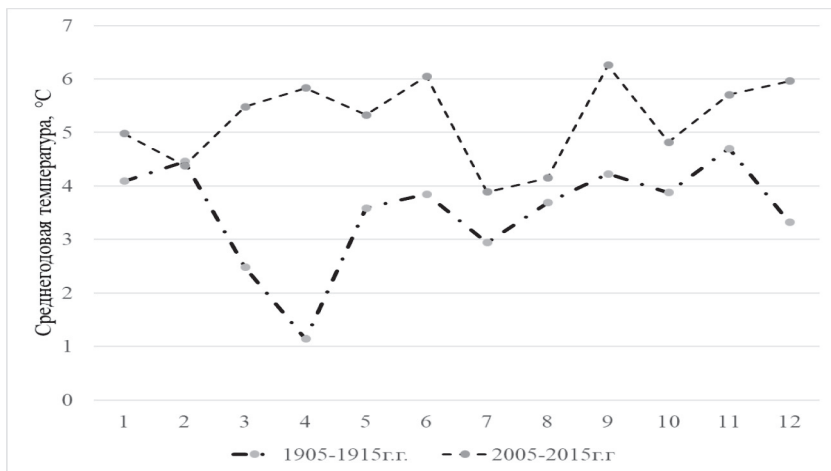
- 6) осуществление экологического мониторинга;  
 7) восстановление нарушенных природных и историко-культурных комплексов и объектов [3].

В физико-географическом отношении Бузулукский бор расположен в юго-восточной части Русской равнины – запад Общесыртовско-Предуральской возвышенно степной провинции.

В состав лесных угодий входят:

- основной массив общей площадью около 86,6 тысяч га;
- широкая полоса пойменных лесов на р.Самара, протянувшаяся с запада на восток на 80 км;
- более 90 отдельных лесных колков, разбросанных на междуречьях рек Самара, Кутулук, Большой Кинель.

В геолого-геоморфологическом отношении лесной массив занимает гипсометрический уровень от 70 до 160 м над уровнем моря. Наибольшие отметки приходятся на сыртовые дубравы (до 220 или 230 метров) в междуречьях Боровка-Кутулук и Кутулук-Большой Кинель, а минимальная – 44 метров над уровнем моря у реки Самара выше села Богатое. На территории бора широко распространены молассовые отложения (красноцветные песчаники, конгломераты и аргиллиты татарского яруса пермской системы).



**Рис. 1.** График сравнительной динамики среднегодовой температуры с 1905 по 1915 гг. и с 2005 по 2015 гг. по материалам метеостанции «Боровая ЛЮС»  
 Распределение температур по годам представлено в таблице 1



Подземные воды в национальном парке связаны с аллювиальным горизонтом, уровень в течение года изменяется от 2,1 до 4,5 метров и имеют низкую минерализацию [4].

Для климата Бузулукского бора характера хорошо выраженная континентальность. Наличие многолетних данных (с 1905 г. – образование метеостанции «Боровая ЛОС») по температуре, осадкам, относительной влажности воздуха позволяет проанализировать тенденции изменений температуры в сторону ее повышения, что хорошо видно из графика рисунка 1.

Таблица 1.

**Распределение температур с 1905 по 1915 гг. и с 2005 по 2015 гг.**

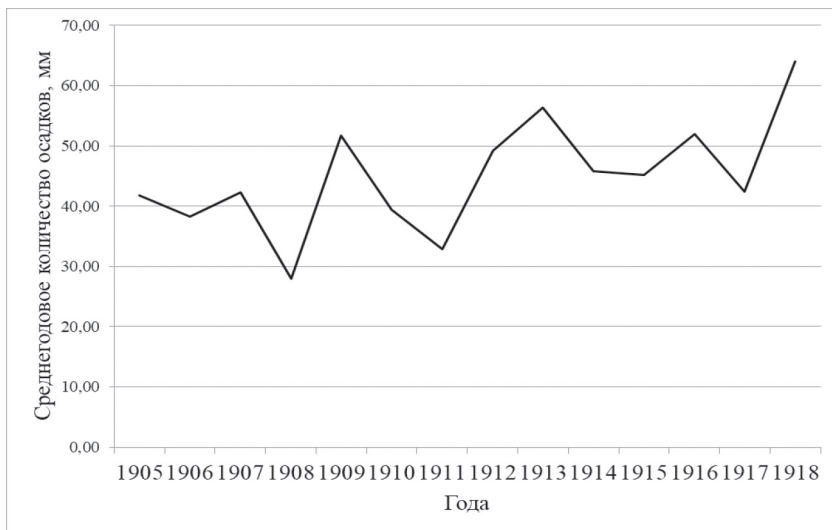
1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915
4,09	4,46	2,48	1,14	3,59	3,85	2,94	3,69	4,23	3,88	4,7
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
4,98	4,38	5,48	5,83	5,33	6,05	3,89	4,15	6,26	4,82	5,71

Минимальная среднегодовая температура на начало XX века составляла 1,14°C а максимальная 4,70, в XXI 2,43 и 6,52°C соответственно. Таким образом, за 100 лет повышение среднегодовой температура составило 1,29–1,82°C. Стандартная ошибка не превышает 0,24°C.

В динамике осадков, представленных на рисунках 2 и 3 на начало XX и XXI веков так же прослеживается тренд в сторону повышения. Минимальные и максимальные среднегодовые показатели с 1905 по 1918 гг. составляют 28 и 64 мм. соответственно, а с 1985 по 2016 гг. 28,58 и 65,08 мм. Стандартная ошибка не превышает 2,5 мм. По сумме осадков минимальные и максимальные показатели составляют 352 и 768 мм соответственно для периода с 1905 по 1918 гг. и 343 и 781 мм соответственно с 1985 по 2016 гг.

Корреляционный анализ между показателями температуры и осадков ожидаемо показал почти полное отсутствие связи и составил минус 0,17.

Среднегодовая относительная влажность воздуха на территории национального парка «Бузулукский бор» представлена с 1936 по 1983 г.г., что достаточно для выявления положительного или отрицательного тренда данного показателя, колеблется в диапазоне от 68,42 до 78,33%. Данные по годам представлены на рисунке 4.

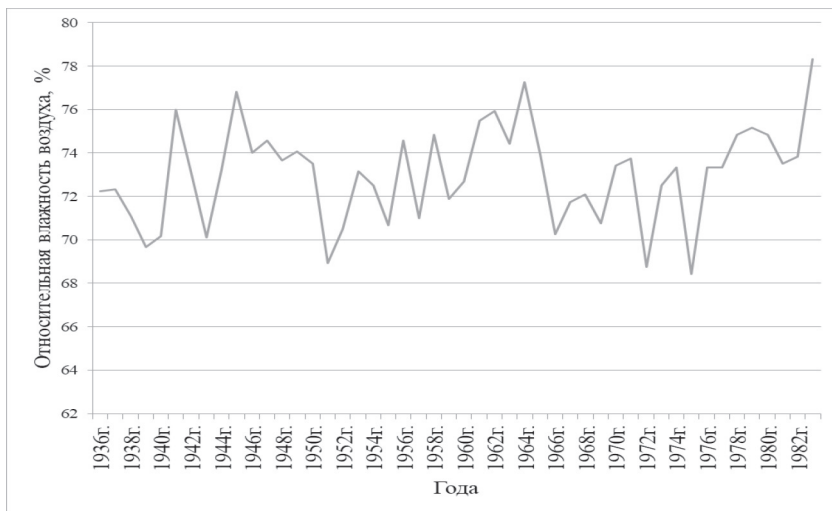


**Рис. 2.** Динамика среднегодовых осадков с 1905 по 1918 гг. по материалам метеостанции «Боровая ЛОС»



**Рис. 3.** Динамика среднегодовых осадков с 1985 по 2015 гг. по материалам метеостанции «Боровая ЛОС»

Исследования в других регионах России и Оренбургской области также показывают значительный положительный тренд. На Алтае, например, повышение температуры относительно климатической нормы существует во все сезоны, но наиболее значительны в зимний и весенний период [5, 6].



**Рис. 4.** Динамика среднегодовой относительной влажности воздуха с 1936 по 1983 гг. по материалам метеостанции «Боровая ЛОС»

С 1961 года зафиксирован рост и в соседних государствах. В Астане скорость повышения в среднем составляет  $0,3^{\circ}\text{C}$  за каждые 10 лет [7].

**В результате проведенной работы** был выявлен положительный тренд по среднегодовой температуре, среднегодовому количеству осадков. При этом наблюдаются незначительные колебания относительной влажности воздуха. Повышение температуры может представлять угрозу для устойчивости экосистемы Бузулукского бора, поэтому необходимы дальнейшие исследования (расчет экологических рисков, снижение антропогенной нагрузки) для разработки системы мероприятий, компенсирующих его негативное влияние, мониторинг за распространением болезней и вредителей, которые обуславливаются возрастающим антропогенным влиянием и в частности повышением среднегодовых показателей температуры.

#### *Список литературы*

1. Годнев Е.Д. Бузулукский бор. М.: Гослесбуиздат, 1953. 95 с.
2. Даркшевич Я.Н. Бузулукский бор. Чкалов, 1953. 88 с.
3. Положение о Федеральном государственном учреждении «Национальный парк «Бузулукский бор» / Приказ Министерства Природных Ресурсов Российской Федерации №27 от 04.02.2008. 22 с.

4. Бузулукский бор: эколого-экономическое обоснование организации национального парка / Под ред. А.А. Чибилева. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 186 с.
5. Сухова М.Г. Современные изменения температурного режима воздуха и режима увлажнения на Алтае, как проявление регионального изменения климата / М.Г. Сухова, Т.Д. Модина // Мир науки, культуры, образования. №2 (5). 2007. С. 14–18.
6. Агафонов Л.И. Изменение климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала / Л.И. Агафонова, В.В. Кукарских // Экология. №3. 2008. С. 173–180.
7. Кожухметова Э.П. О климате и его изменении в городе Астане / Э.П. Кожухметова, П.Ж. Кожухметов // Гидрометеорология и экология. №2. 2011. С. 7–14.

### References

1. Godnev E.D. *Buzulukskij bor* [Buzuluk forest]. Moscow: Goslesbumizdat, 1953. 95 p.
2. Darkshevich Ja.N. *Buzulukskij bor* [Buzuluksky boron]. Chkalov, 1953. 88 p.
3. The Statute on the Federal State Institution “National Park “Buzuluksky Bor” / Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 27 dated 04.02.2008. 22 p.
4. *Buzulukskij bor: jekologo-jekonomicheskoe obosnovanie organizacii nacional'nogo parka* [Buzuluksky Bor: an ecological and economic justification for the organization of a national park] / ed. A.A. Chibilev. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008. 186 p.
5. Suhova M.G., Modina T.D. *Sovremennye izmenenija temperaturnogo rezhima vozduha i rezhima uvlazhnenija na Altae, kak projavlenie regional'nogo izmenenija klimata* [Current changes in the temperature regime of air and moisture regime in the Altai, as a manifestation of regional climate change]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovanija* [The World of Science, Culture, Education]. № 2 (5). 2007, pp. 14–18.
6. Agafonov L.I., Kukarskih V.V. *Izmenenie klimata proshlogo stoletija i radial'nyj prirost sosny v stepi Juzhnogo Urala* [Climate change of the last century and radial growth of pine in the steppes of the Southern Urals]. *Jekologija* [Ecology]. No. 3. 2008, pp. 173–180.
7. Kozhahmetova Je.P., Kozhahmetov P.Zh. *O klimate i ego izmenenii v gorode Astane* [On the climate and its change in the city of Astana]. *Gidrometeorologija i jekologija* [Hydrometeorology and Ecology]. №2. 2011, pp. 7–14.

---

---

### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Кожакин Петр Алексеевич**, аспирант БашГУ

*Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
ФГБОУ ВО ОГУ  
ул. Комсомольская, 112, г. Бузулук, 461040, Российская Федерация  
PeterKZ@yandex.ru*

**Хазиахметов Рашит Мухаметович**, доктор биологических наук, профессор

*ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет  
ул. Заки Валиди, 32, г. Уфа, 450076, Российская Федерация  
eco3110@rambler.ru*

### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Kozhakin Petr Alekseevich**, Postgraduate of Bashkir State University

*Buzuluk Institute of Humanities and Technology (branch) Orenburg  
State University  
112, Komsomolskaya Str., Buzuluk, 461040, Russian Federation  
PeterKZ@yandex.ru*

**Haziahmetov Rashit Muhametovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor

*Bashkir State University  
32, Zaki Validi Str., Ufa, 450076, Russian Federation  
eco3110@rambler.ru*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-38-51

УДК 598.2(470.21)

**ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОСТРОЕНИЯ  
И ХАРАКТЕРИСТИКА ГНЕЗД БОЛЬШОЙ СИНИЦЫ  
(PARUS MAJOR L.) И ОБЫКНОВЕННОЙ  
ГОРИХВОСТКИ (PHOENICURUS PHOENICURUS L.)  
В УРБАНИЗИРОВАННОМ ЛАНДШАФТЕ  
г. МОНЧЕГОРСКА**

*Корякина Т.Н.*

*В работе проанализирован состав и характеристика гнезд дуплогнездящихся птиц в черте г. Мончегорска и прилегающих территорий: большой синицы ( $n=35$ ) и обыкновенной горихвостки ( $n=17$ ) за пятилетний период. Определены основные параметры гнезд для большой синицы: высота  $5,43 \pm 0,31$  см, диаметр  $14,52 \pm 0,42$  см, масса  $36,78 \pm 2,6$  г и обыкновенной горихвостки: высота  $7,2 \pm 0,6$  см, диаметр  $16,53 \pm 7,75$  см, масса  $61,82 \pm 5,84$  г. Средняя дата начала гнездобстрояния у большой синицы при первой попытке гнездования  $09 \text{ мая} \pm 1,27$  ( $\text{lim}_{\text{min}} = 24 \text{ апреля}$ ,  $\text{lim}_{\text{max}} = 23 \text{ мая}$ ;  $n=27$ ), при второй попытке гнездования  $24 \text{ июня} \pm 1,79$  ( $\text{lim}_{\text{min}} = 18 \text{ июня}$ ,  $\text{lim}_{\text{max}} = 11 \text{ июля}$ ;  $n=8$ ), у обыкновенной горихвостки  $24 \text{ мая} \pm 1,18$  ( $\text{lim}_{\text{min}} = 15 \text{ мая}$ ,  $\text{lim}_{\text{max}} = 06 \text{ июня}$ ;  $n=17$ ). Преобладающей древесной породой для заселения синичников и постройки гнезд у дуплогнездящихся птиц является береза субарктическая (*Betula subarctica* Orlova). Наибольшее число гнезд большой синицы (28,5%) приходится на гнезда с четырьмя компонентами; гнезда, состоящие из 2 и 3 компонентов, составляют, соответственно, 8,5% и 22,9% от общего числа гнезд. В гнездах большой синицы количество компонентов колеблется от 2 до 5, в среднем  $4,37 \pm 0,28$ , основными из которых являются зеленый мох и собачья шерсть. Преобладающее количество гнезд обыкновенной горихвостки состоит из семи компонентов (29,5%), на гнезда, состоящие из четырех, пяти и шести компонентов, приходится по 17,6%; количество компонентов находится в диапазоне от 3 до 10, в среднем  $6 \pm 0,46$ . Самыми распространенными компонентами гнезда обыкновенной горихвостки являются: побеги трав, листья, кора и труха. Данные компоненты являются традиционными природными материалами для гнезд перечисленных*

видов птиц. В качестве специфических антропогенных компонентов, для постройки гнезд птицами используются: полиэтилен, бумага (картон), шерстяные нитки, мешковина, вата, синтепон. Процент встречаемости антропогенных материалов составляет 34,3% для гнезд большой синицы и 52,9% для гнезд обыкновенной горихвостки.

**Ключевые слова:** гнездо; строительный материал; природные и антропогенные компоненты; большая синица (*Parus major L.*); обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus L.*).

## FEATURES GASTOSTOMY AND CHARACTERISTICS OF NESTS OF THE GREAT TIT (*PARUS MAJOR L.*) AND THE COMMON REDSTART (*PHOENICURUS PHOENICURUS L.*) IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF THE CITY OF MONCHEGORSK

*Koryakina T.N.*

The author made an analysis the composition and characteristics of nests of hole-nesting birds within the city of Monchegorsk and neighbouring areas: the great tit ( $n=35$ ) and the common redstart ( $n=17$ ) over a five-year period. The main parameters of the nests for the great tit are as follows: the height of  $5.43\pm 0.31$  cm, diameter of  $14.52\pm 0.42$  cm, weight  $36.78\pm 2.6$  g and the common redstart: height of  $7.2\pm 0.6$  cm, diameter of  $16.53\pm 7.75$  cm, weight  $61.82\pm 5.84$  g. the Average starting date of the construction of the nest great tit at the first attempt of nesting 09 May  $\pm 1.27$  ( $\lim_{\min} =$  April 24,  $\lim_{\max} =$  May 23;  $n=27$ ), a second attempt of nesting 24 June  $\pm 1.79$  ( $\lim_{\min} =$  June 18,  $\lim_{\max} =$  Jul 11;  $n=8$ ), the common redstart May 24  $\pm 1.18$  ( $\lim_{\min} =$  May 15,  $\lim_{\max} =$  June 06;  $n=17$ ). The predominant tree species for settlement nest-boxes and built nests of hole-nesting birds is the subarctic birch (*Betula subarctica* Orlova). The highest number of nests of the great tit (28.5%) are in the nest with the four components; the nest, consisting of 2 and 3 components are, respectively, 8.5% and 22.9% of the total number of nests. In the nests of the great tit the number of components ranges from 2 to 5, an average of  $4.37\pm 0.28$ , the main ones are green moss and dog wool. The overwhelming number of nests of the common redstart consists of seven components (29.5%), nests, containing four, five and six components, accounting for 17.6 percent; the number of components is in the range from 3 to 10, averaging  $6\pm 0.46$ . The most typical components of the common redstart nests are grass sprouts, leaves, bark and trash. Shoots of grasses,

*leaves, bark and trash – based nest of the common redstart. These components are the traditional natural materials for nests listed bird species. As a specific anthropogenic components used by birds to build their nests, used: polyethylene, paper (cardboard), wool yarn, burlap, cotton, polyester. The percentage of occurrence of anthropogenic materials 34.3% for nests of the great tit and 52.9% for nests of the common redstart.*

**Keywords:** nest; nest materials; natural and anthropogenic components; great tit (*Parus major* L.); common redstart (*Phoenicurus phoenicurus* L.).

### Введение

Большая синица и обыкновенная горихвостка – широко распространенные виды. Большая синица – оседлый, обычный и многочисленный вид городских ландшафтов Мурманской области. Обыкновенная горихвостка – типичная лесная птица региона, активно осваивающая городские ландшафты.

Дуплогнездники – достаточно удобный модельный вид, на котором можно изучать различные аспекты гнездовой биологии птиц [1]. Экологические особенности представителей группы позволяют им быть универсальными индикаторами среды. Развешивание синичников в городской черте является благоприятным условием для формирования контрольных площадок для изучения влияния различных факторов на птиц на разных стадиях размножения и собирать достаточно большой первичный материал [2].

К основным факторам успешной реализации экологической ниши для дуплогнездящихся птиц относятся: особенности пространственной структуры города, наличие корма и мест для гнездования. Они формируют население птиц-дуплогнездников в черте города. Гнездовая жизнь птиц включает четыре основных этапа: строительство гнезда, откладку яиц, вылупление и вылет птенцов. Комплексное изучение гнездовой биологии птиц включает изучение строения гнезда и гнездового материала как важного этапа периода размножения.

**Цели** данной работы: 1. Дать характеристику гнезд дуплогнездящихся птиц (масса, высота, диаметр); 2. изучить состав строительного материала гнезд большой синицы и обыкновенной горихвостки в условиях урбанизированной среды города Мончегорска и прилегающих территорий.

### Материалы и методы

На территории города Мончегорска с 2010 г. ведется систематическая работа по изучению биологии размножения птиц-дуплогнездников. Для этого в разных районах города установлены искусственные гнездовья для



привлечения дуплогнездящихся птиц в городскую черту.

Материал был собран в 2010–2014 гг. в черте г. Мончегорска, который находится в Мурманской области и расположен в западной гористой части Кольского полуострова на западном берегу оз. Имандра при впадении в него р. Монча севернее Полярного круга ( $67^{\circ} 55'$  с.ш.,  $32^{\circ} 57'$  в.д.). Общее количество многоквартирных домов в городе Мончегорске составляет 331 (общая площадь – 1 207,6 м или 23,6 м на одного жителя). 97% от общего количества жилья размещено в каменных двух- девятиэтажных многоквартирных домах, 3% – в двухэтажных деревянных. К числу ветхого фонда можно отнести часть деревянной малоэтажной застройки в районе Монча и кварталы капитального жилого фонда средней этажности в центральной части города. Жилой фонд характеризуется высоким уровнем инженерного оборудования – 100% жилья обеспечено водопроводом, канализацией, теплоснабжением, горячим водоснабжением [3]. Градообразующее предприятие города – комбинат «Североникель», производящий медно-никелевую продукцию, начавший работу в 1935 г. С 1999 года – структурное подразделение ОАО «Кольская горно-металлургическая компания».

Растительный покров г. Мончегорска представляет собой сочетание участков:

- 1) сохранившихся остатков естественных фитоценозов;
- 2) искусственно культивируемых насаждений (скверы, дворы, картофельные огороды и т.п.);
- 3) антропогенных растительных сообществ, самостоятельно возникающих на участках уничтоженной дикой растительности (пустыри, прибрежные насыпи, карьеры и т.п.).

Сохранившиеся массивы старовозрастных лесов представлены сосново-елово-березовыми кустарничково-зеленомошными и лишайниковыми лесами. По берегам водоемов представлены заболоченные редкостойные багульниковые и сфагновые сосняки, заболоченные разнотравные березняки с ивой и ольхой, осоковые и кустарничково-сфагновые болота. На влажных склонах встречаются густейшие заросли высокоствольных ивняка с примесью сосны, ели и березы [4].

Основными породами деревьев, которые представлены в зеленых массивах города и где были развешены искусственные гнездовья, являются: береза, ель, сосна.

За пять лет исследований проанализировано 35 гнезд большой синицы и 17 гнезд обыкновенной горихвостки. Для большой синицы исследованы гнезда первой ( $n=27$ ) и второй ( $n=8$ ) попыток гнездования за сезон.

Для определения размера, массы и строительного материала использовали заселенные гнезда после вылета птенцов, собранные в городской черте Мончегорска. Материалы, используемые птицами для постройки гнезд, анализировали отдельно.

Определение систематической принадлежности растительных компонентов гнезд производилось с разной степенью точности в зависимости от сохранности материалов. При невозможности детального определения указывали лишь его тип (например, стебли злаковых). Латинские названия приведены в соответствии с аннотированными списками сосудистых растений и позвоночных животных Лапландского заповедника [5; 6].

Воздушно-сухие гнезда (т.е. гнезда, высушенные в течение 5–7 дней в сухом помещении до постоянной массы) и отдельные компоненты гнезд взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,01 г. Размеры гнезд определяли линейкой с точностью до 0,1 см, высоту гнезд – штангенциркулем с точностью до 0,1 см [7].

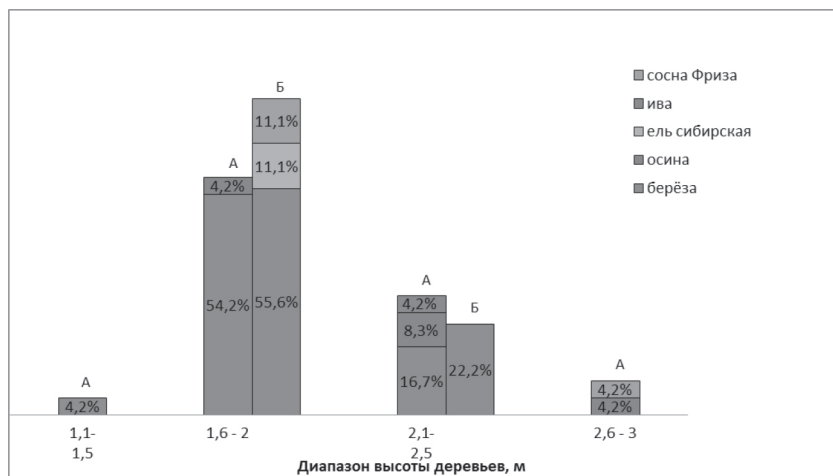
Постоянное движение птенцов в гнезде приводит к быстрому разрушению гнезда и к моменту вылета гнездовая постройка представляет собой более или менее ровную площадку у синицы или бесформенную массу у горихвостки. Поэтому не у всех гнезд удалось в полном объеме снять параметры, особенно у обыкновенной горихвостки. Для этого вида в основном представлены данные для целого гнезда (масса и состав компонентов гнезда).

### Результаты и обсуждение

За пять лет наблюдений на городской территории отмечено гнездование четырех видов птиц-дуплогнездников, которые относятся к Отряду Воробьинообразные *Passeriformes*: большая синица (*Parus major* L.), обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus* L.), сероголовая гайчка (*Parus cinctus* Bodd), мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca* Pall.). Основными видами являются большая синица и обыкновенная горихвостка. Они выбирают искусственные гнездовья на участках с повышенной антропогенной нагрузкой, включая жилые или общественные помещения, многолюдные места и участки рядом с автодорогами. Выбор мест гнездования определяют разные параметры растительного сообщества, которые включают видовой состав древостоя, его пространственную структуру, степень затененности и влажности. Эти факторы определяют кормовую базу для выкармливания птенцов, температурный режим гнезда, его защищенность от неблагоприятных погодных условий [8]. Наиболее охотно

птицы заселяли синичники в сохранившихся спелых хвойно-лиственных остаточных естественных фитоценозах со значительной примесью или преобладанием березы субарктической в черте города и вдоль дороги по пр. Ленина, где высажены деревья. Если горихвостка предпочитает окраины города, то большая синица равномерно занимает искусственные гнездовья как в центре города (вблизи жилых помещений, вдоль автодорог), так и по окраинам. Как и в других частях ареала, прослеживается характерное для большой синицы предпочтение древостоев с преобладанием лиственных пород [9; 10].

Преобладающей древесной породой для заселения синичников и постройки гнезд, как у большой синицы, так и у горихвостки является береза субарктическая (*Betula subarctica* Orlova). Менее активно птицы заселяют искусственные гнездовья, расположенные на сосне Фриза (*Pinus friesiana*) и осине (*Populus tremula* L.). Единичные случаи гнездования зафиксированы на иве (*Salix* sp.) и ели сибирской (*Picea obovata*) (рис. 1).



**Рис. 1.** Распределение гнезд большой синицы (А) и обыкновенной горихвостки (Б) по породам и высоте деревьев в г. Мончегорске и на прилегающих территориях. The distribution of nests of the great tit (A) and common redstart (B) the species and height of trees in Monchegorsk and the surrounding areas

Гнездо обыкновенной горихвостки после изъятия из гнезда – это бесформенная масса листьев с другими компонентами. Выстилка представлена стеблями злаковых и перьями птицы. Лоток смещен к одному из краев гнезда

и сооружен из побегов трав и выстлан перьями. Кладка во время инкубации находится в лотке и при отсутствии птицы в гнезде, прикрыта перьями. В каркасе существенную долю от состава гнезда составляют кора деревьев и труха – именно за счет этих компонентов гнезда горихвостки, как правило, объемнее и тяжелее, чем гнезда большой синицы (табл. 1, табл. 2).

Преобладающее количество гнезд обыкновенной горихвостки состоит из семи компонентов (29,5%), на гнезда, состоящие из четырех, пяти и шести компонентов, приходится по 17,6%; количество компонентов находится в диапазоне от 3 до 10, в среднем  $6 \pm 0,46$ .

Таблица 1.

**Размеры гнезд большой синицы и обыкновенной горихвостки в г. Мончегорске**  
**The size of the nests of the great tit and common redstart in Monchegorsk**

Параметр	Большая синица			Обыкновенная горихвостка		
	$\bar{X} \pm m$ , см Lim	$\sigma$	CV,%	$\bar{X} \pm m$ , см Lim	$\sigma$	CV,%
Диаметр гнезда	$\frac{14,52 \pm 0,42}{10,4-18,3}$	2,35	16,18	$\frac{16,53 \pm 1,75}{10,1-20,4}$	3,93	23,71
Диаметр лотка	$\frac{6,26 \pm 0,29}{4,47-10,4}$	1,35	21,57	$\frac{7,81 \pm 0,88}{5,2-12}$	2,15	27,53
Высота гнезда	$\frac{5,43 \pm 0,31}{1,9-8,55}$	1,78	32,78	$\frac{7,2 \pm 0,6}{4,12-10,1}$	1,8	24,86
Глубина лотка	$\frac{3,84 \pm 0,31}{1,8-6,1}$	1,37	35,68	$\frac{3,85 \pm 0,34}{2,4-4,9}$	0,9	23,38

**Примечание.**  $\bar{X}$  – среднее арифметическое признака,  $m$  – ошибка средней, lim – минимальное и максимальное значение признака,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение, CV – коэффициент вариации.

Таблица 2.

**Масса гнезд большой синицы и обыкновенной горихвостки в г. Мончегорске**  
**The mass of the nests of the great tit and common redstart in Monchegorsk**

Параметр	Большая синица			Обыкновенная горихвостка		
	$\bar{X} \pm m$ , г Lim	$\sigma$	CV,%	$\bar{X} \pm m$ , г Lim	$\sigma$	CV,%
Масса каркаса	$\frac{21,5 \pm 2,1}{8,9-39,22}$	7,71	35,86	-----	-----	-----
Масса лотка	$\frac{12,35 \pm 1,3}{5,95-21,64}$	4,87	39,43	-----	-----	-----
Масса гнезда	$\frac{36,78 \pm 2,6}{16,89-725,56}$	14,26	38,78	$\frac{61,82 \pm 5,84}{18,06-119,45}$	23,34	37,75

Наибольшее число гнезд большой синицы (28,5%) приходится на гнезда с четырьмя компонентами; гнезда, состоящие из 2 и 3 компонентов, составляют, соответственно, 8,5% и 22,9% от общего числа гнезд (рис. 2). В гнездах большой синицы количество компонентов колеблется от 2 до 5, в среднем  $4,37 \pm 0,28$  (табл. 3).

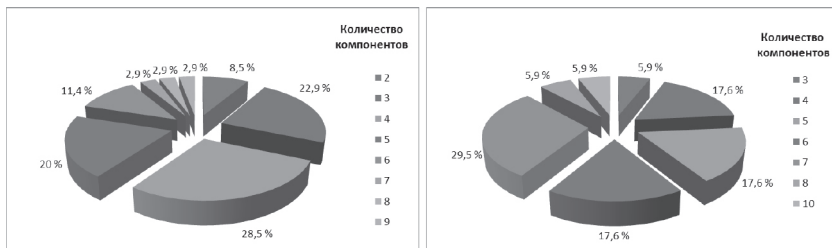
Таблица 3.

**Количество компонентов в гнездах большой синицы  
и обыкновенной горихвостки в г. Мончегорске**  
**The number of components in the nests of the great tit  
and common redstart in Monchegorsk**

Параметр	Большая синица			Обыкновенная горихвостка		
	$\frac{X \pm m}{\text{Lim}}$	$\sigma$	$CV, \%$	$\frac{X \pm m}{\text{Lim}}$	$\sigma$	$CV, \%$
Каркас	$\frac{2,69 \pm 0,21}{1-6}$	1,21	44,98	-----	-----	-----
Выстилка	$\frac{1,69 \pm 0,12}{1-4}$	0,68	40,24	-----	-----	-----
Гнездо целиком	$\frac{4,37 \pm 0,28}{2-9}$	1,61	36,84	$\frac{6 \pm 0,46}{3-10}$	1,79	29,83

Гнездо большой синицы представляет собой прямоугольный «спрессованный» брикет или гомогенную массу; лоток находится в центре гнезда. В городе выстилка обычно представлена собачьей шерстью с небольшими вкраплениями антропогенного материала: ниток и полиэтилена. В естественных условиях обитания в выстилке используется шерсть диких животных (полевки, лемминга, лося, зайца и др.). В гнездах синиц зеленый мох, который является основой каркаса гнезда, почти всегда остается главным строительным материалом, потому что он является хорошим теплоизолятором и в то же время является достаточно мягким для последующего изменения формы гнезда [11]. Во время инкубации яиц (при вылете синицы из гнезда) кладка чаще всего прикрыта шерстью и находится в середине массы мало теплопроводного пружинящего зеленого мха и шерсти. Такой способ сохранения ненасиженных яиц позволяет синицам начинать гнездование раньше большинства других птиц-дуплогнездников [12]. По нашим наблюдениям средняя дата начала гнездостроения у большой синицы при первой попытке гнездования  $09 \text{ мая} \pm 1,27$  ( $\lim_{\min} = 24 \text{ апреля}$ ,  $\lim_{\max} = 23 \text{ мая}$ ;  $n=27$ ), при второй попытке гнездования  $24 \text{ июня} \pm 1,79$  ( $\lim_{\min} = 18 \text{ июня}$ ,  $\lim_{\max} = 11 \text{ июля}$ ;  $n=8$ ), у обыкновенной горихвостки  $24 \text{ мая} \pm 1,18$  ( $\lim_{\min} = 15 \text{ мая}$ ,  $\lim_{\max} = 06 \text{ июня}$ ;  $n=17$ ). Период гнездостроения у большой синицы составляет 14 дней, у

обыкновенной горихвостки 8 дней. Сроки начала гнездоброения обуславливаются весенними температурами, особенностями миграции (большая синица – оседлый вид в регионе, обыкновенная горихвостка – перелетный вид, улетающий на зимовку в центральную Африку и на юг Аравийского полуострова), эволюционными приспособлениями в выборе компонентов.



**Рис. 2.** Распределение гнезд по количеству компонентов (%) большой синицы (слева) и обыкновенной горихвостки (справа)  
The distribution of nests by number of items (%) great tit (left) and common redstart (right)

*Таблица 4.*

**Встречаемость (%) разных типов материалов в гнёздах большой синицы и обыкновенной горихвостки в г. Мончегорске, % от общего числа гнёзд**  
**The frequency of occurrence (%) of different types of materials in the nests of the great tit and common redstart in Monchegorsk, % of the total number of nests**

Параметр	Большая синица			Обыкновенная горихвостка		
	гнездо	каркас	выстилка	гнездо	каркас	выстилка
Ветви деревьев и кустарников	40	40	---	17,6	17,6	---
Кора, древесина	2,8	2,8	---	82,4	82,4	---
Труха	----	----	----	41,2	41,2	---
Корни	5,7	5,7	----	41,2	41,2	---
Листья	31,4	29	2,4	100	93	7
Стебли злаковых	65,7	61	4,7	100	95,3	4,7
Хвои	37,1	35,5	1,6	17,6	17,6	---
Хвоя	22,9	22,9	---	17,6	17,6	---
Плоды, соцветия	---	----	---	5,9	5,9	---
Мох	100	91	9	58,2	58,2	---
Перья	9,1	----	9,1	100	8	92
Шерсть	100	11	89	5,9	5,9	---
Шкурки грызунов	8,6	8,6	----	23,5	23,5	---
Антропогенные материалы	34,3	24,7	9,6	52,9	52,9	---
Лишайник	5,7	5,7	----	5,9	5,9	---

Из табл. 4 следует, что основными компонентами в гнездах большой синицы являются зеленый мох (Плеурозий или плевроциум Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt (= *Hylocomium schreberi* (Brid.) DeNot.)), собачья шерсть, стебли злаковых, ветви деревьев и кустарников, хвощи: хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и хвощ луговой (*Equisetum pratense* Ehrh.). Стебли злаковых представлены несколькими видами, одним из которых является полевица северная (*Agrostis borealis* C.Hartm.), ветви деревьев и кустарников, используемые птицами при строительстве гнезд, – это береза субарктическая (*Betula subarctica* Orlova), ель сибирская (*Picea obovata*), вороника или водяника обоеполая (*Empetrum hermaphroditum* Hagerup). У большой синицы к единичным компонентам можно отнести лишайник и хвою.

В гнездах обыкновенной горихвостки основной строительный материал распределен следующим образом: стебли злаковых, листья, труха, кора, древесина. Основу строительного материала гнезд горихвостки составляют прошлогодние сухие части растений и прошлогодняя опавшая листва. В основном, в гнезде были определены листья березы субарктической (*Betula subarctica* Orlova), ивы (*Salix* sp.) и рябины Городкова (*Sorbus gorodkovii* Pojark. (*S. glabrata* (Wimm. et Grab.)). В гнездах в незначительном количестве встречается земля, которая попадает вместе с растительным строительным материалом.

Компоненты, преобладающие в гнездах птиц, встречаются в каждом гнезде: у большой синицы это зеленый мох и шерсть, у горихвостки – перья, листья, стебли злаковых. Исходя из этого, можно сделать вывод, что именно эти компоненты являются основными для постройки гнезда.

Многие из воробьиных птиц используют в строительстве своих гнезд шкурки погибших в природе мышевидных грызунов. Следует отметить, что шкурки грызунов в искусственных гнездовьях на исследуемой территории встречаются только в 2012 г. за весь период исследования. Это объясняется тем, что накануне, в 2011 г. был отмечен очередной максимум их численности [13]. В гнездах птиц были обнаружены шкурки норвежского лемминга (*Lemmus lemmus* L.), лесного лемминга (*Myopus schisticolor* L.) и красно-серой полевки (*Clethrionomys rufocanus* S.) на городской периферии.

Оба вида птиц используют антропогенные компоненты в строительстве гнезд. К специфическим антропогенным компонентам относятся: полиэтилен, бумага (картон), шерстяные нитки, мешковина, вата, синтепон. В одном гнезде горихвостки была обнаружена полиэтиленовая веревка длиной 55 см. Процент встречаемости антропогенных материалов составляет 34,3% для гнезд большой синицы и 52,9% для гнезд обыкновенной горихвостки.

### Заключение

Высокий адаптивный потенциал дуплогнездящихся птиц наиболее выражено проявляется на фазе гнездостроения. Характер постройки и компонентов гнезда специфичен для каждого вида и определяется, в основном, образом жизни птицы. Гнезда горихвостки больше, тяжелее и разнообразнее по количеству компонентов, чем гнезда большой синицы. Птицы-дуплогнезники в городе Мончегорске используют при строительстве гнезд традиционные природные материалы: рыхлые, поддающиеся уплотнению компоненты, и плоские детали, легко сдвигающиеся относительно друг друга. В гнездах большой синицы основным строительным материалом являются зеленый мох, который используется для строительства каркаса, и шерсть для выстилки лотка. Каркас гнезда обыкновенной горихвостки состоит из листьев, стеблей злаковых, ветвей, коры и трухи, лоток выстлан перьями птицы. Так же проведенные наблюдения показали, что в городской черте птицы помимо традиционных природных компонентов, активно используют материалы антропогенного происхождения в выстилке и в каркасе, что является адаптацией к урбанизированному ландшафту и меняющимся условиям среды.

### Список литературы

1. Скрышников Е.Б. Особенности экологии большой синицы как фонового вида орнитокомплексов г. Воронежа // Современные проблемы науки и образования. 2011. №5. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4821>
2. Лебедева Н.В. Птицы-дуплогнезники как модельные объекты биоиндикации // Птицы-дуплогнезники как модельные объекты в решении проблем популяционной экологии и эволюции: материалы международной конференции. М.: Т-во научных изданий КМК, 2014. С. 167–170.
3. Инвестиционный паспорт города Мончегорска, 2013 [Электронный ресурс]. [http://minec.gov-murman.ru/files/invest\\_monch.pdf](http://minec.gov-murman.ru/files/invest_monch.pdf).
4. Мониторинг состояния природной среды Лапландского государственного природного биосферного заповедника, а также территории, прилегающей к ОАО комбинат «Североникель», включая г. Мончегорск и его окрестности (пятый этап): отчет по договору с Кольской Горно-Металлургической компанией № Д-1089 / Рук. и отв. исполнитель В.Ш. Баркан. Мончегорск, 2002. 134 с. Архив Лапландского заповедника.
5. Берлина Н.Г. Сосудистые растения Лапландского заповедника (аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. Вып. 64. М., 1997. 58 с.
6. Катаев Г.Д. Млекопитающие. Фауна Лапландского заповедника // Флора и фауна заповедников. Вып. 63. М., 1997. С. 39–44.



7. Шубина Ю.Э., Федерякина И.А., Лыков Е.Л. Размеры, масса и строительный материал гнёзд черного дрозда (*Turdus Merula* (Aves) в Липецкой и Калининградской областях // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2011. Т. 116. Вып. 6. С. 48–53.
8. Молоканова Ю.П. Особенности экологии гнездования пеночек (*Phylloscops*) в Московской области // Электронный журнал «Вестник МГОУ». 2013. № 1. С. 1–22.
9. Артемьев А.В. Популяционная экология большой синицы *Parus major* в таёжных лесах Карелии. Ч. 1. Структура населения и особенности гнездования // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2008. № 2 (92). С. 31–43.
10. Зимин В.Б. Материалы по гнездованию большой синицы (*Parus Major* L.) в Карелии // Фауна и экология птиц и млекопитающих таёжного Северо-Запада СССР. Петрозаводск, 1978. С. 17–31.
11. Благосклонов К.Н. Гнездование и привлечение птиц в сады и парки. М.: Изд-во МГУ, 1991. 251 с.
12. Бианки В.В., Шутова Е.В. К экологии большой синицы *Parus major* в Мурманской области // Русский орнитологический журнал. 2011. Том 20. Экспресс-выпуск 628. С. 186–195.
13. Катаев Г.Д. Мониторинговые исследования фауны мелких млекопитающих *Micro mammalia* на Кольском полуострове (Лапландский заповедник) // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы V Всероссийской научн. конф. с междунар. участием 23–27 июня 2014 г. Апатиты. В 3 ч. Ч. 1. Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. С. 151–155.

### References

1. Skrypnikova E.B. Osobennosti ekologii bol'shoy sinitsy kak fonovogo vida ornitokompleksov g. Voronezha [Features of the ecology of the Great Tit as a background species of the Ornithocomplexes of the city of Voronezh]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2011. № 5. <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=4821>
2. Lebedeva N.V. Ptitsy-duplognezdniki kak model'nye ob'ekty bioindikatsii [Birds-hollows as model objects of bioindication]. *Ptitsy-duplognezdniki kak model'nye obekty v reshenii problem populyatsionnoy ekologii i evolyutsii: materialy mezhdunarodnoy konferentsi* [Birds-hollows as model objects in solving problems of population ecology and evolution: materials of the international conference]. М.: The number of scientific publications KMK, 2014, pp. 167–170.

3. *Investitsionnyy pasport goroda Monchegorska* [Investment passport of the city of Monchegorsk], 2013. [http://minec.gov-murman.ru/files/invest\\_monch.pdf](http://minec.gov-murman.ru/files/invest_monch.pdf).
4. Monitoring of the state of the natural environment of the Lapland State Natural Biosphere Reserve, as well as the territory adjacent to Severonickel, including Monchegorsk and its environs (the fifth stage): report on the contract with the Kola Mining and Metallurgical Company No. D-1089 / ed. V.Sh. Barkan. Monchegorsk, 2002. 134 p. Archive of the Lapland Reserve.
5. Berlina N.G. Sosudistye rasteniya Laplandskogo zapovednika (annotirovanny sp-isok vidov) [Vascular Plants of the Lapland Reserve (Annotated List of Species)]. *Flora i fauna zapovednikov* [Flora and Fauna of Reserves]. Issue 64. M., 1997. 58 p.
6. Kataev G.D. Mlekopitayushchie. Fauna Laplandskogo zapovednika [Mammals. Fauna of the Lapland Reserve]. *Flora i fauna zapovednikov* [Flora and Fauna of Reserves]. Issue. 63. M., 1997, pp. 39–44.
7. Shubina Yu.E., Federyakina I.A., Lykov E.L. Razmery, massa i stroitel'nyy material gnezd chernogo drozda (*Turdus Merula* (Aves) v Lipetskoy i Kaliningradskoy oblastiakh [Dimensions, mass and building material of the nests of the blackbird (*Turdus Merula* (Aves) in the Lipetsk and Kaliningrad Regions)]. *Bulletin of the Moscow Island of Naturalists*, 2011. 2011. V. 116. Issue 6, pp. 48–53.
8. Molokanova Yu.P. Osobennosti ekologii gnezdovaniya penochek (*Phylloscopus*) v Moskovskoy oblasti [Peculiarities of the Ecology of Nesting of *Phylloscopus* in the Moscow Region]. *Bulletin of MGOU*. 2013. № 1, pp. 1–22.
9. Artemev A.V. Populyatsionnaya ekologiya bol'shoy sinitsey Parus major v taezhnykh lesakh Karelii. Ch. 1. Struktura naseleniya i osobennosti gnezdovaniya [Population ecology of the large titmouse *Parus major* in the taiga forests of Karelia. Part 1. The structure of the population and the features of nesting]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific notes Petrozavodsk State University]. 2008. № 2 (92), pp. 31–43.
10. Zimin V.B. Materialy po gnezdovaniyu bol'shoy sinitsey (*Parus Major* L.) v Karelii [Materials on the nesting of the Great Tit (*Parus Major* L.) in Karelia]. *Fauna i ekologiya ptits i mlekopitayushchikh taezhnogo Severo-Zapada SSSR* [Fauna and ecology of birds and mammals of the taiga Northwest of the USSR]. Petrozavodsk, 1978, pp. 17–31.
11. Blagosklonov K.N. *Gnezdovanie i privilechenie ptits v sady i parki* [Nesting and attracting birds to the gardens and parks]. Moscow: Izd-vo MGU, 1991. 251 p.
12. Bianki V.V., Shutova E.V. K ekologii bol'shoy sinitsey Parus major v Murmanskoj oblasti [To the ecology of the big titmouse *Parus major* in the Murmansk region]. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* [Russian ornithological journal]. 2011. Volume 20. № 628, pp. 186–195.

13. Kataev G.D. Monitoringovye issledovaniya fauny melkikh mlekopitayushchikh Micromammalia na Kol'skom poluostrove (Laplandskiy zapovednik) [Monitoring studies of the fauna of small mammals Micromammalia on the Kola Peninsula (Lapland Reserve)]. *Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya: materialy V Vserossiyskoy nauchn. konf. s mezhdunar. uchastiem 23-27 iyunya 2014 g. Apatity. V 3 ch. Ch. 1. Institut problem promyshlennoy ekologii Severa KNTs RAN* [Ecological Problems of the Northern Regions and Ways to Solve them: Materials of the V All-Russian Scientific Conference. Conf. with intern. Participation June 23–27, 2014 Apatity. At 3 o'clock Part 1. Institute of Problems of Industrial Ecology of the North KSC RAS]. Apatity: KSC RAS, 2014, pp. 151–155.

#### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Корякина Татьяна Николаевна**, аспирант

*Мурманский государственный технический университет  
ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Российская Федерация  
o\_umi@list.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Koryakina Tatyana Nikolaevna**, Graduate Student

*Murmansk State Technical University  
13, Sportivnaya Str., Murmansk, 183010, Russian Federation  
o\_umi@list.ru*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-52-63

UDC 598.2(470.21)

## FEATURES GASTOSTOMY AND CHARACTERISTICS OF NESTS OF THE GREAT TIT (*PARUS MAJOR* L.) AND THE COMMON REDSTART (*PHOENICURUS PHOENICURUS* L.) IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF THE CITY OF MONCHEGORSK

*Koryakina T.N.*

*The author made an analysis the composition and characteristics of nests of hole-nesting birds within the city of Monchegorsk and neighbouring areas: the great tit (n=35) and the common redstart (n=17) over a five-year period. The main parameters of the nests for the great tit are as follows: the height of  $5.43 \pm 0.31$  cm, diameter of  $14.52 \pm 0.42$  cm, weight  $36.78 \pm 2.6$  g and the common redstart: height of  $7.2 \pm 0.6$  cm, diameter of  $16.53 \pm 7.75$  cm, weight  $61.82 \pm 5.84$  g. the Average starting date of the construction of the nest great tit at the first attempt of nesting  $09 \text{ May} \pm 1,27$  ( $\text{lim}_{\min} = \text{April } 24$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{May } 23$ ; n=27), a second attempt of nesting  $24 \text{ June} \pm 1,79$  ( $\text{lim}_{\min} = \text{June } 18$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{Jul } 11$ ; n=8), the common redstart  $\text{May } 24 \pm 1,18$  ( $\text{lim}_{\min} = \text{May } 15$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{June } 06$ ; n=17). The predominant tree species for settlement nest-boxes and built nests of hole-nesting birds is the subarctic birch (*Betula subarctica* Orlova). The highest number of nests of the great tit (28.5%) are in the nest with the four components; the nest, consisting of 2 and 3 components are, respectively, 8.5% and 22.9% of the total number of nests. In the nests of the great tit the number of components ranges from 2 to 5, an average of  $4.37 \pm 0.28$ , the main ones are green moss and dog wool. The overwhelming number of nests of the common redstart consists of seven components (29.5%), nests, containing four, five and six components, accounting for 17.6 percent; the number of components is in the range from 3 to 10, averaging  $6 \pm 0.46$ . The most typical components of the common redstart nests are grass sprouts, leaves, bark and trash. Shoots of grasses, leaves, bark and trash – based nest of the common redstart. These components are the traditional natural materials for nests listed bird species. As a specific anthropogenic components used by birds to build their nests, used: polyethylene, paper (cardboard), wool yarn, burlap, cotton, polyester. The percentage of occurrence of an-*

*thropogenic materials 34.3% for nests of the great tit and 52.9% for nests of the common redstart.*

**Keywords:** *nest; nest materials; natural and anthropogenic components; great tit (Parus major L.); common redstart (Phoenicurus phoenicurus L.).*

### Introduction

The great tit and the common redstart are widely spread species. The great tit is sedentary, common and numerous species of urban landscapes in the Murmansk region. The common redstart is a typical forest bird of the region that actively occupies the urban landscapes.

Hole-nesting birds are a convenient model species on which we can study various aspects of the breeding biology of birds [1]. Ecological peculiarities of representatives of the group allow them to be universal indicators of the environment. Hanging of nesting boxes in the city is a favorable condition for the formation of the control plots to study the effects of various factors on birds in different stages of breeding and for collecting a large enough initial material [2].

The main factors for successful realization of ecological niche for hole-nesting birds include features of the spatial structure of the city, existence of forage and nesting places. They form the population of hole-nesting birds in the city. Nesting bird life includes four main stages: building the nest, laying eggs, hatching and fledging. Nesting life of the birds includes four main stages: building the nest, egg laying, hatching and fledging. A comprehensive study of the breeding biology of birds includes the study of the construction of the nest and nesting material as an important stage of breeding period.

**The goals of this work:** 1. To characterize nests of hole-nesting birds (weight, height, diameter); 2. to study the composition of the building material of the nests of the great tit and the common redstart in the urbanized environment of the city of Monchegorsk and the surrounding areas.

### Materials and methods

Since 2010, a systematic work on the study of the breeding biology of hole-nesting birds has been conducted in the city of Monchegorsk. To do this, in different areas of the city nesting boxes were installed to attract hole-nesting birds to the city limits.

The material was collected in 2010–2014 within the city of Monchegorsk that located in the Murmansk region and situated in the Western mountainous part of the Kola Peninsula on the Western shore of the lake Imandra at the confluence in it of river Moncha to the north of the Arctic circle (N67°55',

E57°32'). The total number of apartment buildings in the city of Monchegorsk is 331 (a total area of 1 207.6 thousand square meters or 23.6 square meters per resident). 97% of the total number of housing is placed in a stone two – nine-storey apartment buildings, 3% in a two – storey wooden buildings. We can include in the old fund wooden low-rise buildings in the area Moncha and capital blocks housing mid-rise in the Central part of the city. Housing fund is characterized by a high level of engineering equipment – 100% of housing is provided with water supply, sewerage, heat supply, hot water supply [3]. The city-forming enterprise – the integrated plant “Severonikel”, which produces copper-nickel production, it began to work in 1935. Since 1999 – a structural unit of JSC “Kola mining and metallurgical company”.

Vegetative cover of the city of Monchegorsk is a combination of plots:

- 1) surviving remains of natural phytocenoses;
- 2) artificially cultivated plantings (squares, courtyards, potato gardens, etc.);
- 3) anthropogenic plant communities, occurring on its own, in areas destroyed by wild vegetation (vacant lots, coastal embankments, quarries, etc.).

Preserved massifs of old-growth forests are presented by of pine-spruce-birch, shrub-green-moss and lichen forests. On the banks of ponds wetland sparse Ledum and sphagnum pine forests, wetland motley grass birch forests with willow and alder, sedge and shrub-sphagnum bogs are represented. On the wet slopes there are dense thickets of tall willows with an admixture of pine, spruce and birch [4].

The birch, the spruce, the pine are the main tree species that are represented in the green areas of the city and where nesting boxes have been hung. For five years of research, 35 nests of the great tit and 17 nests of the common redstart have been analyzed. For the great tit, the nests of the first (n =27) and the second (n =8) nesting attempts for the season were investigated. To determine the size, weight and building material we used populated nests after fledging collected in the urban area of the city of Monchegorsk. The materials used by birds to build the nests were analyzed separately. The determination of the systematic affiliation of the plant components of the nests was carried out with varying degrees of accuracy, depending on the preservation of the materials. If it was impossible to determine in detail, only its type was indicated (for example, the stalks of cereals). Latin names are given in accordance with the annotated lists of vascular plants and vertebrate animals of the Lapland Reserve [5; 6].

Air-dry nests (i.e. nests dried for 5-7 days in a dry room to a constant mass) and individual components of the nests were weighed on analytical scales with an accuracy of 0.01 g. The nest dimensions were determined by a ruler with

an accuracy 0, 1 cm, the height of the nests – by calipers with an accuracy of 0.1 cm [7].

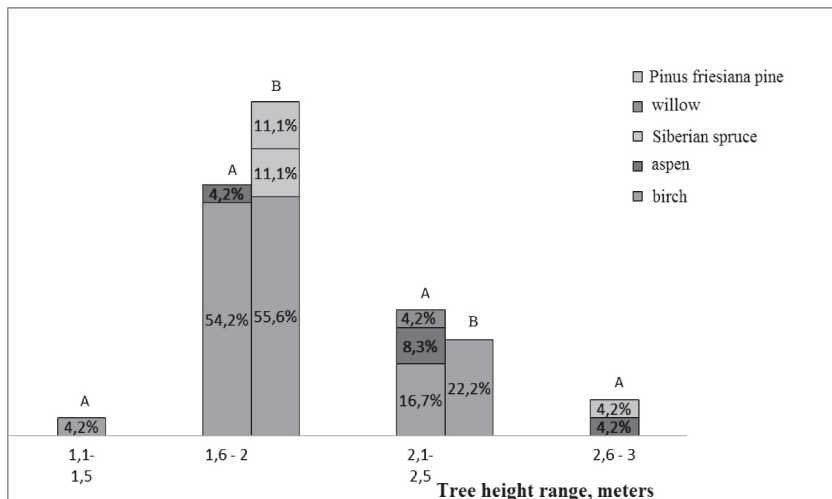
The constant movement of the nestlings in the nest leads to rapid destruction of the nest and at the time of fledging the nesting structure is a more or less flat area if we speak about the great tit or a shapeless mass in the case of the common redstart. Therefore, not all nests managed to fully remove the parameters, especially this applies to the common redstart. For this species, the data for the whole nest (mass and compound of the nest components) are mainly presented.

### Results and discussion

Over five years of observations, the nesting of four species of bird-hollows was recorded on the urban territory, which belong to the Order Passeriformes Passeriformes: the great tit (*Parus major* L.), the common redstart (*Phoenicurus phoenicurus* L.), the siberian tit (*Parus cinctus* Bodd), the european pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca* Pall.). The main species are the great tit and the common redstart. They choose artificial nests on sites with increased anthropogenic load, including residential or public premises, crowded places and areas near roads. The choice of nesting sites is determined by different parameters of the plant community, which include the species composition of the tree stand, its spatial structure, degree of shading and humidity. These factors determine the food base for feeding nestlings, the temperature regime of the nest, its protection against adverse weather conditions [8]. The most readily birds colonized nesting boxes in preserved mature coniferous-deciduous residual natural phytocenoses with a significant admixture or predominance of the subarctic birch in the city and along the road along Lenin Avenue, where trees are planted. If the redstart prefers the outskirts of the city, then the great tit evenly occupies by artificial nests both in the center of the city (near living quarters, along motorways) and on the outskirts. As in other parts of its range, characteristic preference for the great tit for forest stands with a predominance of deciduous trees is observed [9; 10].

A nest of the common redstart after withdrawal from the nest is a formless mass of leaves with other components. The lining is presented by the stems of cereals and feathers of a bird. The tray is displaced to one of the edges of the nest and is constructed from growth of grasses and lined with feathers. Clutch during incubation is in the tray and in the absence of birds in the nest, covered with feathers. In the skeleton, the bark of trees and rot make up an essential part of the nest composition – it is due to these components the common redstart nests are, as a rule, larger and heavier than the nests of the great tit (table 1, table 2).

The predominant number of nests of the common redstart consists of seven components (29.5%), nests consisting of four, five and six components have 17.6% to each type; the number of components is in the range from 3 to 10, on average  $6 \pm 0.46$ .



**Fig. 1.** The distribution of nests of the great tit (A) and the common redstart (B) according to the species and height of trees in the city of Monchegorsk and the surrounding areas

Table 1.

**The size of the nests of the great tit and the common redstart in the city of Monchegorsk**

Parameter	The great tit			The common redstart		
	$\bar{X} \pm m$ , cm Lim	$\sigma$	CV, %	$\bar{X} \pm m$ , cm Lim	$\sigma$	CV, %
Diameter of a nest	$14.52 \pm 0.42$ 10.4-18.3	2.35	16.18	$16.53 \pm 1.75$ 10.1-20.4	3.93	23.71
Diameter of a tray	$6.26 \pm 0.29$ 4.47-10.4	1.35	21.57	$7.81 \pm 0.88$ 5.2-12	2.15	27.53
Height of a nest	$5.43 \pm 0.31$ 1.9-8.55	1.78	32.78	$7.2 \pm 0.6$ 4.12-10.1	1.8	24.86
Depth of tray	$3.84 \pm 0.31$ 1.8-6.1	1.37	35.68	$3.85 \pm 0.34$ 2.4-4.9	0.9	23.38

**Note.**  $\bar{X}$  – arithmetic mean,  $m$  – error of the mean, lim – minimum and maximum value of the characteristic,  $\sigma$  – standard deviation, CV – coefficient of variation.



Table 2.

**The mass of the nests of the great tit and the common redstart  
in the city of Monchegorsk**

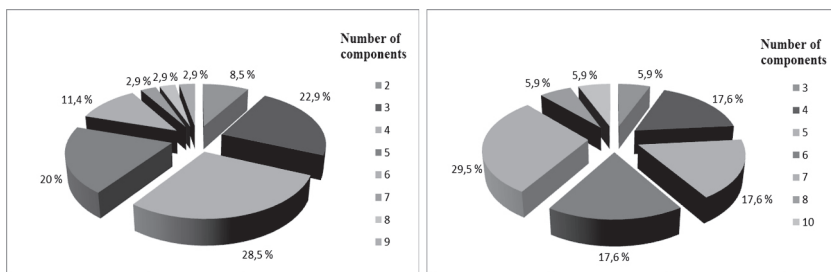
Parameter	The great tit			The common redstart		
	$\bar{X} \pm m, \text{ г}$ Lim	$\sigma$	CV,%	$\bar{X} \pm m, \text{ г}$ Lim	$\sigma$	CV,%
Weight of a frame	$\frac{21.5 \pm 2.1}{8.9-39.22}$	7.71	35.86	-----	-----	-----
Weight of a tray	$\frac{12.35 \pm 1.3}{5.95-21.64}$	4.87	39.43	-----	-----	-----
Weight of a nest	$\frac{36.78 \pm 2.6}{16.89-725.56}$	14.26	38.78	$\frac{61.82 \pm 5.84}{18.06-119.45}$	23.34	37.75

The largest number of nests of the great tit (28.5%) falls on the nests with four components; the nests, consisting of 2 and 3 components, constitute, respectively, 8.5% and 22.9% of the total number of nests (Fig. 2). In the nests of the great tit, the number of components varies from 2 to 5, an average of  $4.37 \pm 0.28$  (Table 3). The nest of the great tit is a rectangular “pressed” cake or a homogeneous mass; tray is in the center of the nest. In the city, the lining is usually represented by dog wool with small inclusions of anthropogenic material: thread and polyethylene. In the natural habitat the lining consists of the wool of wild animals (voles, lemmings, elk, hares, etc.). In the nests of tits, green moss, which is the base of the frame of the nest, almost always remains the main building material, because it is a good heat insulator and at the same time is soft enough for the subsequent change in the shape of the nest [11]. During the incubation of eggs (when the great tit leaves the nest), clutch is most often covered with wool and there is in the middle of the mass little heat-conducting springy green moss and wool. Such a method of preserving unhatched eggs allows tits to begin nesting before most other hollow-nesting birds [12]. According to our observations, the average date of the beginning of nesting for the great tit at the first nesting attempt is  $\text{May } 9 \pm 1.27$  ( $\text{lim}_{\min} = \text{April } 24$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{May } 23$ ,  $n=27$ ), at the second nesting attempt is  $\text{June } 24 \pm 1.79$  ( $\text{lim}_{\min} = 18 \text{ June}$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{July } 11$ ,  $n=8$ ), for the common redstart this date is  $\text{May } 24 \pm 1.18$  ( $\text{lim}_{\min} = \text{May } 15$ ,  $\text{lim}_{\max} = \text{June } 06$ ,  $n=17$ ). The nesting period for the great tit is 14 days, for the common redstart – 8 days. The timing of the beginning of nesting is determined by spring temperatures, migration peculiarities (the great tit – sedentary species in the region, the common redstart – migrant species, flying to wintering to central Africa and to the south of the Arabian Peninsula), evolutionary adaptations for the choice of components.

Table 3.

**The number of components in the nests of the great tit  
and the common redstart in the city of Monchegorsk**

Parametr	The great tit			The common redstart		
	$\frac{\bar{X} \pm m}{\text{Lim}}$	$\sigma$	CV,%	$\frac{\bar{X} \pm m}{\text{Lim}}$	$\sigma$	CV,%
Frame	$\frac{2.69 \pm 0.21}{1-6}$	1.21	44.98	--- ---	-----	-----
Lining	$\frac{1.69 \pm 0.12}{1-4}$	0.68	40.24	-----	-----	-----
The whole nest	$\frac{4.37 \pm 0.28}{2-9}$	1.61	36.84	$\frac{6 \pm 0.46}{3-10}$	1.79	29.83



**Fig. 2.** The distribution of nests by number of components (%) for the great tit (left) and for the common redstart (right).

From Table 4 it follows that the main components in the nest of the great tit are the green moss (*Pleurozium Schreberi* *Pleurocium schreberi* (*Brid.*) *Mitt* (= *Hylocomium schreberi* (*Brid.*) *DeNot.*)), dog wool, stems of cereals, branches of trees and shrubs, horsetails: the horsetail field (*Equisetum arvense* L.) and the horsetail (*Equisetum pratense* Ehrh.). The stems of cereals are represented by several species, one of which is the northern agitus (*Agrostis borealis* C.Hartm.), the branches of trees and shrubs used by the birds in the construction of the nests are the subarctic birch (*Betula subarctica* Orlova), the siberian spruce (*Picea obovata*), the crowberry or the crowberry bisexual (*Empetrum hermaphroditum* Hagerup). If we speak about the great tit, lichen and needles can be assigned to single components.

In the nests of the common redstart, the main building material is distributed as follows: the stalks of cereals, leaves, rot, bark, wood. The basis of the building material of the common redstart nests are the last year's dry parts of plants and last year's fallen leaves. Basically, birch leaves of the subarctic

(*Betula subarctica* Orlova), the willow (*Salix sp.*) and rowanberry of Gorodkov (*Sorbus gorodkovii* Pojark. (*S. glabrata* (Wimm. et Grab.)) were identified in the nest. In the nests in an insignificant amount, there is ground, which falls together with plant building material.

Table 4.

**The frequency of occurrence (%) of different types of materials in the nests of the great tit and the common redstart in the city of Monchegorsk, % of the total number of nests**

Parametr	The great tit			The common redstart		
	nest	frame	lining	nest	frame	lining
Branches of trees and shrubs	40	40	---	17.6	17.6	---
Bark, wood	2.8	2.8	---	82.4	82.4	---
Rot	----	----	----	41.2	41.2	---
Roots	5.7	5.7	----	41.2	41.2	---
Leaves	31.4	29	2.4	100	93	7
The stems of cereals	65.7	61	4.7	100	95.3	4.7
Horsetail	37.1	35.5	1.6	17.6	17.6	---
Needles	22.9	22.9	---	17.6	17.6	---
Fruits, inflorescences	---	----	---	5.9	5.9	---
Moss	100	91	9	58.2	58.2	---
Feathers	9.1	----	9.1	100	8	92
Wool	100	11	89	5.9	5.9	---
Skins of rodents	8.6	8.6	----	23.5	23.5	---
Anthropogenic materials	34.3	24.7	9.6	52.9	52.9	---
Lichen	5.7	5.7	----	5.9	5.9	---

The components that predominate in the nests of birds are found in each nest: in the great tit they are green moss and wool, in the common redstart – feathers, leaves, stems of cereals. Based on this, it can be concluded that exactly these are the main components for building a nest.

Many of the passerine birds use in the construction of their nests skins of mouse-shaped rodents dead in the nature. It should be noted that skins of rodents in nesting boxes in the study area are found only in 2012 for the entire study period. This is explained by the fact that on the eve, in 2011 the next maximum of their number was registered [13]. In the nests of birds were found skins of the Norwegian lemmings (*Lemmus lemmus* L.), the forest lemmings (*Myopus schisticolor* L.) and the red-gray vole (*Clethrionomys rufocanus* S.) in the urban periphery.

Both species use anthropogenic components in construction of their nests. Specific anthropogenic components include: polyethylene, paper (carton), woolen threads, sackcloth, cotton wool, sintepon. A polyethylene rope 55 cm long was found in one nest of the common redstart. The percent of occurrence of anthropogenic materials is 34.3% for the nests of the great tit and 52.9% for the nests of the common redstart.

### Conclusion

The high adaptive potential of hollow-nesting birds is mostly pronounced in the nesting phase. The nature of the construction and components of the nest are specific for each species and are determined, in the main, by the bird's way of life. The common redstart's nests are larger, heavier and more diverse in number of components than the nests of the great tit. Hollow-nesting birds in the city of Monchegorsk use in the construction of nests traditional, natural materials: loose, amenable to the seal components, and the flat details easily movable relative to each other. In the nests of the great tit, the main building material is green moss, which is used for building a frame, and wool for lining the tray. The frame of the common redstart nest consists of leaves, stems of cereals, branches, bark and rot, the tray is lined with feathers of a bird. Also, accomplished observations showed that within the city limits in addition to traditional natural components, birds actively use materials of anthropogenic origin in the lining and in the frame, that is an adaptation to urbanized landscape and changing environmental conditions.

### References

1. Skrypnikova E.B. Osobennosti ekologii bol'shoy sinitsy kak fonovogo vida ornitokompleksov g. Voronezha [Features of the ecology of the Great Tit as a background species of the Ornithocomplexes of the city of Voronezh]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2011. № 5. <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=4821>
2. Lebedeva N.V. Ptitsy-duplognezdniki kak model'nye ob'ekty bioindikatsii [Birds-hollows as model objects of bioindication]. *Ptitsy-duplognezdniki kak model'nye obekty v reshenii problem populyatsionnoy ekologii i evolyutsii: materialy mezhdunarodnoy konferentsi* [Birds-hollows as model objects in solving problems of population ecology and evolution: materials of the international conference]. M.: The number of scientific publications KMK, 2014, pp. 167–170.
3. *Investitsionnyy pasport goroda Monchegorska* [Investment passport of the city of Monchegorsk], 2013. [http://minec.gov-murman.ru/files/invest\\_monch.pdf](http://minec.gov-murman.ru/files/invest_monch.pdf).

4. Monitoring of the state of the natural environment of the Lapland State Natural Biosphere Reserve, as well as the territory adjacent to Severonickel, including Monchegorsk and its environs (the fifth stage): report on the contract with the Kola Mining and Metallurgical Company No. D-1089 / ed. V.Sh. Barkan. Monchegorsk, 2002. 134 p. Archive of the Lapland Reserve.
5. Berlina N.G. Sosudistye rasteniya Laplandskogo zapovednika (annotirovanny spisok vidov) [Vascular Plants of the Lapland Reserve (Annotated List of Species)]. *Flora i fauna zapovednikov* [Flora and Fauna of Reserves]. Issue 64. M., 1997. 58 p.
6. Kataev G.D. Mlekopitayushchie. Fauna Laplandskogo zapovednika [Mammals. Fauna of the Lapland Reserve]. *Flora i fauna zapovednikov* [Flora and Fauna of Reserves]. Issue. 63. M., 1997, pp. 39–44.
7. Shubina Yu.E., Federyakina I.A., Lykov E.L. Razmery, massa i stroitel'nyy material gnezd chernogo drozda (*Turdus Merula* (Aves) v Lipetskoy i Kaliningradskoy oblastiakh [Dimensions, mass and building material of the nests of the blackbird (*Turdus Merula* (Aves) in the Lipetsk and Kaliningrad Regions)]. *Bulletin of the Moscow Island of Naturalists*, 2011. 2011. V. 116. Issue 6, pp. 48–53.
8. Molokanova Yu.P. Osobennosti ekologii gnezdovaniya penochek (*Phylloscopus*) v Moskovskoy oblasti [Peculiarities of the Ecology of Nesting of *Phylloscopus* in the Moscow Region]. *Bulletin of MGOU*. 2013. № 1, pp. 1–22.
9. Artemev A.V. Populyatsionnaya ekologiya bol'shoy sinitsy *Parus major* v taezhnykh lesakh Karelii. Ch. 1. Struktura naseleniya i osobennosti gnezdovaniya [Population ecology of the large titmouse *Parus major* in the taiga forests of Karelia. Part 1. The structure of the population and the features of nesting]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific notes Petrozavodsk State University]. 2008. № 2 (92), pp. 31–43.
10. Zimin V.B. Materialy po gnezdovaniyu bol'shoy sinitsy (*Parus Major* L.) v Karelii [Materials on the nesting of the Great Tit (*Parus Major* L.) in Karelia]. *Fauna i ekologiya ptits i mlekopitayushchikh taezhnogo Severo-Zapada SSSR* [Fauna and ecology of birds and mammals of the taiga Northwest of the USSR]. Petrozavodsk, 1978, pp. 17–31.
11. Blagosklonov K.N. *Gnezdovanie i privlechenie ptits v sady i parki* [Nesting and attracting birds to the gardens and parks]. Moscow: Izd-vo MGU, 1991. 251 p.
12. Bianki V.V., Shutova E.V. K ekologii bol'shoy sinitsy *Parus major* v Murmanskoj oblasti [To the ecology of the big titmouse *Parus major* in the Murmansk region]. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* [Russian ornithological journal]. 2011. Volume 20. № 628, pp. 186–195.

13. Kataev G.D. Monitoringovyе issledovaniya fauny melkikh mlekopitayushchikh Micromammalia na Kol'skom poluostruve (Laplandskiy zapovednik) [Monitoring studies of the fauna of small mammals Micromammalia on the Kola Peninsula (Lapland Reserve)]. *Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya: materialy V Vserossiyskoy nauchn. konf. s mezhdunar. uchastiem 23–27 iyunya 2014 g. Apatity. V 3 ch. Ch. 1. Institut problem promyshlennoy ekologii Severa KNTs RAN* [Ecological Problems of the Northern Regions and Ways to Solve them: Materials of the V All-Russian Scientific Conference. Conf. with intern. Participation June 23–27, 2014 Apatity. At 3 o'clock Part 1. Institute of Problems of Industrial Ecology of the North KSC RAS]. Apatity: KSC RAS, 2014, pp. 151–155.

#### **Список литературы**

1. Скрыпникова Е.Б. Особенности экологии большой синицы как фонового вида орнитокомплексов г. Воронежа // Современные проблемы науки и образования. 2011. №5. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4821>
2. Лебедева Н.В. Птицы-дуплогнездники как модельные объекты биоиндикации // Птицы-дуплогнездники как модельные объекты в решении проблем популяционной экологии и эволюции: материалы международной конференции. М.: Т-во научных изданий КМК, 2014. С. 167–170.
3. Инвестиционный паспорт города Мончегорска, 2013 [Электронный ресурс]. [http://minec.gov-murman.ru/files/invest\\_monch.pdf](http://minec.gov-murman.ru/files/invest_monch.pdf).
4. Мониторинг состояния природной среды Лапландского государственного природного биосферного заповедника, а также территории, прилегающей к ОАО комбинат «Североникель», включая г. Мончегорск и его окрестности (пятый этап): отчет по договору с Кольской Горно-Металлургической компанией № Д-1089 / рук. и отв. исполнитель В.Ш. Баркан. Мончегорск, 2002. 134 с. Архив Лапландского заповедника.
5. Берлина Н.Г. Сосудистые растения Лапландского заповедника (аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. Вып. 64. М., 1997. 58 с.
6. Катаев Г.Д. Млекопитающие. Фауна Лапландского заповедника // Флора и фауна заповедников. Вып. 63. М., 1997. С. 39–44.
7. Шубина Ю.Э., Федерякина И.А., Лыков Е.Л. Размеры, масса и строительный материал гнезд черного дрозда (*Turdus Merula* (Aves) в Липецкой и Калининградской областях // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2011. Т. 116. Вып. 6. С. 48–53.

8. Молоканова Ю.П. Особенности экологии гнездования пеночек (*Phylloscopus*) в Московской области // Электронный журнал «Вестник МГОУ». 2013. № 1. С. 1–22.
9. Артемьев А.В. Популяционная экология большой синицы *Parus major* в таёжных лесах Карелии. Ч. 1. Структура населения и особенности гнездования // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2008. № 2 (92). С. 31–43.
10. Зимин В.Б. Материалы по гнездованию большой синицы (*Parus Major L.*) в Карелии // Фауна и экология птиц и млекопитающих таёжного Северо-Запада СССР. Петрозаводск, 1978. С. 17–31.
11. Благосклонов К.Н. Гнездование и привлечение птиц в сады и парки. М.: Изд-во МГУ, 1991. 251 с.
12. Бианки В.В., Шутова Е.В. К экологии большой синицы *Parus major* в Мурманской области // Русский орнитологический журнал. 2011. Том 20. Экспресс-выпуск 628. С. 186–195.
13. Катаев Г.Д. Мониторинговые исследования фауны мелких млекопитающих *Micromammalia* на Кольском полуострове (Лапландский заповедник) // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы V Всероссийской научн. конф. с междунар. участием 23–27 июня 2014 г. Апатиты. В 3 ч. Ч. 1. Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. С. 151–155.

#### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Koryakina Tatyana Nikolaevna**, Graduate Student

*Murmansk State Technical University*

*13, Sportivnaya Str., Murmansk, 183010, Russian Federation*

*o\_umi@list.ru*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-64-74

УДК 543.42:543

## НУКЛЕАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ

*Сваровская Л.И., Манаков А.Ю., Алтунина Л.К.*

*Образование газогидратных пробок в промысловых трубопроводах является одним из значимых осложняющих факторов при добыче нефти в холодных регионах и на шельфе. Меры, необходимые для предотвращения образования этих пробок, усложняют и удорожают добычу нефти. Газовые гидраты представляют кристаллы, где молекулы газа заключены в каркас молекул воды. Природные газогидраты образуются при высоком давлении и низкой температуре, что типично условиям добычи нефти в холодном подводном окружении.*

*Нами проведено комплексное исследование сырых нефтей разных месторождений Западной Сибири и их водных эмульсий, приготовленных в концентрации 50%. Технически важные характеристики, такие как вязкость, плотность, температура застывания, групповой состав рассматривались для нефтей и эмульсий воды в нефти. В работе отдельно изучалось влияние состава нефтей на формирование нефте-смачиваемых гидратов.*

*Эмульсии исследованы в модельном эксперименте нуклеации и образования газогидратов. Нефть ЮиТ, из всех исследуемых, проявила положительную реакцию нуклеации и формирования газогидратов. Важным показателем склонности к нуклеации и формированию гидратов является уровень биодegradации сырой нефти. Процесс биодegradации в условиях месторождения оказывает значительное влияние на качество сырой нефти с точки зрения её химического состава и физических свойств.*

*Для выявления функциональных групп конкретных молекулярных структур, определяющих уровень биодegradации, использован метод ИК-Фурье спектроскопии. Анализ ИК-Фурье спектров нефтей показал, что полосы поглощения насыщенных алифатических углеводородов (1465–1377 см<sup>-1</sup>), ароматических (1610 см<sup>-1</sup>) и карбонильных групп карбоновой кислоты (1710 см<sup>-1</sup>) доминируют во всех спектрах исследуемых нефтей.*



*Полевые наблюдения показали, что некоторые потоки воды, газа и сырой нефти не образуют гидратов (hydrateplugs) в процессе добычи нефти, даже при работе в пределах термодинамических условий образования гидратов. Результаты позволяют предположить, что способность нефтей формировать газогидратные пробки может быть связана с продуктами метаболизма, которые образуются при биодеструкции углеводородов нефти.*

**Ключевые слова:** *состав нефтей; ИК-спектры; биодеструкция, эмульсия воды в нефти; нуклеация; газогидраты.*

## **NUCLEATION AND FORMATION OF GAS HYDRATES DEPENDING ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF OILS**

***Svarovskaya L.I., Manakov A.Yu., Altunina L.K.***

*Formation of gas hydrate plugs in oilfield pipelines is one of the major complicating factors for oil recovery in cold regions and on shelf. Hydrate prevention in the pipelines makes oil recovery more complex and expensive. Formation of gas hydrate plugs in oilfield pipelines is one of the major complicating factors for oil recovery in cold regions and on shelf. Hydrate prevention in the pipelines makes oil recovery more complex and expensive.*

*A complex study of the oils of different fields in Western Siberia and their emulsions prepared at a concentration of 50% was carried out. Technically important characteristics, such as viscosity, density, pour point, and group composition were considered for native oils and their emulsions. In the paper the influence of the oil composition on formation of oil-wet hydrates.*

*Water-in-oil emulsions of the investigated oils were applied in the model experiment of nucleation and formation of gas hydrates. Oil YuT, of all the studied, showed a positive reaction of nucleation and formation of gas hydrates. The level of biodegradation of crude oil is an important indicator of nucleation and formation of hydrates. The process of biodegradation in the field conditions has a significant impact on the quality of crude oil in terms of its chemical composition and physical properties. IR Fourier spectroscopy was used to identify functional groups of specific molecular structures, that determine the level of biodegradation. Analysis of the FTIR spectra of oils showed that: absorption bands of saturated aliphatic hydrocarbons ( $1465-1377\text{ cm}^{-1}$ ),*

*aromatic (1610 cm<sup>-1</sup>) and carbonyl groups of carboxylic acid (1710 cm<sup>-1</sup>) dominate in all spectra of investigated oils.*

*Field observations have shown that some streams of water, gas and crude oil do not form gas hydrate plugs during petroleum production even when operating within thermodynamic conditions for hydrate formation. The results suggest that the ability of oils to form gas hydrate plugs can be associated with metabolic products that are formed during biodegradation of petroleum hydrocarbons.*

**Keywords:** oil; emulsions Water-in-oil; nucleation; gashydrates.

### Введение

Газовые гидраты представляют собой класс клатратных твердых соединений в которых каркас, образованный молекулами воды, заполнен газами либо легколетучими жидкостями [1]. Газогидраты в природных условиях образуются при высоком давлении и низкой температуре. В нефтяных дисперстных системах формирование гидратов происходит при реакции растворенного в нефти попутного газа с эмульгированной в нефти водой [2, 3]. Образование газогидратных пробок в промысловых трубопроводах является одним из значимых осложняющих факторов при добыче нефти в холодных регионах и на шельфе. Состав добываемой сырой нефти, её физико-химические свойства могут влиять на образование гидратов и формирование гидратных пробок [4, 5]. Некоторые природные компоненты, содержащиеся в нефтях, выступают в качестве кинетических ингибиторов гидратообразования, (КИ) и анти-агломерирующих агентов (АА), которые замедляют зародышеобразование гидратной фазы, предотвращают слипание гидратных частиц между собой и блокирование трубопровода [6, 7]. Предполагается, что действие как синтетических, так и природных АА и КИ связано с их адсорбцией на поверхности гидратных частиц. Поскольку групповой и компонентный состав нефтяных систем определяют их свойства и соответствующие технологические процессы, большое внимание уделяется комплексному изучению нефтей [8]. Теория нуклеации в приложении к газовым гидратам подробно рассмотрена в работе [9]. В комплексных работах по изучению нефтей успешно используется метод инфракрасной спектроскопии (ИК-), который характеризуется производительностью, высокой точностью и позволяет изучать объекты малой прозрачности, что чрезвычайно важно при работе с нефтями [10].

Поскольку нефть является сложной системой, состоящей из сотен отдельных химических соединений, её ИК-спектр есть результат наложения индивидуальных соединений и функциональных групп [11]. Для характе-

ристики нефтей наибольший интерес представляют спектральные коэффициенты ( $C$ ) области поглощения алканов ( $725\text{ см}^{-1}$ ), метильных ( $1377\text{ см}^{-1}$ ), метиленовых ( $1465\text{ см}^{-1}$ ) групп, ароматических ( $1610\text{ см}^{-1}$ ) и кислородсодержащих ( $1710\text{ см}^{-1}$ ) соединений. Очевидно, что физико-химические свойства нефтей, их групповой и компонентный состав, определяющие свойства и поведение сложных нефтяных систем, требуют комплексного подхода при изучении последних [12–14].

Причиной нуклеации и образования гидратов в водонефтяных эмульсиях служит прораствание кристаллов между каплями эмульсии в результате снижения механической прочности среды, что связано с присутствием кислородсодержащих соединений. Известно, что капли воды в нефтяных эмульсиях покрыты адсорбционной оболочкой из тяжелых компонентов нефти, которые обеспечивают устойчивость эмульсии и влияют на нуклеацию гидратов [15, 16].

**Цель работы:** комплексное исследование образцов нефти и установления некоторых причин нуклеации и образования газогидратов в зависимости от свойств нефтей и их эмульсий.

### Материалы и методы исследования

В настоящей работе применялся набор из семи легких нефтей, отобранных на разных месторождениях Западной Сибири. Нефти обозначены, как YuT, VEg, Vch, Ger, Svt, Vh, Mam. Плотность нефтей определяли методом в соответствии с ГОСТ 189995.1-73 «Жидкие химические продукты. Методы определения плотности». Вязкость измеряли на реометре RheoStress 600 (НААКЕ) с помощью коническо-пластинчатого измерительного блока в стационарных условиях при  $20^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении.

«Температуру замораживания» (ТЗ) или температуру застывания нефтей измеряли в соответствии с ГОСТ 20287-91 на основе определения точки температуры, при которой нефть перестает двигаться при охлаждении с заданной скоростью.

ИК – Фурье спектры нативных нефтей снимали на инфракрасном спектрометре Nicolet IS10 корпорации Thermo Fisher Scientific (США). Параметры анализа ИК-Фурье: разрешение  $4\text{ см}^{-1}$ , число сканов пробы и спектров сравнения 64, диапазон сканирования  $4000 - 400\text{ см}^{-1}$ . По данным оптической плотности полос поглощения разных функциональных групп рассчитывали спектральные коэффициенты ( $C$ ) для характеристики нефтей.

Принципиальная схема установки для исследования процессов образования гидрата метана из эмульсий воды в нефтях рассмотрена в работе

[17]. Для каждой из эмульсий, нуклеация гидрата метана исследована на 24 образцах при давлении метана около 12 МПа. Температура в ходе эксперимента линейно понижалась со скоростью 0.14°C/мин от комнатной до -14°C, далее образцы нагревались с той же скоростью. Образование гидрата и льда регистрировалось по экзотермическим эффектам на линии охлаждения, плавление льда и разложение гидрата – по эндотермическим эффектом на линии нагрева. Длительность эксперимента определялась скоростью охлаждения- нагрева и составляла около 9 часов. Образование гидрата и льда регистрировались по скачкам температуры. Ошибки измерения температуры и давления составляла от  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  до  $\pm 0.25\%$  от измеряемой величины, соответственно.

### Результаты и их обсуждение

Сравнительный физико-химический анализ образцов нефтей, отобранных из добывающих скважин месторождений Западной Сибири, приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Физико-химический анализ и групповой состав нефтей

Образцы нефтей $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		Физико-химические данные			Групповой состав, %мас			
		$\eta$ , мПа.с	ТЗ, °С	парафины	смолы	асфальтены	масляная фракция	
1	YuT	0.816	6.13	-30	0.9	17.2	0	92.4
2	VEg	0.834	23.1	-13	–	14.6	0.1	85.3
3	Vch	0.858	19.3	-43	2.3	19.7	0.1	–
4	Ger	0.863	25.1	+6	5.6	5.1	2.2	–
5	Svt	0.867	17.5	-16	1.9	15.7	1.5	87.8
6	Vh	0.879	22.7	-1.5	2.66	7.7	2.6	89.7
7	Mam	0.879	30.25	-5	2.31	8.9	1.7	89.4

В выборке нефтей существует отчетливый линейный тренд – увеличение ТЗ с падением концентрации асфальтенов и увеличением содержания смол. Температура застывания (ТЗ) – важная характеристика, которая во многом определяет технические процессы добычи и переработки нефти. Известно, что высокое содержание парафинов обеспечивает повышенную ТЗ, как например, нефть Ger (табл.1). Самую низкую ТЗ – 43°C определена для нефти Vch при концентрации парафинов 2.3 мас %. Низкая температура застывания -30°C определена также для нефти YuT, где содержание

смола – 17.2; парафинов 0.9 мас %, Нефть YuT также характеризуется самой низкой вязкостью и плотностью по отношению к исследуемым образцам нефтей (табл. 1). Отметим, что выявить прямую линейную зависимость ТЗ от концентрации смол-асфальтенов не удалось именно из-за многокомпонентности нефтяной системы.

Для характеристики различных функциональных групп, нефти анализировали методом ИК-спектроскопии. В целом, полосы поглощения (п.п.) метиленовых и метильных групп ( $1465\text{--}1377\text{ см}^{-1}$ ), ароматических углеводородов ( $1600\text{ см}^{-1}$ ) и карбонильных соединений ( $1700\text{ см}^{-1}$ ) доминируют во всех спектрах нефтей. Для примера на рис. 1. приведены спектры нефтей YuT и VЕg, где определены практически все характеристические п.п. основных функциональных групп.

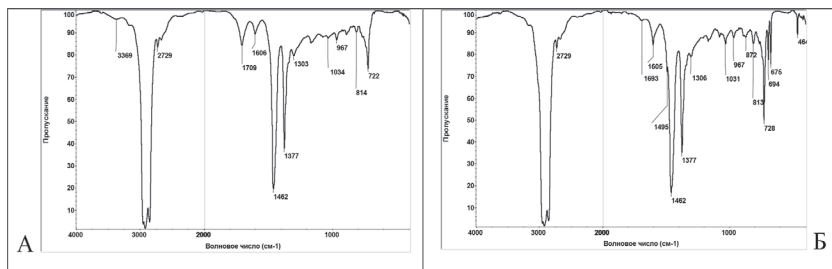


Рис. 1. ИК – спектры нефтей YuT (А) и VЕg (Б)

При рассмотрении ИК – спектров наибольший интерес представляют спектральные коэффициенты, рассчитанные по отношению оптических плотностей характеристических полос поглощения различных структур, которые индивидуальны для каждой нефти (табл. 2). Показатели спектральных коэффициентов нефтей – переменны. Определенные закономерности подобраны только для нефти YuT, где показатели коэффициентов  $C_2$ ,  $C_4$ ,  $C_p$  и  $C_o$  имеют максимальные значения. Коэффициенты  $C_1$  и  $C_3$  для YuT, отражающие содержание ароматических соединений ( $1600\text{ см}^{-1}$ ), имеют самые низкие значения в сравнении с другими нефтями (табл. 2). Следовательно, можно сделать вывод, что при максимальной коэффициенте окисленности ( $C_o = 0.12$ ) и минимальной плотности ( $\rho = 0.816\text{ г/см}^3$ ) нефть YuT более биodeградирована по отношению к остальным нефтяным системам.

Исследуемые нефтяные системы отличаются малым содержанием ароматических углеводородов (п.п.  $1600\text{ см}^{-1}$ ) и кислородсодержащих

соединений ( $1710 \text{ см}^{-1}$ ), что определило низкие значения коэффициентов ароматичности и окисленности. Перечисленный набор нефтей был использован для приготовления водонефтяных эмульсий в соотношении вода/нефть 1:1 в эксперименте по образованию газогидратов (табл. 3).

Таблица 2.

## Спектральные коэффициенты нефтей

Спектральные коэффициенты	Исследуемые нефти						
	YuT	Vch	Ger	Mam	Svt	Vh	VEg
$C_1 (D_{1610}/D_{725})$ – ароматики	0.25	0.4	0.5	0.7	0.6	0.8	0.57
$C_2 (D_{745}/D_{1465})$ отношение производных бензола и метиленовой группы	1.64	1.49	1.4	1.0	1.0	0.90	0.92
$C_3 (D_{1610}/D_{1465})$ отношение аренов и метиленовой группы	0.07	0.09	0.1	0.1	0.1	0.21	0.09
$C_4 (D_{965}/D_{725})$ отношение нафтеновых и парафиновых групп	0.50	0.19	0.4	0.4	0.36	0.48	0.37
$C_p (D_{1377}/D_{1465})$ – разветвленности	0.63	0.58	0.57	0.55	0.55	0.51	0.51
$C_o (D_{1710}/D_{1465})$ – окисленности.	0.12	0.03	0.06	0.06	0.04	0.09	0.03

Table 3.

## Физико-химические свойства нефтей и эмульсий

Параметры	Образцы нефтей							
	YuT	Vch	Ger	Svt	Mam	VEg	Vh	декан
Физико-химические свойства нефтей								
ТЗ°С	-30	-43	+6	-16	-5	-13	-15	-30
плотность, $\text{кг/м}^3$	816	858	863	842	841	834	879	730
вязкость, $\text{мПа}\cdot\text{с}$	<b>6.13</b>	<b>19,3</b>	<b>25,1</b>	17.5	30.3	23.1	22.7	0.8
Физико-химические свойства эмульсии воды в нефти (В/Н)								
плотность, $\text{кг/м}^3$	908	919	931	890	890	880	930	-
вязкость, $\text{мПа}\cdot\text{с}$	<b>109</b>	<b>184.9</b>	<b>130.8</b>	25.17	45.54	7.49	12.92	-
Площадь контакта вода-органической фазы, $\text{м}^2/\text{г}$ эмульсии	0.035	0.202	0.337	0.197	0.223	0.128	0.258	0.066

Отмечено, что вязкость и плотность приготовленных водонефтяных эмульсий значительно отличается от нативных нефтей. Согласно этому признаку, все образцы эмульсий делятся на 3 группы. Первая группа нефтей (YuT, Vch, Ger) образует эмульсии, вязкость которых по сравнению

с нативной нефтью увеличивается от 5 до 18 раз, максимально для нефти YuT (табл. 3). Во второй группе (Svt, Mam) вязкости эмульсий возрастают, но в меньшей степени, примерно в 1.5 раза, в третьей группе (VEg, Vh), напротив, происходит снижение вязкости в 1.7–3.0 раза. Пониженная вязкость по сравнению с исходной нефтью говорит об образовании прямой эмульсии нефти в воде (Н/В). При образовании обратной эмульсии (В/Н), её вязкость оказывается выше вязкости нативной нефти. Общим для образцов первой группы нефтей является повышенные значения вязкости эмульсий, показателя коэффициента разветвленности  $C_p$ , и низкие значения коэффициента ароматичности  $C_1$ .

У образцов третьей группы, где вязкость полученной эмульсии ниже вязкости нативной нефти, значения  $C_p$ -минимальны,  $C_1$ -неоднозначны.

Единственный положительный эффект образования гидрата метана получен в эксперименте с нефтью YuT. При нагревании образцов YuT во всех случаях регистрировались эндотермические эффекты, соответствующие плавлению льда.

### Заключение

Из семи исследованных образцов нефтей – YuT проявила способность к нуклеации и образованию газогидратов. В заключении можно выделить ряд характеристик YuT, способных сформировать систему гидратных частиц: минимальная плотность и вязкость, низкая ТЗ, высокое содержание смол, максимальное увеличение (в 18 раз) вязкости эмульсии по отношению к нативной нефти. Нефть YuT, в сравнении с другими исследуемыми нефтями, максимально биодegradирована с накоплением продуктов метаболизма, в том числе карбоновых кислот (п.п. 1700  $\text{cm}^{-1}$ ), оказывающих положительное влияние на процессы нуклеации. Отметим, что площади контакта вода – органическая фаза для YuT меньше, чем для всех остальных нефтей (табл. 3). Это показывает, что скорость нуклеации в общем случае не пропорциональна этой площади.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-17-01085 2017-2019 г.г. «Кинетика образования и диссоциации газовых гидратов в нефтяных средах»*

### Список литературы / References

1. Sloan E.D., Koh C.A. Clathrate hydrates of natural gases. 3rd edition. London, New-York: CRC Press, Boca Rator, 2008. 731 p.

2. Sloan E.D. Hydrate engineering / Ed. by J.B. Bloys. Richardson, Texas, 2000. V.21. 89 p.
3. Sum A.K., Koh C.A., Sloan E.D. A comprehensive view of hydrates in flow assurance: past, present and future // Proc. of the 8th International Conference on Gas Hydrates (ICGH 2014). Beijing, China, 2014.
4. Aizenberg J., Black A.J., Whitesides G.M. Control of crystal nucleation by patterned self-assembled monolayers // Nature. 1999. V. 398, pp. 495–498.
5. Wilson P.W., Lu W., Xu H., Kim P., Kreder M.J., Alvarenga J., Aizenberg J. Inhibition of ice nucleation by slippery liquid-infused porous surfaces (SLIPS) // Phys. Chem. Chem. Phys. 2013. V. 15, pp. 581–585.
6. Hammerschmidt E.G. Formation of Gas Hydrates in Natural Gas Transmission Lines // Ind. Eng. Chem. 1934. V. 26, №8, pp. 851–855.
7. Heneghan A.F., Moore H.J., Lee T.R., Haymet A.D.J. Statistics of heterogeneous nucleation of supercooled aqueous solutions in a self-assembled monolayer-coated container // Chem. Phys. Lett. 2004. V. 385, pp. 441–445.
8. Prasad P.S.R., Chari V.D., Sharma D.V.S.G.K., Murthy S.R. Effect of silica particles on the stability of methane hydrates // Fluid Phase Equilib. 2012. V. 318, pp. 110–114.
9. Kashchiev D., Firoozabadi A. Nucleation of gas hydrates // J. Cryst. Growth. 2002. V. 243, №3–4, pp. 476–489.
10. Borgund A.E., Barth Tanja, Fotland P., Askvik K.M. Molecular analysis of petroleum derived compounds that adsorb onto gas hydrate surfaces // Applied Geochemistry 24 (2009), pp. 777–786.
11. Сваровская Л.И., Филатов Д.А., Гэрэлмаа Т., Алтунина Л.К. Оценка степени биодеструкции нефти методами ИК – и ЯМР Н-спектроскопии // Нефтехимия [Petrochemistry]. 2009. Т. 49. № 2. С. 153–158.
12. Salamat Y., Moghadassi A., Illbeigi M., Eslamimanesh A., Mohammadi A.H. Experimental study of hydrogen sulfide hydrate formation: Induction time in the presence and absence of kinetic inhibitor // J. Energ. Chem. 2013. V. 22, pp. 114–118.
13. Maeda N., Wells D., Hartley P.G., Kozielski K.A. Statistical analysis of supercooling in fuel gas hydrate systems // Energy Fuels. 2012. V. 26, pp. 1820–1827.
14. Ohmura R., Ogawa M., Yasuoka K., Mori Y.H. Statistical study of clathrate-hydrate nucleation in a water/hydrochlorofluorocarbon system: Search for the nature of the “Memory effect” // J. Phys. Chem. B. 2003. V. 107. P. 5289–5293.
15. Stoporev A.S., Manakov A.Y., Altunina L.K., Strelets L.A., & Kosyakov V.I. Nucleation rates of methane hydrate from water in oil emulsions // Canadian Journal of Chemistry, (2015). 93(8), 882–887.



16. Stoporev A.S., Manakov A.Y., Kosyakov V.I., Shestakov V.A., Altunina L.K., & Strelets L.A. Nucleation of methane hydrate in water-in-oil emulsions: role of the phase boundary // *Energy & Fuels*, (2016). 30(5), 3735–3741.
17. Zi M., Chen D., Ji H., Wu G. *Energy Fuels* 2016, 30, 5643–5650.

#### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Сваровская Лидия Ивановна**, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)*  
*проспект Академический, 4, г. Томск, 634055, Российская Федерация*  
*sli@ipc.tsc.ru*

**Манаков Андрей Юрьевич**, заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)*  
*проспект Академика Лаврентьева, 3, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация*  
*manakov@niic.nsc.ru*

**Алтунина Любовь Константиновна**, заведующая лабораторией коллоидной химии нефти, доктор технических наук, профессор  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)*  
*проспект Академический, 4, г. Томск, 634055, Российская Федерация*  
*alk@ipc.tsc.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Svarovskaya Lidiya Ivanovna**, Senior Researcher, Candidate of Biology, Assistant Professor  
*Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPC SB RAS)*  
*4, Akademicheskyy Avenue, Tomsk, 634055, Russian Federation*  
*sli@ipc.tsc.ru*

**Manakov Andrei Yurevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
*Institute of Inorganic Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPC SB RAS)*  
3, Akademica Lavrenteva Avenue, Novocibirsk, 630090, Russian Federation  
[manakov@niic.nsc.ru](mailto:manakov@niic.nsc.ru)

**Altunina Lubov Konstantinovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
*Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPC SB RAS)*  
4, Akademichesky Avenue, Tomsk, 634055, Russian Federation  
[alk@ipc.tsc.ru](mailto:alk@ipc.tsc.ru)

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-75-89

УДК 574. 2

## ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ФОНОВЫХ ЭПИФИТНЫХ ВИДОВ БРИО- И ЛИХЕНОБИОТЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ КАК БИОИНДИКАЦИОННЫЙ ПРИЗНАК

*Злыднев А.А., Онофрейчук О.Н., Анищенко Л.Н.*

Выявлены биохимические показатели общего состояния воздуха в городах – содержание фотосинтетического пигмента в биомассе лишайников и зелёных мхов. Установлена валовая концентрация фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) и на их основе выделены 2 зоны: с высоким и низким содержанием пигментов для города Брянска и Орла.

Оптимальное соотношение хлорофиллов *a* и *b* (5 : 3) не определено ни для одной пробы биомасс, в среднем для г. Брянска – 2,2 : 4,3, для г. Орла – 2,5 : 3,4. Малые значения концентрации хлорофилла *a* определены для экотопов эпифитных мхов и лишайников в центральных районах и для зон воздействия передвижных источников загрязнения. Для биомасс лишайников в пробах Орла максимальное значение концентрации хлорофилла *a* превышает минимальную концентрацию в 7,2 раза, для хлорофилла *b* – в 20,1 раза. Для биомасс мхов в пробах города Орла максимальное значение концентрации хлорофилла *a* превышает минимальную концентрацию в 8,3 раза, хлорофилла *b* – в 17,9 раз. Для биомасс эпифитных бриофитов в Брянске наибольшие значения валового содержания хлорофилла *a* выше минимальных в 5,2 раза, хлорофилла *b* – в 19,6 раз. Вариабельность показателей пигментов для гаметофитов фоновых видов зелёных мхов низкая, что подтверждает достоверность данных. Вариабельность признаков для *Orthotrichum spesiosum* по хлорофиллу *a* составила 12 %, хлорофиллу *b* – 17%, у *Pyralisia polyantha* по хлорофиллу *a* – 14 %, хлорофиллу *b* – 15%, у *Amblystegium serpens* по хлорофиллу *a* – 12 %, хлорофиллу *b* – 14%. Вариабельность концентрации пигментов для талломов лишайников низкая, находится в пределах нормы. Вариабельность признака для *Xanthoria parietina* рассчитана по хлорофиллу *a* – 11%, хлорофиллу *b* – 15%, для *Phiscia ciliata* по хлорофиллу *a* – 12%, хлорофиллу *b* – 17%, для *Phiscia pulverulenta* по хлорофиллу *a* – 13%, хлорофиллу *b* – 15%, для *Melanelia olivacea* по хлорофиллу *a* – 14%, хлорофиллу

*b* – 12%. Для биохимической индикации общего состояния воздуха можно использовать содержание показательного пигмента – хлорофилла *b*. Для экотопов двух крупных городов староосвоенного региона создана база данных для биохимического мониторинга с использованием распространённых видов биоиндикаторов.

**Ключевые слова:** фотосинтетические пигменты; хлорофилл *a*; хлорофилл *b*; лишенобиота; бриобиота; урбозкосистема; Брянск; Орёл.

## PIGMENTAL COMPOSITION OF BACKGROUND EPIPHYTIC SPECIES OF BRIO- AND LYCHENOBYOTES OF LARGE CITIES AS BIOINDICATION TISSUE

*Zlydnev A.A., Onophreychuk O.N., Anishchenko L.N.*

*Biochemical indices of the general state of air in cities are revealed - the content of photosynthetic pigment in the biomass of lichens and green mosses. The total concentration of photosynthetic pigments (chlorophylls *a* and *b*) is established and on their basis 2 zones are distinguished: high and low pigment content for the city of Bryansk and Orel.*

*The optimal ratio of chlorophylls *a* and *b* (5: 3) is not determined for any sample of biomass, on average for Bryansk – 2.2: 4.3, for Orel – 2.5: 3.4. Small values of chlorophyll *a* concentration are determined for ecotopes of epiphytic mosses and lichens in central regions and for zones of exposure to mobile sources of pollution. For lichen biomass in Eagle samples, the maximum concentration of chlorophyll *a* exceeds the minimum concentration by 7.2 times, for chlorophyll *b* – by 20.1 times. For moss biomass in the samples of the city of Orel the maximum value of the concentration of chlorophyll *a* exceeds the minimum concentration by 8.3 times, chlorophyll *b* – by 17.9 times. For the biomass of epiphytic bryophytes in Bryansk, the highest values of the total chlorophyll *a* content are 5.2 times higher than the minimum and chlorophyll *b* – 19.6 times. The variability of pigment parameters for gametophytes of background species of green mosses is low, which confirms the reliability of the data. The variability of the signs for *Orthotrichum spesiosum* by chlorophyll *a* was 12%, chlorophyll *b* – 17%, *Pylaisia polyantha* chlorophyll *a* – 14%, chlorophyll *b* – 15%, *Amblystegium serpens* chlorophyll *a* 12%, chlorophyll *b* 14%. The variability of the concentration of pigments for lichen thalloms is low, within normal limits. The variability of the trait for *Xanthoria parietina**

*is calculated for chlorophyll a – 11%, for chlorophyll b – 15%, for Phiscia ciliata for chlorophyll a – 12%, for chlorophyll b – 17%, for Phiscia pulverulenta for chlorophyll a – 13%, for chlorophyll b – 15%, Melanelia olivacea for chlorophyll a – 14%, chlorophyll b – 12%. For the biochemical indication of the general state of air, the content of the demonstrative pigment, chlorophyll b, can be used. For ecotopes of two large cities of the old-developed region, a database for biochemical monitoring has been created using common types of bioindicators.*

**Keywords:** *photosynthetic pigments; chlorophyll a; chlorophyll b; licheno-biot; bribiote; urboecosystem; Bryansk; Oryol.*

### Введение

Показатели биохимической индикации общего состояния сред обитания особенно хорошо разработана для сосудистых растений, для лишайников и мохообразных происходит накопление материалов и определение показательных критериев. Наиболее интересно использование количественных показателей содержания фотосинтетических пигментов [1–3]. Геохимические особенности урбосреды оказывают влияние на содержание основного пигмента – хлорофилла а – основного фотосинтетического пигмента, изменение его концентрации, увеличение концентрации вспомогательного хлорофилла b, выполняющего протекторные функции [4–8]. Актуальна разработка брио- и лишеноиндикационных показателей состояния воздуха городов на основе характеристик основных групп фотосинтетических пигментов как элемента адаптационных реакций брио- и лишенооботы [9, 10]. Эпифитные мохообразные и лишайники эффективно накапливают загрязнители, весь год не покрыты снегом, основной фактор воздействия – аэрозольное загрязнение. Ранее доказано преимущественное использование эпифитных видов по сравнению с остальными экологическими группами для диагностики состояния воздуха в антропогенно изменённых ландшафтах [3, 9, 11–13].

Цель работы – обобщить данные о биохимическом биоиндикационном признаке фоновых видов эпифитной брио- и лишенооботы – валовой концентрации фотосинтетических пигментов – для урбоэкосистем средней России на примере городов Брянска и Орла.

На сегодняшний день фоновые виды эпифитной лишенооботы широко используются в качестве достоверных биоиндикаторов воздушного бассейна урбосреды как на территории РФ, так и за рубежом [11, 14, 15]. Исследования в этой области неоднократно подтверждают, что хлорофилл

чувствительно реагирует на все изменения (в частности на поллютанты) в обмене веществ и при неблагоприятных условиях изменяется как его общее содержание, так и соотношение отдельных форм. И это значит, что по содержанию хлорофилла в слоевищах эпифитных лишайников, мохообразных можно судить оценивать состояние окружающей среды урбэо-косистемы [5, 15–17].

Исследования показали, что уровни хлорофилла в значительной мере подвержены воздействию загрязнителей. Сообщалось о влияниях на хлорофилл, как концентрации загрязнителей, так и времени их воздействия, в результате чего менялось содержание общего хлорофилла, соотношение хлорофиллов а:b или отношение хлорофилла к продуктам его распада, снижался процент концентраций хлорофилла [1, 4, 5, 10].

### Материалы, методы и методики

Сбор лишенобиоты производился в городе Брянске и Орле в 2017 г. с древесных видов на высоте 1–1,5 м. [18]. Было обследовано 31 участок в г. Брянске и 26 участков в г. Орле, определен видовой состав эпифитных лишайников и мохообразных, установлены фоновые для исследования виды с опорой на ранее проведённые исследования [2, 16]. Учётные точки были заложены во всех функциональных частях городов с выделением четырёх групп зон: центральные территории административные районы, периферийные территории, зелёные зоны и парки (зона рекреации), селитебные территории, частная застройка, внутриворонные территории.

Ведущие семейства лишенофлоры – *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae*, доминирующие по числу видов рода лишайников – *Lecanora* и *Physcia*. Массово распространены по территории городов: *Xanthoria parietina*, *Physcia ciliata*, *Physcia pulverulenta*, *Caloplaka decipiens*, *Melanella olivacea* [16]. Фоновые виды бриофлоры – зелёные мхи *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Orthotrichum spesiosum* Nees, *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch et al. Номенклатура зелёных мхов указана по чек-листу М.С. Игнатова с соавторами, лишайников – согласно списка лишайников России [19, 20].

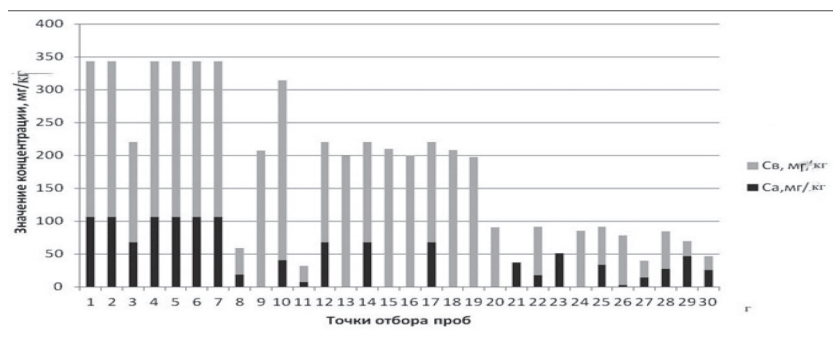
На каждой пробной площадке отбирались пробы эпифитных мхов и лишайников. Собранные образцы высушивались при комнатной температуре в лабораторных условиях, затем пробоподготовка проводилась с применением 96% спирта. Валовую концентрацию пигментов вычисляли на основе оптической плотности спектрофотометрическим методом. Определение концентрации пигментов без их предварительного разде-

ления проводились на спектрофотометре КФК-3 при двух длинах волн: 665 и 649 нм [21].

Рассчитывалось два показателя: концентрация пигментов хлорофиллов *a* и *b* (С) и количество пигментов в расчёте на 1 г. сухой массы (А). Принимали во внимание ранее выявленное как состояние «норма» о соотношении хлорофиллов *a* и *b* в соответствии с их функциями в норме находится примерно в пропорциях – 5 : 3 [22]. Статистические расчёты проводились по общепринятым параметрам [23].

### Результаты исследований

Биохимический показатель – концентрация фотосинтетических пигментов – выявлялся для двух городов средней России, различающихся по площади ( $S=230 \text{ км}^2$  – г. Брянск, а  $S=111 \text{ км}^2$  – г. Орёл) и удалённых друг от друга на  $117 \text{ км}^2$ . Оба города – административные центры двух областей (Брянской и Орловской) с хорошо развитой инфраструктурой, транспортной сетью и значительной сочетанного действия антропогенной нагрузкой. Концентрации хлорофиллов для биопроб эпифитных лишайников в двух крупных городах описаны ниже.



**Рис. 1.** Концентрация фотосинтетических пигментов (г. Брянск)

**Примечание:** 1. р. Болва; 2. парк Metallургов; 3. ул. Клиновская (шк. №17); 4. ул. Нахимова; 5. ул. Клиновская; 6. ул. Ново-Советская; 7. ул. Маяковского; 8. ул. Литейная (шк. № 13); 9. ул. Вокзальная (ст. Фасонолитейная); 10. ул. Советская, 94; 11. ГП «Линия» (Самолет); 12. ул. Дуки (Курган); 13. ул. 3-июля; 14. ул. В. Сафроновой; 15. ул. Костычева, 45; 16. ул. Крахмалева; 17. ул. Фокина, 159; 18. ул. Бежицкая, 16; 19. пер. Фокина, 6; 20. пер. Авиационный; 21. просп. Московский, 3-д Сельмаш; 22. пр-кт Московский (бол. №5); 23. пр-кт Московский, 100; 24. пр-кт Московский, 80; 25. р-кт Московский; 26. улица Тельмана; 27. ул. Тухачевского; 28. ул. Чернышевско-го; 29. ул. Красный Маяк; 30. перек-т ул. Чернышевского и ул. Рылеева.

При анализе числовых значений валовой концентрации хлорофиллов *a* и *b* для г. Брянска отмечено, что минимальное значение концентрации хлорофилла *a* зарегистрировано в точке 26 ( $C_a = 2,75$  мг/л), максимальное значение хлорофилла *a* наблюдается сразу в шести точках отбора проб из 30 исследуемых ( $C_a = 106,32$  мг/л), в точках 9, 13, 15, 16, 18, 19, 20 и 24 содержание исследуемого пигмента не установлено. Минимальное значение концентрации хлорофилла *b* зарегистрировано в точке 30 ( $C_b = 20,52$  мг/л), а максимальное значение концентрации хлорофилла *b* (273,6 мг/л) отмечается в точке 10.

Для города Брянска максимальное значение концентрации хлорофилла *a* превышает минимальную концентрацию в 38,7 раз. Для хлорофилла *b* разница между максимальным и минимальным значениями составляет 13,3 раз.

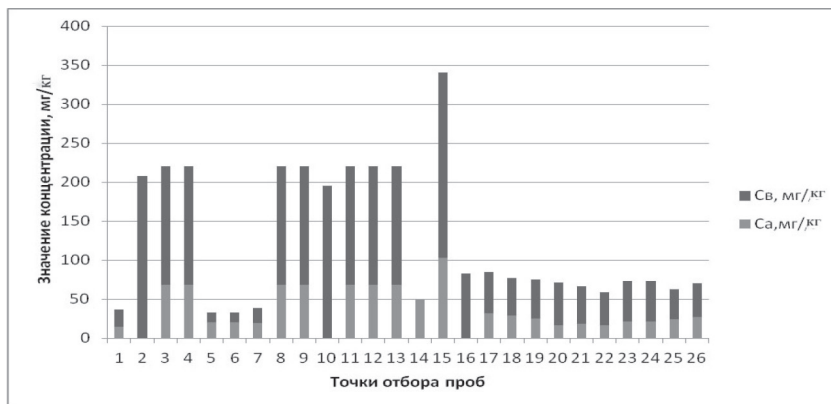
При анализе числовых значений концентрации хлорофиллов *a* и *b* для г. Орел отмечено, что минимальное значение концентрации хлорофилла *a* зарегистрировано в точке 1 ( $C_a = 14,44$  мг/л), максимальное значение хлорофилла *a* наблюдается в точке 15 ( $C_a = 103,32$  мг/л), в точках 2, 10, 16 содержание исследуемого пигмента не установлено. Минимальное значение концентрации хлорофилла *b* зарегистрировано в двух точках 5 и 6 ( $C_b = 11,78$  мг/л), а максимальное значение концентрации хлорофилла *b* (237 мг/л) отмечается в точке 15, так как и по максимальной концентрации хлорофилла *a*.

Для биомасс лишайников в пробах г. Орла максимальное значение концентрации хлорофилла *a* превышает минимальную концентрацию в 7,2 раза. Для хлорофилла *b* разница между максимальным и минимальным значениями составляет 20,1 раз.

Эти данные говорят о том, что соотношение концентрации хлорофилла *a*, и хлорофилла *b* отражают общее состояние воздушной среды для двух исследуемых урбозкосистем, удаленных друг от друга на незначительное расстояние (117 км<sup>2</sup>) и отличающихся не только по расположению, площади, климатическим условиям, степени антропогенной нагрузки, но и по др. показателям. Исследования подтверждают индикационные свойства эпифитной лишайнобиоты.

Для исследуемых районов городов выделено 2 группы зон по количественному значению концентрации хлорофилла *a* и *b* – с высоким значением концентрации, и низким значением концентрации. Вариабельность концентрации пигментов для талломов лишайников низкая, находится в пределах нормы. Вариабельность признака для *Xanthoria parietina* рассчитана по хлорофиллу *a* – 11%, хлорофиллу *b* – 15%, для *Phiscia ciliata* по хлорофиллу *a* – 12%, хлорофиллу *b* – 17%, для *Phiscia pulverulenta* по хлорофиллу *a* – 13%, хлорофиллу *b* – 15%, для *Melanelia olivacea* по хлорофиллу *a* – 14%, хлорофиллу *b* – 12%.





**Рис. 2.** Концентрация фотосинтетических пигментов (г. Орёл)

**Примечание:** 1. ул. Салтыкова-Щедрина; 2. ул. Комсомольская (автовокзал); 3. ул. Комсомольская, 45; 4. ул. Комсомольская, 144; 5. пер. Карачевский; 6. ул. Московская, 102; 7. ул. Московская; 8. ул. Полесская; 9. ул. Салтыкова-Щедрина, сквер Гуртьева; 10. ул. Московская; 11. ж/д-вокзал; 12. сквер ОГУ им. И.С. Тургенева; 13. сквер ОГУ; 14. ш. Карачевская; 15. ул. Комсомольская; 16. ул. 1-Курская д. 70, 72; 17. ул. 2-Курская, 57; 18. ул. 5 августа, 50; 19. Кромское шоссе (парк, окраина города); 20. Кромское шоссе; 21. Кромское шоссе (УФСИН); 22. ул. Молдавская, 27; 23. ул. Ливенская; 24. ул. 5 августа; 25. ул. 5 августа (колледж); 26. ул. Ливенская, 68 (парк).

Итак, видовая изменчивость содержания хлорофиллов отражает состояние условий среды и может служить критерием экологической оценки местообитаний; хлорофилл b – более информативный показатель индикации для г. Орел, так как его повышенное содержание указывает на приспособленность к большой амплитуде изменения освещенности, что позволяет растениям эффективно использовать свет малых интенсивностей.

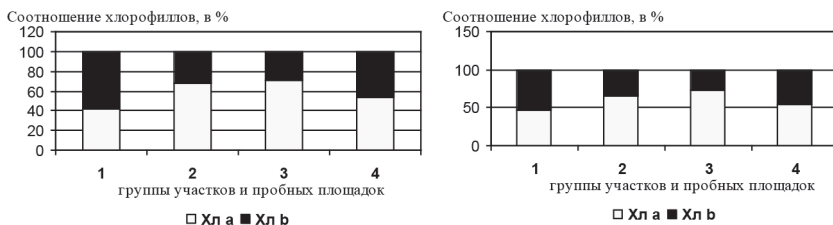
Для биомассы лишайников (г. Брянск) информативнее является концентрация хлорофилла a, что свидетельствует о хорошей освещенности и интенсивных процессах фотосинтеза в исследуемых ПП.

Все полученные данные являются основой для дальнейших исследований по видовой изменчивости содержания хлорофиллов в биомассе биоиндикаторов и основой для картирования территории урбоэкосистем.

Для биомассы фоновых видов мохообразных (зелёных мхов) содержание фотосинтетических пигментов показаны на рисунках 3–5.

В условиях крупных городов содержание хлорофиллов в гаметофитах зелёных мхов и их соотношение, близкое к оптимальным, определено

для ПП на периферии городов, а также в парках, скверах (рекреационной зоне). Наибольшее преобладание хлорофиллов *b* как стрессорного пигмента определено в пробах фитомассы для центральных административных районов городов: для г. Брянска показатели наибольшие. Показатель соотношения пигментов для гаметофитов зелёных мхов в среднем для г. Брянска – 2,2 : 4,3, для г. Орла – 2,5 : 3,4, что отклоняется от оптимальных.

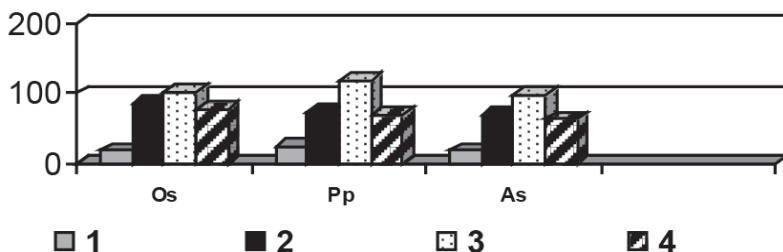


**Рис. 3.** Соотношение концентраций (в %) фотосинтетических пигментов для биопроб эпифитных мохообразных г. Брянска (слева) и г. Орла (справа)

**Примечание.** Группа участков 1 – центральные территории административных районов; группа участков 2 – периферийные территории городов, группа участков 3 – в зелёных зонах и парках (зона рекреации); группа участков 4 – жилые территории, частная застройка, внутридворовые территории.

Наибольшая концентрация хлорофилла *a* в побеговой массе для мхов зарегистрирована на ПП в зелёных зонах: парках, скверах, среднее значение – на периферийных участках в том числе и окраинах городов, в зоне частной застройки.

С хлорофилла *a*, мг/кг



**Рис. 4.** Концентрации хлорофилла *a* в биомассе эпифитных мхов г. Брянска

**Примечание.** Условные обозначения видов зелёных мхов: Os – *Orthotrichum spesiosum*, Pp – *Pylaisia polyantha*, As – *Amblystegium serpens*. Группа участков: обозначения как на рис. 3.

Наибольшее содержание хлорофилла *a* зарегистрировано для *Pylaisia polyantha*, наименьшее – для *Orthotrichum spesiosum* в центральных административных районах.

Концентрации основного фотосинтетического пигмента в пробах фитомассы трёх видов бриофитов различаются статистически недостоверно, следовательно, каждый из видов может служить биоиндикатором по биохимическим признакам.

С хлорофилла *a*, мг/кг

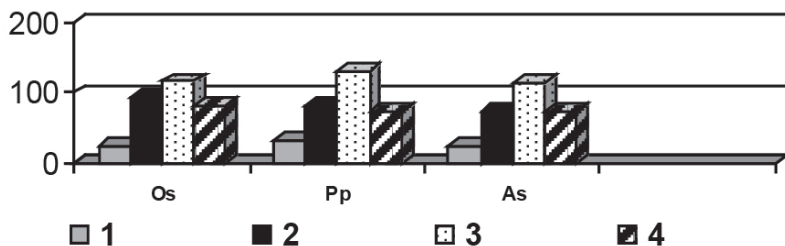


Рис. 5. Концентрации хлорофилла *a* в биомассе эпифитных мхов г. Орла  
Примечание. Условные обозначения как на рис. 3.

Данные по содержанию хлорофилла *a* в побеговой биомассе на ПП г. Орла аналогичны данным по г. Брянску. Значительная концентрация пигмента наблюдается в пробах мхов в зелёных зонах и парках, в том числе и скверах на окраине городов.

Вариабельность показателей пигментов для гаметофитов фоновых видов зелёных мхов низкая, что подтверждает достоверность данных. Вариабельность признаков для *Orthotrichum spesiosum* по хлорофиллу *a* составила 12%, хлорофиллу *b* – 17%, у *Pylaisia polyantha* по хлорофиллу *a* – 14%, хлорофиллу *b* – 15%, у *Amblystegium serpens* по хлорофиллу *a* – 12%, хлорофиллу *b* – 14%.

Для биомасс мхов в пробах г. Орла максимальное значение концентрации хлорофилла *a* превышает минимальную концентрацию в 8,3 раза, хлорофилла *b* – в 17,9 раз. Для ПП в г. Брянске наибольшие значения валового содержания хлорофилла *a* выше минимальных в 5,2 раза, хлорофилла *b* – в 19,6 раз.

Содержание хлорофилла *a* в гаметофитах фоновых мхов выше, чем показатели для слоевищ лишенобиоты. Во всех образцах побегов зелёных мхов концентрация хлорофилла *b* изменяется от 20,0 до 230,0 мг/кг сухой массы.

Валовая концентрация хлорофиллов в биомассе талломов лишайников и побеговой массе эпифитных мхов ниже, чем показатели, выявленные для сосудистых древесных растений [24].

### **Заключение**

Таким образом, состояние пигментного аппарата фоновых видов лишайников и мхов в условиях крупной урбоэкосистем связано с изменяющимся уровнем антропогенного воздействия. Ни для одной пробной площадки в крупных городах в слоевищах лишайников и побеговой биомассе эпифитных мхов не определено оптимальное соотношение хлорофиллов  $a$  и  $b$  – для г. Брянска – 2,2 : 4,3, для г. Орла – 2,5 : 3,4. Наиболее низкие значения концентрации хлорофилла  $a$  рассчитаны для экотопов видов-биоиндикаторов центральных районов и зон воздействия передвижных источников загрязнения. Виды лишайников и мхов могут использоваться для определения общего состояния воздуха в городах как по отдельным видам, так и в смешанных образцах, для них выявлена низкая вариабельность признаков – содержание пигментов. Так как содержание хлорофилла  $b$  различается в наибольшей степени по максимальному и минимальному значению и для мхов и для лишайников, целесообразно определять концентрацию только этого пигмента.

Для экотопов двух крупных городов староосвоенного региона создана база данных для биохимического мониторинга с использованием распространённых видов биоиндикаторов.

### **Список литературы**

1. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000. 135 с.
2. Анищенко Л.Н., Сквородникова Н.А., Борздыко Е.В. Химическая лишайноиндикация как основа биомониторинга воздуха в антропогенных экосистемах // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–10. С. 2144–2148. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10006640](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10006640). (дата обращения: 27.02.2018)
3. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
4. Harmens H., Mills G., Hayes F. et. al. Air pollution and vegetation ICP Vegetation: annual report 2009/10. Bangor, 2010: [site ICP Vegetation]. URL: <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/annual.html> (дата обращения: 27.02.2018).

5. Воронина О.Е., Ефимцев Е.И., Татарина Т.А. Пигментный аппарат растений в условиях антропогенного воздействия // Вестник Московского государственного университета леса. 1999. № 2. С. 82.
6. Gossiau A., Rensing L. Oxidativer Stress, altersabhängige Zellschädigungen und antioxidative Mechanismen // Z. für Gerontologie und Geriatrie. 2002. Vol. 35, pp. 139–150.
7. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биофизика. 2010. Т.1, № 1. С. 82–92.
8. Anishchenko L.N. Bryoindication of the General State of Atmosphere in an Urban Ecosystem: The Example of the City of Bryansk // Russian Journal of Ecology, 2009. Vol. 40. No. 4, pp. 247–253.
9. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss // Journal of Atmospheric Chemistry. 2004, pp. 521–531.
10. Шапиро И.А. Влияние температуры на дыхание некоторых лишайников, содержащих зеленый или цианобактериальный фотобионт // Ботанический журнал. 2007. Т.92. №10. С. 1568–1574.
11. Tyler G. Bryophytes and heavy metals: a literature review // Botanical journal of Linney society. 1990. Vol. 104. № 1-3, pp. 231–253.
12. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов А.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. № 1.
13. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22. № 1. С. 101–104.
14. Домнина Е.А., Шапиро И.А., Быков О.Д. Изменение фотосинтеза и дыхания лишайников в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // Ботанический журнал. 2007. Т.92. №4. С. 515–523.
15. Martin Juri, Noble Reinold, Scwab Danie. Lichen and moss surface analysis using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy // Proc. Ect. Acad.Sci. Ecol. 1992. 2. № 3. С. 81–92.
16. Сафранкова Е.А., Анищенко Л.Н. Лихенобиота урбоэкосистем Брянской области: биоразнообразии и фитоиндикационные аспекты использования // Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон: мат. Всерос. науч.-практич. конф. / Под ред. А.И. Золотухина. Балашов: Николаев, 2012. С. 148–156.
17. Колотов Б.А., Демидов В.В., Волков С.Н. Состояние хлорофилла как фундаментальный признак деградации окружающей среды при загрязнении ее тяжелыми металлами // ДАН. 2003. Т. 393. № 4.

18. ГОСТ 24027.0-80. Правила приемки и методы отбора проб. Введ. 1981 -01 - 01. М.: Изд-во стандартов. 5 с.
19. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. and others. The check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. Т. 15. 2006, pp. 1–130.
20. Список лишенофлоры России. СПб., 2010. 194 с.
21. Иванов В.Б., Плотникова И.В., Живухина Е.А. и др. Практикум по физиологии растений. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 144 с.
22. Максимова Е.В., Косицина А.А., Макурина О.Н. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений // *Вестник СамГУ. Естественно-научная серия*. 2007. № 8 (58). С. 146–152.
23. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
24. Павлова Л.М., Котельникова И.М., Куимова Н.Г., Леусова Н.Ю., Шумилова Л.П. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде // *Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2010. № 2. С. 11–19.

### References

1. Andrianova Yu.E., Tarchevskiy I.A. *Khlorofill i produktivnost' rasteniy* [Chlorophyll and plant productivity]. Moscow, Nauka, 2000, 135 p.
2. Anishchenko L.N., Skovorodnikova N.A., Borzdyko E.V. *Khimicheskaya likhenindikatsiya kak osnova biomonitoringa vozdukhа v antropogennykh ekosistemakh* [Chemical lichenindication as the basis of air biomonitoring in anthropogenic ecosystems]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic research], 2015, № 2-10, pp. 2144–2148. [http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10006640](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10006640) (accessed February 27, 2018).
3. Byazrov L.G. *Lishayniki v ekologicheskom monitoringe* [Lichens in ecological monitoring]. Moscow, Nauchnyy mir, 2002, 336 p.
4. Harmens H., Mills G., Hayes F. et. al. Air pollution and vegetation ICP Vegetation: annual report 2009/10. Bangor, 2010: [site ICP Vegetation]. <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/annual.html> (accessed February 27, 2018).
5. Voronina O. E., Efimtsev E. I., Tatarinova T. A. *Pigmentnyy apparat rasteniy v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya* [Pigment apparatus of plants in anthropogenic impact]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa* [Bulletin of the Moscow State Forest University], 1999, № 2, pp. 82.
6. Gossiau A., Rensing L. Oxidativer Stress, altersabhängige Zellschädigungen und antioxidative Mechanismen. *Z. für Gerontologie und Geriatrie*, 2002, Vol. 35, pp. 139–150.

7. Neverova O.A. Primenenie fitoindikatsii v otsenke zagryazneniya okruzhayushchey sredy [The use of phytoindication in the assessment of environmental pollution]. *Biofizika* [Biophysics], 2010, vol.1, № 1, pp. 82–92.
8. Anishchenko L.N. Bryoindication of the General State of Atmosphere in an Urban Ecosystem: The Example of the City of Bryansk. *Russian Journal of Ecology*, 2009, Vol. 40, No. 4, pp. 247–253.
9. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss. *Journal of Atmospheric Chemistry*. 2004, pp. 521–531.
10. Shapiro I.A. Vliyanie temperatury na dykhanie nekotorykh lishaynikov, sodержashchikh zelenyy ili tsianobakterial'nyy fotobiont [The effect of temperature on the respiration of some lichens containing a green or cyanobacterial photobiont]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 2007, vol. 92, №10, pp. 1568–1574.
11. Tyler G. Bryophytes and heavy metals: a literature review. *Botanical journal of Linney society*, 1990, vol. 104, № 1-3, pp. 231–253.
12. Rogova N.S., Ryzhakova N.K., Borisenko A.L., Merkulov A.G. Izuchenie akkumulyatsionnykh svoystv mkhov, ispol'zuemykh pri monitoringe zagryazneniya atmosfery [Study of the accumulative properties of mosses used in monitoring atmospheric pollution]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the atmosphere and ocean], 2011, vol. 24, № 1, pp. 101–104.
13. Ryzhakova N.K., Borisenko A.L., Merkulov V.G. Rogova N.S. Kontrol' sostoyaniya atmosfery s pomoshch'yu mkhov-bioindikatorov [Monitoring of the atmosphere with the help of moss-bioindicators]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the atmosphere and ocean], 2009, vol. 22, № 1, pp. 101–104.
14. Domnina E.A., Shapiro I.A., Bykov O.D. Izmenenie fotosinteza i dykhaniya lishaynikov v rayone Kirovo-Chepetskogo khimicheskogo kombinata [Change in photosynthesis and respiration of lichens in the Kirovo-Chepetsk chemical combine]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 2007, vol. 92, №4, pp. 515–523.
15. Martin Juri, Noble Reinold, Scwab Danie. Lichen and moss surface analysis using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy. *Proc. Ect. Acad.Sci. Ecol.* 1992, 2, № 3, pp. 81–92.
16. Safrankova E. A., Anishchenko L. N. Likhenobiota urboekosistem Bryanskoy oblasti: bioraznoobraziye i fitoindikatsionnye aspekty ispol'zovaniya [Lichenobiota of urban ecosystems in the Bryansk region: biodiversity and phytoindication aspects of use]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Monitoring bioraznoobraziya ekosistem stepnoy i lesostepnoy zon»* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference «Mon-

- itoring of Biodiversity of Steppe and Forest-Steppe Ecosystems»]. Balashov: Mykolayiv, 2012, pp. 148–156.
17. Kolotov B.A., Demidov V.V., Volkov S.N. Sostoyanie khlorofilla kak fundamental'nyy priznak degradatsii okruzhayushchey sredy pri zagryaznenii ee tyazhelymi metallami [The state of chlorophyll as a fundamental sign of environmental degradation when it is contaminated with heavy metals]. *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2003, vol. 393, № 4.
  18. GOST 24027.0-80. *Pravila priemki i metody otbora prob* [Acceptance rules and methods of sampling]. 1981 -01- 01. Moscow: Izd-vo standartov, 5 p.
  19. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. The check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*, 2006, vol. 15, pp. 1–130.
  20. *Spisok likhenoflory Rossii* [List of lichen floras of Russia], St. Petersburg, 2010, 194 p.
  21. Ivanov V.B., Plotnikova I.V., Zhivukhina E.A. et al. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Workshop on Plant Physiology]. Moscow: Publishing Center «Academy», 2004, 144 p.
  22. Maksimova E.V., Kositsina A.A., Makurina O.N. Vliyanie antropogennykh faktorov khimicheskoy prirody na nekotorye ekologo-biokhimicheskie kharakteristiki rasteniy [Influence of anthropogenic factors of chemical nature on some ecological and biochemical characteristics of plants]. *Vestnik Samarskogo GU. Estestvenno-nauchnaya seriya* [Bulletin of the SSU. Natural science series], 2007, № 8 (58), pp. 146–152.
  23. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984, 424 p.
  24. Pavlova L.M., Kotel'nikova I.M., Kuimova N.G., Leusova N.Yu., Shumilova L.P. Sostoyanie fotosinteticheskikh pigmentov v vegetativnykh organakh drevesnykh rasteniy v gorodskoy srede [The state of photosynthetic pigments in the vegetative organs of woody plants in an urban environment]. *Vestnik RUDN, seriya Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia, Ecology and Life Safety], 2010, № 2, pp. 11–19.

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Злыднев Артём Александрович**, аспирант кафедры экологии и рационального природопользования  
*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского*  
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, Брянская область, 241050, Российская Федерация



**Онофрейчук Ольга Николаевна**, аспирант кафедры экологии и рационального природопользования  
*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского*  
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, Брянская область, 241050, Российская Федерация

**Анищенко Лидия Николаевна**, профессор кафедры экологии и рационального природопользования, доктор сельскохозяйственных наук  
*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского*  
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, Брянская область, 241050, Российская Федерация  
*Lanishchenko@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Zlydnev Artem Nikolaevich**, PhD Student, Department of Ecology and Rational Nature Management  
*Bryansk state University named after academician I. G. Petrovsky*  
14, Bezhitskaya Str., Bryansk, Bryansk region, 241050, Russian Federation

**Onophreychuk Olga Nikolaevna**, PhD Student, Department of Ecology and Environmental Management  
*Bryansk state University named after academician I. G. Petrovsky*  
14, Bezhitskaya Str., Bryansk, Bryansk region, 241050, Russian Federation

**Anishchenko Lydia Nikolaevna**, Professor, Department of Ecology and Environmental Management, Doctor of Agricultural Sciences  
*Bryansk state University named after academician I. G. Petrovsky*  
14, Bezhitskaya Str., Bryansk, Bryansk region, 241050, Russian Federation  
*Lanishchenko@mail.ru*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-90-123

УДК 615.214.22

## ПРЯНЫЕ И АРОМАТИЧЕСКИЕ РАСТЕНИЯ В ПСИХИАТРИИ И НЕВРОЛОГИИ: НАУЧНЫЙ ОБЗОР. ЧАСТЬ I.

*Беккер Р.А., Быков Ю.В.*

**Цель исследования:** Представить читателю подробный исторический обзор о применении пряных и ароматических растений в психиатрии и неврологии, а также данные современных исследований об их эффективности в терапии различных психических и психосоматических патологий, нейродегенеративных заболеваний.

**Методология проведения работы:** В качестве начальной отправной точки для нашей работы мы взяли список всех применяемых в кулинарии различных народов специй и приправ из английской Википедии, как один из наиболее полных подобных списков в Интернете ([en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_spices](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_spices)). Затем мы изучили современную доказательную базу и исторические данные о применении каждого из упомянутых в данном списке растений, используя поисковые системы PubMed, Google Scholar, Science Direct, Web of Science, и представили найденные данные в настоящем обзоре.

**Результаты:** Полученные нами в результате составления настоящего обзора данные свидетельствуют о значительном терапевтическом потенциале многих пряных и ароматических растений в психиатрии и неврологии, в особенности в лечении лёгких форм тревожных и депрессивных расстройств, лёгких когнитивных нарушений, а также в лечении таких психосоматических заболеваний, как синдром раздражённого кишечника, мигрень, синдром предменструального напряжения, климактерические расстройства. Доказательная база для применения в психиатрии и неврологии разных пряных и ароматических растений различна по качеству. Для одних пряных и ароматических растений и извлечённых из них биологически активных веществ пока существуют лишь данные экспериментов на животных в сочетании с эмпирическим опытом народной медицины, для других – имеются предварительные обнадеживающие результаты открытых пилотных исследований на человеке, для третьих, таких, как куркумин, сафранал – положительные результаты

небольших рандомизированных клинических испытаний. Важно, однако, то, что исследование психотропного и нейротропного потенциала пряных и ароматических растений, судя по количеству публикаций именно в последние годы (2013–2017), рассматривается как одно из перспективных направлений для поиска новых антидепрессантов, анксиолитиков и антидементных препаратов.

**Область применения результатов:** Полученные нами результаты дают теоретические и практические основания для применения экстрактов из некоторых пряных и ароматических растений, таких, как куркумин, сафранал, пиперин, эфирное масло лаванды, в лечении лёгких форм тревожных и депрессивных состояний, лёгких когнитивных нарушений, особенно у пациентов, отказывающихся от фармакотерапии или плохо её переносящих.

**Ключевые слова:** пряности; пряные растения; ароматические растения; история психиатрии; шафран; анис; бадьян; черный перец; имбирь; ваниль; куркума; кумин; кориандр; корица; базилик; тимьян; пажитник; сельдерей; манго; лук; чеснок; горчица; Melissa; шалфей; кожура цитрусовых; розовые лепестки; пачули; депрессивные расстройства; тревожные расстройства; когнитивные нарушения.

## THE SPICY AND AROMATIC HERBS IN PSYCHIATRY AND NEUROLOGY: SCIENTIFIC REVIEW. PART I.

*Bekker R.A., Vykov Yu.V.*

**Purpose:** To give the reader a detailed historical overview of the application of spicy and aromatic herbs in the field of psychiatry and neurology, as well as modern data from clinical and preclinical studies on their effectiveness in the therapy of various mental and psychosomatic pathologies, and neurodegenerative diseases.

**Methodology:** As an initial starting point for our work, we took a list of all the spices and aromatic herbs used in culinary of various nations from English Wikipedia, as it is one of the most complete of such lists on the Internet ([en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_spices](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_spices)). We then examined the current evidence base and historical data on the use of each of the listed plants using the PubMed, Google Scholar, Science Direct, Web of Science search engines, and presented our findings in this review.

**Results:** *The data we have presented in this review clearly shows that there is a significant therapeutic potential for many spicy and aromatic herbs in both psychiatry and neurology, especially in the treatment of mild anxiety and depressive disorders, mild cognitive impairment, and in the treatment of psychosomatic diseases such as irritable bowel syndrome, migraine, premenstrual tension syndrome, climacteric disorders. The evidence base for use in psychiatry and neurology of different spicy and aromatic herbs is very different in quality. For some spicy and aromatic herbs and biologically active substances extracted from them, only animal data, combined with empirical experience of traditional medicine, exist for the time being, for others - there are preliminary encouraging results of open pilot studies on humans, for others, such as curcumin, safranal - there are positive results from small randomized clinical trials. It is important, however, that the study of the psychotropic and neurotropic potential of spicy and aromatic herbs, judging by the number of publications in recent years (2013-2017), is considered as one of the promising directions for the search for new antidepressants, anxiolytics and anti-dementia drugs.*

**Practical implications:** *The results that we have presented in this review, give theoretical and practical reasons for the use of extracts from some spicy and aromatic herbs, such as curcumin, safranal, piperine, lavender essential oil, in the treatment of mild forms of anxious and depressive states, mild cognitive impairment, especially in patients who refuse traditional psychopharmacotherapy, or for those who are totally unable to tolerate traditional psychopharmacotherapy or poorly tolerate it.*

**Keywords:** *Spices; spicy herbs; aromatic herbs; history of psychiatry; saffron; anise; star anise; black pepper; ginger; vanilla; turmeric; cumin; coriander; cinnamon; basil; thyme; fenugreek; celery; mango; onion; garlic; mustard; lemon balm; sage; citrus peel; rose petals; patchouli; depressive disorders; anxiety disorders; cognitive impairment.*

## Введение

### (Общие исторические сведения)

На протяжении тысячелетий человечество пыталось эмпирически применять различные пряные и ароматические растения не только в кулинарии, но и в качестве лекарственных растений при самых разных заболеваниях и патологических состояниях, в том числе и нервно-психических. За первыми попытками применения пряных и ароматических растений в качестве лекарственных стояла донаучная, старая как мир, идея: если какое-либо растение оказывает столь сильное раздражающее влияние

на наши вкусовые и обонятельные рецепторы, на наши слизистые оболочки, на наш ЖКТ и его пищеварительные железы, а нередко и на кожу (как, например, горчица, жгучий перец), то не может ли это растение оказывать какой-либо эффект и на другие органы и системы организма? Не может ли оно в результате помогать при каких-либо заболеваниях или патологических состояниях, в том числе и при «нервных» или душевных болезнях? С другой стороны, была не менее популярна и идея о том, что столь сильно пахнущие и имеющие такой яркий, выраженный вкус растения могут также и сильно навредить, причём не только людям, страдающим проблемами с ЖКТ, но и людям с нервными и душевными расстройствами [Healy D., 2004].

Так, ещё Филипп Пинель, основоположник современной гуманистической психиатрии и «моральной терапии», полагал, что пища для больных с «острыми умственными помешательствами» (то есть с тем, что мы бы сегодня назвали острыми психозами) должна быть достаточно пресной, лишённой пряностей, а также не содержащей излишков кислоты, соли и сахара. Это укладывалось в общую концепцию Ф. Пинеля о целесообразности «щадящего» режима, ограничения всяких излишних сенсорных стимулов для таких островозбуждённых, дезорганизованных, неадекватно себя ведущих больных. В рамках этой же концепции Ф. Пинель создавал для таких больных специальные тихие, затемнённые, шумоизолированные (обитые войлоком по полу и стенам) комнаты, запрещал персоналу слишком много общаться с этими больными, раздражать их [Healy D., 2004].

С другой же стороны, Ф. Пинель также считал необходимым и целесообразным для больных «угнетённых и подавленных», страдающих «меланхолией» (то есть тем, что позднее стали называть эндогенной меланхолической депрессией), наряду с развлечением их, попытками пробудить их интерес к окружающему, вовлечь в трудовые процессы, и наряду с попытками морально-психологической поддержки и своеобразной психотерапии (которую он называл «моральной терапией») одновременное широкое дополнительное применение пряных и ароматических растений в пище и напитках (настоях или отварах), а также и отдельно в капсулах, с целью стимулировать аппетит и активность больного [Healy D., 2004].

Самое интересное, что методика Ф. Пинеля, уступая, конечно, в эффективности современным методам психотерапии и биологической терапии психических заболеваний, тем не менее, судя по сохранившимся литературным описаниям её эффекта, работала. А дозированное применение различных видов пряных и ароматических растений в лечении «меланхолии»

было достаточно важной частью терапевтического арсенала Ф. Пинеля и его учеников [Healy D., 2004].

В наше время, в связи с появлением современных методов экстракции активных компонентов растений, а также методов отдельного изучения их нейрохимического и клинико-поведенческого профиля действия, интерес к пряным и ароматическим растениям и к их психотропным и нейротропным свойствам, и к возможностям терапевтического применения их экстрактов или активных веществ в психиатрии и неврологии, пронулся вновь.

Как мы уже говорили, теория, изначально стоявшая за первыми попытками эмпирического применения пряных и ароматических растений в психиатрии и неврологии, вовсе не была научной. Она основывалась на априорном допущении, что если растение имеет яркий пряный вкус и/или запах, то оно должно быть и терапевтически активным. Тем не менее выяснилось, что эта идея была вовсе не такой уж глупой. Сегодня оказалось, что многие пряные и ароматические растения действительно содержат биологически активные вещества, которые могут быть полезны в психиатрии и неврологии. Многие из этих веществ обладают рядом интересных для психиатрии и неврологии психотропных и нейротропных свойств, например, антидепрессивным, противотревожным, психостимулирующим или наоборот успокаивающим (седативным), центральным противорвотным, нейропротективным, антиоксидантным, противовоспалительным, иммуномодулирующим действием и др.

Интересно, что многие из биологически активных веществ пряных и ароматических растений, обладающих психотропными и нейротропными свойствами, оказались по совместительству основными или дополнительными ароматически-вкусовыми веществами этих растений. Таким образом, эмпирические догадки людей Древнего Мира и Средневековья о возможной терапевтической пользе пряных и ароматических растений в психиатрии и неврологии частично подтвердились современной наукой.

В настоящей статье мы подробно рассмотрим имеющуюся доказательную базу относительно возможных психотропных и нейротропных эффектов отдельных компонентов и экстрактов из различных пряных и ароматических растений.

Поскольку пряных и ароматических растений известно очень много, то мы решили остановиться лишь на наиболее известных российскому читателю и потребителю, и присутствующих на рынке России, а также на тех, которые имеют наиболее внушительную доказательную базу по

применению их компонентов или экстрактов в психиатрии и неврологии. При этом, для исключения возможных разночтений и недопониманий, мы, наряду с традиционными названиями пряностей, приводим также латинские ботанические названия соответствующих им пряных и ароматических растений.

### **Доказательная база для применения в психиатрии и неврологии экстрактов и веществ из отдельных пряных и ароматических растений**

#### ***Шафран***

Шафраном в кулинарии называют высушенные рыльца цветков шафрана настоящего, или шафрана посевного (*Crocus sativus*). Шафран в качестве основных ароматически-вкусовых компонентов содержит кроцин, пикрокроцин, диметилкроцин и сафранал. Исторически шафран рекомендовался в традиционной народной медицине в качестве успокаивающего, противотревожного, снотворного, лёгкого антидепрессивного и улучшающего умственную деятельность средства [Hosseinzadeh H., Noraei N.B., 2009]. При этом в эксперименте на мышах доказано, что водный настой шафрана, а также извлечённый из него сафранал действительно обладают противотревожной и снотворно-седативной активностью и способны усиливать снотворное действие барбитуратов и противотревожное действие бензодиазепинов, не усиливая при этом миорелаксацию и атаксию [Hosseinzadeh H., Noraei N.B., 2009].

Шафран также издавна рекомендовали женщинам при жалобах на нерегулярные, болезненные месячные или на синдром предменструального напряжения (ПМС). Современные исследования как на животных, так и на женщинах-добровольцах показывают, что шафран или сафранал, как при вдыхании (в рамках ароматерапии), так и при приёме внутрь, понижает секрецию кортизола и увеличивает секрецию эстрогенов, уменьшая, одновременно, продукцию простагландинов в слизистой матки, что может объяснять его положительное действие при ПМС [Fukui H. et al, 2011].

Кроцин и сафранал также обладают мощной антиоксидантной, противовоспалительной, антиатеросклеротической, антидиабетической активностью как в эксперименте на животных, так и в клинике [Christodoulou E. et al, 2015]. Помимо этого, они обладают многими интересными рецепторными свойствами, в частности способностью блокировать моноаминоксидазы А и В [De Monte C. et al, 2014], активностью в отношении NMDA- и

$\sigma_1$  рецепторов [Lechtenberg M. et al, 2008]. Показано также, что кроцетин, диметилкроцетин и шафранал являются достаточно сильными ингибиторами ацетилхолинэстеразы с IC50 96,33, 107,1 и 21,09 нМ, соответственно, что может объяснять их эффективность при болезни Альцгеймера и других деменциях, где шафран исторически применялся [Geromichalos G.D. et al, 2012]. Клинически вся эта совокупность рецепторных свойств транслируется в выраженное антидепрессивное, анксиолитическое, прокогнитивное (антидементное) и противосудорожное действие алкалоидов шафрана [Khazdair M.R. et al, 2015].

### **Ваниль**

Природная ваниль – это продукт, получаемый из плодов (стручковых бобов) некоторых видов орхидей, прежде всего мексиканской *Vanilla planifolia*. Она и по сей день является второй по дороговизне, после шафрана, пряностью в кулинарии. Её основным ароматически-вкусовым веществом является ванилин. Мексиканские индейцы – ацтеки – издавна использовали ваниль для ароматизации какао и шоколада, а также напитка из листьев коки (послужившего в своё время прототипом Кока-Колы) и, в меньших количествах, для ароматизации мясных блюд (например, блюда, которое позже испанские завоеватели назвали «чили кон карне»). При этом они приписывали ванили, наряду с порошком из бобов какао и листьями коки, психостимулирующие и энергизирующие свойства.

Сегодня, в связи с дороговизной природной ванили и трудоёмкостью её получения, большая часть применяемого в кулинарии и пищевой промышленности ванилина имеет синтетическое происхождение и производится в основном из гваякола либо, реже, из лигнина.

Исследования показывают, что ванилин, как при вдыхании его аромата, так и при его применении внутрь, обладает антидепрессивной и противотревожной активностью в таких экспериментальных моделях депрессии на животных, как хронический непредсказуемый стресс или удаление обонятельной луковицы (ольфакторная бульбэктомия). Применение ванилина приводит к повышению концентраций серотонина, норадреналина и дофамина в мозгу экспериментальных депрессивных животных, к снижению концентрации стрессового гормона кортикостерона в их крови, к нормализации их поведения и исчезновению симптомов депрессии и тревоги. Антидепрессивная и противотревожная активность ванилина в экспериментах на мышах и крысах оказалась сопоставимой с активностью такого эталонного антидепрессанта, как флуоксетин, хотя и ниже активности



имипрамина. Что особенно важно, сочетанное применение флуоксетина и ванилина привело к повышению эффективности (уменьшению времени иммобилизации животных в модели выученной беспомощности) по сравнению с монотерапией любым из них [Shoeb A. et al, 2013; Xu J et al, 2015].

Изучение механизмов антидепрессивного и противотревожного действия экстракта ванили показало, что ванилин и изоэвгенол, также содержащийся в природной ванили, являются слабыми ингибиторами моноаминоксидазы (MAO) обоих типов и повышают содержание моноаминов в ЦНС [Waye A et al, 2014]. Кроме того, ванилин и изоэвгенол также ингибируют ГАМК-трансаминазу и обладают способностью повышать содержание ГАМК в мозгу, и слабо связываются с бензодиазепиновым сайтом ГАМК-рецептора. Это может объяснять их противотревожную активность [Waye A et al, 2014].

Природная ваниль также содержит ванилол, являющийся слабым антагонистом  $\beta_1$  адренергических рецепторов, и потому способный снижать артериальное давление, уменьшать тахикардию и тревожность [Bin-Nan W. et al, 1994].

Ванилин, являясь сильным селективным агонистом ваниллоидных TRPV1 рецепторов, также обладает мощными антиоксидантными, нейропротективными, прокогнитивными и антидементными свойствами. В экспериментальной модели болезни Хантингтона у животных он тормозит прогрессирование нейродегенеративных изменений, поведенческих и двигательных нарушений, нарушений памяти и нарастание симптомов депрессии, причём эффективность его в этой модели сопоставима с эффективностью агомелатина (Вальдоксана) и тетрабеназина. А сочетанное его применение с ними повышает эффективность терапии [Gupta S., Sharma B., 2014 (a)].

Аналогичную, притом сопоставимую с донепезилом и мемантином, нейропротективную и прокогнитивную активность ванилин и другой ароматический компонент природной ванили (4-гидроксibenзиловый спирт) проявляют также в экспериментальной модели болезни Альцгеймера на животных [Jayant S. et al, 2016]. В экспериментальной модели сосудистой деменции, вызванной перевязкой обеих сонных артерий у мышей, ванилин уменьшает окислительный стресс, повреждение нейронов и глиальных клеток, реактивное воспаление в зоне ишемии, вызванные ишемией мозга нарушения памяти, поведения и двигательных функций животных, повышает содержание ацетилхолина в их мозгу [Gupta S et al, 2014 (b)]. Эффективность ванилина в этой модели оказалась сопоставима с эффек-

тивностью таких нейропротективных агентов, как атомоксетин и мемантин, причём совместное применение увеличивало эффект [Gupta S. et al, 2014 (b)]. А в экспериментальной модели вызванной скополамином амнезии ванилин не только уменьшает когнитивные нарушения и нарушения памяти, но и стимулирует нейрогенез и дифференцировку нервных клеток в гиппокампе и в области поясной извилины [Kim Y.H., Park J.H., 2017].

Предполагается, что давно известная антидепрессивная активность горького чёрного шоколада у человека может быть частично обусловлена, наряду с другими обнаруженными в чёрном шоколаде антидепрессивными факторами, такими, как анандамид, кофеин, теобромин, фенилэтиламин, омега-3 жирные кислоты, магний, железо, цинк, медь, литий, L-триптофан, различные полифенолы какао, в некоторой степени также содержанием в нём природной ванили или синтетического ванилина [Silva N.R., 2010].

### *Куркума*

Куркумой в кулинарии называют высушенные и измельчённые в яркий оранжево-жёлтый порошок корневища растения Куркума длинная (*Curcuma longa*). Они содержат различные так называемые куркуминоиды, в частности куркумин (дифероилметан), деметоксикуркумин и бисдеметоксикуркумин. Содержание куркумина в сухом порошке куркумы в среднем около 3 % и колеблется в зависимости от сорта растения и условий выращивания. Кроме того, эфирное масло куркумы содержит также турмерон, атлантон, зингиберен и другие летучие соединения.

Куркума и её основной компонент, куркумин, являются мощными антиоксидантами. В этом качестве они привлекли наибольшее среди всех пряных растений (по количеству публикаций) внимание исследователей, в частности, работающих в области лечения и профилактики ревматических и аутоиммунных заболеваний, злокачественных опухолей, сердечно-сосудистых заболеваний, «болезней старения», таких, как сахарный диабет 2-го типа и ожирение [Kocaadam B., Şanlıer N., 2017]. Не прошли мимо куркумы и куркумина также и исследователи, изучающие новые возможности лечения психических и неврологических заболеваний, прежде всего депрессий и тревожных состояний, нейродегенеративных заболеваний, дементных состояний [Kocaadam B., Şanlıer N., 2017].

На данный момент существует значительное количество РКИ, подтверждающих эффективность и безопасность, хорошую переносимость куркумина в лечении депрессивных и тревожных состояний, когнитивных нарушений, обсессивно-компульсивного расстройства (ОКР), а также та-

ких психосоматических расстройств, как синдром раздражённого кишечника (СРК) [Ng Q.X. et al, 2017; Lopresti A.L., 2017(a)].

В большинстве случаев, РКИ, посвящённые исследованию эффективности куркумина при психических и неврологических патологиях, относительно невелики по размерам выборки, или отслеживают лишь краткосрочные (до 8-12 недель) эффекты куркумина. Поэтому авторы ряда последних систематических обзоров и мета-анализов призывают к изучению эффективности куркумина, как весьма перспективного терапевтического агента, в более масштабных и более долгосрочных РКИ [Ng Q.X. et al, 2017; Lopresti A.L., 2017(a)].

Одновременно рядом авторов указывается, что, несмотря на эти недостатки, куркумин из куркумы, наряду с сафраналом из шафрана и гиперицином из зверобоя, на сегодняшний день принадлежит к числу наиболее исследованных и имеющих наиболее убедительную среди всех потенциальных растительных антидепрессантов и анксиолитиков доказательную базу для клинического применения [Ng Q.X. et al, 2017; Lopresti A.L., 2017].

Интересно отметить, что в некоторых РКИ показано, что антидепрессивное и противотревожное действие куркумина усиливается при его сочетании с сафраналом из шафрана [Lopresti A.L., Drummond P.D., 2017], с пиперином из чёрного перца [Bhutani M.K. et al, 2009].

### **Чёрный перец и длинный перец**

Чёрным перцем в кулинарии называют высушенные плоды (ягоды) растения *Piper nigrum*. Чёрный перец в качестве основного пахуче-вкусового компонента содержит пиперин. Пиперин и его производные обладают рядом интересных свойств, в том числе антидепрессивной, противотревожной и прокогнитивной активностью [Chavartia D. et al, 2016]. Схожий, но не идентичный аромат и вкус имеют также высушенные ягоды так называемого «длинного перца» (растения *Piper longum*), применяемого как отдельная пряность, в дополнение к чёрному перцу, в индийской и китайской кухнях и в ряде других кухонь народов Азии. Показано, что длинный перец, наряду с пиперином, содержит также особое, отсутствующее в чёрном перце, ароматическое соединение – пиперлонгумин.

В народной медицине Индии, Китая и Малайзии чёрному и длинному перцам традиционно приписывалась противовоспалительная, противодартритная, тонизирующая и общеукрепляющая активность, способность повышать аппетит, улучшать пищеварение, а также антидепрессивные и противотревожные свойства.

Показано, что экстракт чёрного перца и пиперин повышают биодоступность, антидепрессивную, прокогнитивную и анксиолитическую эффективность куркумина [Jangra A. et al, 2016], ресвератрола (антиоксиданта, содержащегося в красном вине и винограде) [Xu Y. et al, 2016], компонентов родиолы розовой [Panossian A et al, 2008], китайского женьшеня [Li G. et al, 2015(a)].

Показано также, что антидепрессивное, прокогнитивное и противотревожное действие пиперина и экстракта чёрного перца обусловлено его взаимодействием со всеми тремя основными моноаминергическими системами мозга (серотонинергической, норадренергической и дофаминергической) [Li G. et al, 2015(a); Jangra A. et al, 2016; Xu Y. et al, 2016], а также его антиоксидантными свойствами и способностью повышать концентрацию BDNF в мозгу, снижать концентрацию глюкокортикоидов в крови и их вредное воздействие на ЦНС [Mao Q.Q. et al, 2014].

В систематическом обзоре от 2015 года, посвящённом возможностям фитотерапии депрессивных и тревожных состояний на текущий момент, а также возможностям создания в будущем новых антидепрессантов и анксиолитиков на основе компонентов, выделенных из растений, указывается, что пиперин из чёрного перца, наряду с нарингенином из цитрусовых, ресвератролом из красного винограда, куркумином из куркумы, гиперицином и гиперфоринном из зверобоя, берберином из барбариса, эвгенолом из гвоздики и некоторыми другими соединениями, является одним из самых перспективных в этом отношении [Bahramsoltani R. et al. 2015].

Пиперлонгумин, выделенный из длинного перца, проявляет антистрессовые, противотревожные, антидепрессивные и анальгетические свойства в экспериментах на животных [Yadav V. et al, 2016]. Кроме того, он также обладает сильной противовоспалительной, антиоксидантной, нейропротективной и прокогнитивной активностью, уменьшает когнитивные нарушения и повреждение мозга, вызванное нейротоксином ротеноном [Wang H. et al, 2016].

### **Кумин (зира)**

Кумином, или зирой, в кулинарии называют высушенные семена растения Зира (*Cuminum cuminum*), применяемые как целиком, так и в измельчённом виде. Его главными ароматическими компонентами являются куминальдегид, кумен и различные терпеноиды.

Кумин (зира) традиционно используется на Востоке не только как пряность, но и как лекарственное растение. В частности, кумину в народной

медицине многих азиатских стран приписываются, среди прочих, антидепрессивные, тонизирующие, психоэнергизирующие и одновременно антистрессовые, противотревожные свойства и способность улучшать память и когнитивные функции.

Исследования на животных показывают, что порошок, экстракт и эфирное масло кумина действительно способны уменьшать когнитивные нарушения и нарушения памяти, вызываемые, например, введением экспериментальным животным скополамина, а также оказывать противотревожное и антистрессовое воздействие на поведение животных, снижать уровень перекисного окисления липидов и другие маркеры окислительного стресса в их крови, понижать уровень стрессового гормона кортикостерона в их крови и моче [Koppula S., Choi D.K., 2011].

В обзоре польских авторов указывается, что порошок, экстракт и эфирное масло кумина обладают антидепрессивными свойствами как в экспериментальных моделях депрессии на животных, так и в опубликованных на сегодня пилотных открытых исследованиях на людях, и что экстракт кумина усиливает антидепрессивное действие таких известных растительных антидепрессантов, как экстракт зверобоя продырявленного, экстракт родиолы розовой, экстракт женьшеня, сафранал из шафрана. Они призвали к дальнейшему исследованию возможностей фитотерапии депрессий, в том числе комбинированной, в формате РКИ [Muszyńska B. et al, 2015].

### **Чёрный тмин (чернушка, нигелла)**

Чёрным тмином, или чернушкой, чёрным кумином, римским кориандром, нигеллой, в кулинарии называют высушенные семена растения Чернушка посевная (*Nigella sativa*). Оно широко возделывается по всему миру и используется как пряность.

Эфирное масло чёрного тмина содержит тимохинон, нигелон (дитимохинон), мелантин, нигеллин, а также транс-анетол (тот же ароматический компонент, что и в анисе).

Семенам чёрного тмина в традиционной народной медицине приписывают наличие множества разнообразных лекарственных свойств, в частности мочегонных, ветрогонных, желчегонных, слабительных, противоглистных, противовоспалительных, а также способность повышать секрецию молока у кормящих женщин. Внимание исследователей, занимающихся поиском новых антидепрессантов и анксиолитиков, привлекло то, что среди прочего, чёрному тмину народная медицина многих стран приписывает также наличие

антидепрессивных, противотревожных, успокаивающих свойств и способности улучшать память и когнитивные функции.

На животных показано, что порошок, экстракт и эфирное масло чёрного тмина действительно оказывают антидепрессивное и противотревожное действие в ряде экспериментальных моделей депрессии и тревоги. Более того, авторам удалось показать, что этот эффект чёрного тмина обусловлен в основном взаимодействием с серотонинергическими системами мозга. Применение чёрного тмина приводит к повышению концентрации серотонина в ЦНС, концентраций L-триптофана в ЦНС и крови экспериментальных животных, и к замедлению катаболизма L-триптофана и серотонина [Perveen T. et al, 2009].

В других экспериментах было показано, что порошок, экстракт и эфирное масло чёрного тмина, а также выделенный из него тимохинон, оказывают антиоксидантное и нейропротективное действие и улучшают когнитивные и двигательные функции животных, уменьшают степень повреждения мозга в экспериментальных моделях ишемического инсульта [Azzubaidi M.S. et al, 2012] и эпилептического статуса [Shao Y. et al, 2017].

### *Анис и бадьян (звёздчатый анис)*

Анисом в кулинарии называют плоды растения Анис настоящий, он же Бедренец анисовый (*Pimpinella anisum*). Основными ароматически-вкусовыми веществами эфирного масла аниса являются изомеры анетола — цис-анетол и транс-анетол. В нём присутствуют в меньших количествах также метилхавикол, эстрагол, анисовый спирт, анисовый альдегид, анисовый кетон, анисовая кислота и др.

Плоды аниса и извлечённое из них эфирное масло обладают множеством фармакологических свойств, в частности, отхаркивающими, ветрогонными, желчегонными, спазмолитическими, слабительными, противовоспалительными и местноанестезирующими. В народной медицине плодам аниса приписывается также способность повышать секрецию молока у кормящих женщин.

Относительно недавно у порошка аниса или эфирного масла аниса были документально подтверждены на человеке издавна приписывавшиеся ему в народной медицине антидепрессивные, противотревожные и успокаивающие свойства. В частности, в одном недавнем (2017 года) РКИ показана антидепрессивная и противотревожная активность эфирного масла аниса внутри при лёгких и средних депрессиях у больных с

синдромом раздражённого кишечника (СРК). Она оказалась статистически достоверно выше плацебо и сопоставима с эффективностью эталонного антидепрессанта эсциталопрама у этих больных [Mosaffa-Jahromi M. et al, 2017]. В других двух РКИ от 2015 года было показано, что порошок аниса эффективнее плацебо и сопоставим с эсциталопрамом по антидепрессивной и противотревожной активности при лёгких и средних послеродовых депрессиях у женщин, а также при лёгких и средних депрессиях у больных, страдающих функциональной диспепсией [Ghoshegir S.A. et al, 2015].

Антидепрессивная и противотревожная активность плодов аниса или эфирного масла аниса подтверждается также и в экспериментах на животных [Gamberini M.T. et al, 2015; Shahamat Z. et al, 2016].

В одной из экспериментальных моделей болезни Альцгеймера у животных – в модели вызванной скополамином амнезии – было также показано, что эфирное масло аниса не только уменьшает проявления депрессии и тревоги у этих животных, но и улучшает их память и способность ориентироваться в пространстве [Aydin E. et al, 2016].

Отчасти сходное с анисом настоящим по химическому составу эфирного масла, но ботанически не родственное растение *Illicium verum* (звёздчатый анис, или бадьян) также обладает антидепрессивными и противотревожными свойствами и в клинике, и в экспериментах на животных. Более того, в одном из исследований авторам удалось показать, что антидепрессивные и противотревожные свойства эфирных масел бадьяна и аниса обусловлены в основном содержанием в них транс-анетола [Miyagawa M. et al, 2014].

Кроме антидепрессивных, противотревожных и прокогнитивных свойств, у плодов аниса также обнаружены нейропротективные, противосудорожные, обезболивающие (анальгетические), мышечно-расслабляющие, антиоксидантные свойства [Pourgholami M.H. et al, 1999; Karimzadeh F. et al, 2012; Shojaii A., Abdollahi Fard M., 2012; Abdollahi Fard M., Shojaii A., 2013].

У больных с сахарным диабетом плоды аниса способствуют снижению уровня глюкозы в крови, нормализации липидного спектра и уровня холестерина, снижению уровня перекисного окисления липидов. Эфирное масло или плоды аниса способны смягчать проявления опиоидной абстиненции, уменьшать выраженность симптомов климакса (в частности, «приливы»), предменструального дисфорического синдрома, дисменореи [Shojaii A., Abdollahi Fard M., 2012].

### *Корица и кассия*

Корицей в кулинарии называют высушенную кору коричневого дерева, или растения Коричник цейлонский (*Cinnamotum verum*). В кулинарии применяют (и часто тоже называют корицей) также более дешёвую кассию – высушенную кору китайского коричневого дерева (*Cinnamotum aromaticum*).

Эфирное масло обоих видов коричневого дерева содержит в качестве одного из главных ароматически-вкусовых компонентов коричный альдегид (циннамальдегид, или циннамаль, до 90% содержания в эфирном масле), коричный спирт и коричную кислоту. Кроме того, оно также содержит эвгенол, β-кариофиллен, линалоол, фелландрен, метилхавикол.

Показано, что циннамальдегид (как уже упоминалось, основной ароматически-вкусовой компонент корицы и кассии) – является агонистом TRPA1 ваниллоидных рецепторов, и что он обладает антидепрессивными и противотревожными свойствами как в клинике, так и в экспериментах на животных, как внутрь, так и в виде ароматерапии [Ito N. et al, 2011; de Moura J.C. et al, 2014]. Циннамальдегид также усиливает антидепрессивное действие периллового альдегида, основного активного компонента плодов *Perilla frutescens*, входящих в состав традиционной смеси «кампо», применяемой в японской и китайской медицине для лечения депрессий [Ito N. et al, 2011].

В другом исследовании было показано, что циннамальдегид является мощным ингибитором циклооксигеназы типа 2 (ЦОГ-2), и, оказывая сильное противовоспалительное действие в ЦНС, способен проявлять сопоставимое с целекоксибом антидепрессивное действие в экспериментальных моделях депрессии, в том числе у пожилых животных [Yao Y. et al, 2015].

Циннамальдегид (коричный альдегид), коричный спирт и коричная кислота обнаруживаются в значительных количествах также в экстрактах из другого известного адаптогенного и антидепрессивного растения родиола розовая (*Rhodiola rosea*). Оказалось, что циннамальдегид усиливает антидепрессивное и антистрессовое действие других активных компонентов родиолы розовой, таких, как родиолозид, розавин, розарин, розин. Более того, обнаружилось, что сочетание экстракта родиолы розовой и экстракта чёрного перца, содержащего пиперин, приводит к усилению антидепрессивного и стимулирующего эффекта родиолы розовой и к замедлению элиминации её активных компонентов из организма [Panossian A. et al, 2008]. Как тут не вспомнить о том, что в кухнях народов Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии корица и чёрный перец часто сочетаются, и, видимо, неспроста [Panossian A. et al, 2008].



Кроме того, показано также, что порошок и экстракт (эфирное масло) корицы или кассии, а также очищенный циннамальдегид, повышают инсулин-чувствительность периферических тканей и ЦНС, тормозят развитие сахарного диабета 2-го типа и ожирения в экспериментальной модели чрезмерно высококалорийного питания, улучшают память, настроение, поведение и когнитивные функции и тормозят развитие Альцгеймер-подобных изменений в ЦНС у экспериментальных животных с диабетом 2-го типа [Anderson R.A. et al, 2013; Jawale A. et al, 2016]. В другой экспериментальной модели болезни Альцгеймера, вызванной стрептозотоцином, циннамальдегид или экстракт коры коричневого дерева также проявляет нейропротективные, антидепрессивные, противотревожные и прокогнитивные свойства [Malik J. et al, 2015].

В экспериментальной модели депрессии, вызванной инъекцией мышам бактериальных липополисахаридов, показано, что циннамальдегид и экстракт корицы или кассии оказывают антиоксидантное и противовоспалительное действие в ЦНС, уменьшают воспалительную активацию нейроглии, секрецию воспалительных цитокинов, снижают активацию синтазы оксида азота (II) и образование оксида азота (II), ослабляют окислительный и нитрозативный стресс и свободнорадикальное повреждение нейронов, предотвращают их гибель от апоптоза [Zhang L. et al, 2016(b)]. Это транслируется в их антидепрессивное и прокогнитивное действие, улучшение памяти и поведения экспериментальных животных в данной модели [Zhang L. et al, 2016(b)].

### **Кориандр и кинза**

Кориандром в кулинарии называют семена растения Кориандр посевной или, иначе, Кориандр овощной (*Coriandrum sativum*). Зелень этого же растения называют в кулинарии кинзой.

Плоды (семена) и зелень кориандра (кинза) содержат стероидное соединение кориандрол, алкалоид кориандрин, различные стерины, каротиноиды, рутин и другие полифенолы, аскорбиновую кислоту, различные органические кислоты, дубильные вещества, а также летучее эфирное масло. Главными компонентами эфирного масла кориандра являются линалол (до 60–80% содержания) и гераниол (до 5%).

Кориандр обладает множеством фармакологических свойств, в частности, антибактериальными, противогрибковыми, антиоксидантными, антигельминтными. Он стимулирует аппетит, повышает секрецию пищеварительных соков (желудочного, панкреатического, кишечного) и желчи,

обладает желчегонными, спазмолитическими, ветрогонными и лёгкими слабительными свойствами, имеет отхаркивающее действие.

В народной медицине кориандру традиционно приписывается, среди прочего, также наличие успокаивающих (седативных), противотревожных, снотворных и обезболивающих (анальгетических) свойств.

Эксперименты на животных показывают, что молотый кориандр, экстракт из него и его эфирное масло, а также его основной компонент линалоол, действительно обладают седативными, противотревожными и снотворными свойствами, причём они проявляются на таких разных животных, как лабораторные мыши, крысы, морские свинки и даже куры [Gastón M.S. et al, 2016]. Анальгетическая активность кориандра и его эфирного масла также подтвердилась в эксперименте, причём было показано, что она опосредуется активацией эндогенной опиоидной системы и снимается или предотвращается налоксоном [Taherian A.A. et al, 2012].

Кроме того, у кориандра и его эфирного масла также показана противовосудорожная, противовоспалительная, иммуномодулирующая и антиоксидантная активность, способность снижать содержание холестерина и улучшать липидный профиль крови, повышать чувствительность тканей к инсулину и снижать уровень глюкозы в крови, тормозить развитие экспериментального сахарного диабета (СД) 2-го типа, ожирения и метаболического синдрома [Laribi B. et al, 2015]. А это весьма важно в контексте психиатрии, в свете высокой коморбидности СД 2-го типа, ожирения и метаболического синдрома с психическими заболеваниями.

В одном интересном небольшом РКИ, вовлекшем 68 пациентов с хронической мигренью, было показано, что сироп кориандра и эфирное масло кориандра обладают противомигренозными свойствами и способны уменьшать продолжительность и частоту мигренозных приступов и среднюю степень выраженности болевого синдрома на фоне мигренозного приступа, и потенцируют противомигренозное действие вальпроатов, а также улучшают настроение и самочувствие больных мигренью, способствуют редукции коморбидных с мигренью депрессивных и тревожных расстройств и расстройств сна [Kasmaei H.D. et al, 2016].

Экстракт и эфирное масло кориандра также обладают нейропротективными свойствами, уменьшают окислительный стресс и свободно-радикальное повреждение нейронов, вызванное экспериментальными эпилептическими судорогами [Pourzaki M. et al, 2017], уменьшают воспалительную активацию нейроглии, реактивный глиоз и тормозят прогрессирование когнитивных и поведенческих нарушений в экспериментальной

модели болезни Альцгеймера [Liu Q.F. et al, 2016], улучшают память и обучаемость как у человека, так и у экспериментальных животных, снижают вызванные ЭСТ или воздействием диазепамом, скополамина нарушения памяти [Zargar-Nattaj S.S. et al, 2011].

Кориандр и его экстракт также эффективны в экспериментальной модели орофациальных поздних дискинезий, вызванных длительным лечением животных антихолинэстеразным средством такрином или антипсихотиком галоперидолом [Mohan M. et al, 2015].

### **Кардамон**

Кардамоном в кулинарии называют семена растения *Elettaria cardamomum*, родиной которого являются Индия, Бутан, Индонезия и Непал. Кардамон и по сей день является третьей по дороговизне пряностью после шафрана и природной ванили. Эфирное масло кардамона содержит  $\alpha$ -терпиниллацетат (45%),  $\beta$ -мирцен (27%), лимонен (8%), ментон (6%),  $\beta$ -фелландрен (3%), 1,8-цинеол (2%), сабинен (2%) и гептан (2%), а также борнеол.

В традиционной восточной медицине кардамону приписывается наличие одновременно стимулирующих, энергизирующих, тонизирующих, антидепрессивных и противотревожных, успокаивающих свойств, а также свойств афродизиака (средства, повышающего либидо и половую потенцию у мужчин). В качестве тоника и энергетика кардамон часто добавляется в кофе, чай (так называемый бедуинский чай и чай масала). Кроме того, он обладает также бактерицидными, противогрибковыми, отхаркивающими и ветрогонными свойствами, стимулирует желудочную секрецию.

В эксперименте кардамон проявляет антидепрессивную и противотревожную активность, в частности, в модели хронического стресса и в модели посттравматического стрессового расстройства у животных [Masoumi-Ardakani Y. et al, 2017]. Кроме того, ряд компонентов кардамона также являются сильными ингибиторами  $\beta$ -секретазы и тормозят развитие экспериментальной болезни Альцгеймера, снижают накопление  $\beta$ -амилоида в ЦНС, реактивное воспаление, окислительный стресс и гибель нейронов [Matsumura S. et al, 2016].

Кардамон также обладает нейропротективными, противовоспалительными антиоксидантными, противосудорожными и анальгетическими свойствами. В экспериментах на животных он уменьшает когнитивные нарушения, вызванные электросудорожной терапией (ЭСТ) или коразоловыми судорогами, и повреждение нейронов, вызываемое преходящей ише-

мией мозга или воспалительными цитокинами (введением бактериального липополисахарида) [Masoumi-Ardakani Y. et al, 2016].

В нескольких РКИ показана способность кардамона улучшать чувствительность тканей к инсулину, снижать уровень глюкозы и холестерина в крови, нормализовывать липидный спектр крови и маркеры окислительного стресса и воспаления у больных с ожирением, сахарным диабетом или преддиабетом, гиперлипидемией (то есть оказывать противодиабетическое и гиполипидемическое, гипохолестеринемическое действие), способствовать похудению [Kazemi S. et al, 2017]. Что особенно важно, это действие кардамона сопровождалось улучшением настроения и общего самочувствия больных, улучшением их когнитивного функционирования, снижением уровней коморбидной депрессии и тревоги [Kazemi S. et al, 2017].

### *Розмарин*

Розмарином в кулинарии называют листья, цветки или молодые побеги растения Розмарин лекарственный, или Розмарин обыкновенный (*Rosmarinus officinalis*). Он обладает сильным пряным, сладковатым, камфорным ароматом, напоминающим аромат сосновой хвои, и очень пряным, острым, даже горьковатым или жгучим при передозировке вкусом.

Розмарин употребляется в кулинарии для ароматизации блюд из рыбы, овощных супов и блюд, бульонов, салатов, маринадов, мясного фарша, грибов, жареного или запечённого мяса, птицы, дичи, грибов, картофеля, мягких сыров и сдобного теста. Он является традиционной пряностью средиземноморской и ближневосточной кухонь.

В составе листьев и цветков розмарина обнаружены алкалоид розмарицин, урсоловая и розмариновая кислоты, а также такие соединения, как сальвигинин, розманол, цирсимаритин. Эфирное масло розмарина содержит  $\alpha$ -пинен (30%), камфен (20%), цинеол (10%), борнеол, L-камфору, кариофиллен, борнилацетат, лимонен, а также различные смолы и горечи.

Розмарин лекарственный обладает множеством фармакологических свойств. В частности, он повышает секрецию пищеварительных соков (желудочного, панкреатического, кишечного) и желчи, оказывает желчегонное и спазмолитическое действие, способствует улучшению пищеварения, обладает бактерицидными и противогрибковыми свойствами благодаря содержанию сильных фитонцидов, имеет сильные антиоксидантные свойства как *ex vivo* (например, предотвращает прогоркание масла), так и в организме. Он также увеличивает силу сердечных сокращений, стимулирует

дыхание, слегка повышает артериальное давление (в основном, вероятно, за счёт действия камфоры).

Показано, что розмарин обладает одновременно и лёгкими тонизирующими, психостимулирующими, и лёгкими седативными свойствами, уменьшает стресс, нервное напряжение, переутомление, усталость, а также проявления климактерического синдрома и синдрома предменструального напряжения у женщин. Розмарин и ряд выделенных из него соединений, в частности сальвигенин, розманол, цирсимаритин, обладают антидепрессивной, противотревожной и обезболивающей (анальгетической) активностью в экспериментах на животных. Механизм их действия обусловлен модулированием активности ГАМК-А рецепторов [Abdelhalim A. et al, 2015].

А-пинен, основной (до 30 % содержания) ароматический компонент эфирного масла розмарина, оказывает противовоспалительное действие, в том числе в ЦНС, снижает воспалительную активацию нейроглии, выделение таких воспалительных цитокинов, как фактор некроза опухоли- $\alpha$  (ФНО- $\alpha$ ), интерлейкины 1 и 6 (ИЛ-1, ИЛ-6), ингибирует синтазу оксида азота (II) и уменьшает образование оксида азота (NO), окислительный и нитрозативный стресс нейронов, ингибирует циклооксигеназу типа 2 (ЦОГ-2) и снижает образование простагландинов в экспериментальной модели депрессии у мышей, вызванной введением бактериального липополисахарида [Kim D.S. et al, 2015]. Это транслируется в его противотревожную, антидепрессивную и прокогнитивную активность в данной модели, в улучшение поведения и когнитивных функций экспериментальных животных [Kim D.S. et al, 2015].

Антидепрессивная и противотревожная активность розмарина проявляется и в других экспериментальных моделях депрессии на животных, в частности в моделях хронического непредсказуемого стресса, ольфакторной бульбэктомии (удаления обонятельной луковицы), социальной изоляции животных. При этом она оказалась сопоставима с антидепрессивной и противотревожной активностью флуоксетина. Это придаёт дополнительный вес традиционному использованию розмаринового чая или настоя в народной медицине для лечения депрессивных и тревожных состояний [Machado D.G. et al, 2012]. Показано, что соединения, содержащиеся в розмарине, воздействуют на различные моноаминергические системы мозга – серотониновую, норадреналиновую и дофаминовую, и приводят к повышению концентраций всех трёх моноаминов в ЦНС, и что антидепрессивное действие экстракта розмарина уменьшается или исчезает при введении экспериментальным животным блокаторов соответствующей

щих моноаминовых рецепторов или блокаторов биосинтеза моноаминов [Machado D.G. et al, 2009].

Ещё один важный компонент розмарина, карнозиновая кислота, является ингибитором матриксной металлопротеиназы 9-го типа (ММП-9), и в этом качестве, подобно миноциклину, оказывает противовоспалительное действие в ЦНС и суставах, тормозит воспалительную активацию нейтроглии при депрессиях, воспаление синовиальной ткани при артритах, замедляет развитие атеросклероза сосудов и утолщение их интимы при экспериментальном атеросклерозе [Yu Y.M. et al, 2008].

Розмарин также улучшает память, концентрацию внимания и когнитивные функции как у здоровых добровольцев, так и у пациентов с такими заболеваниями, как болезнь Альцгеймера, физиологическое возрастное когнитивное снижение, последствия ишемического инсульта или черепно-мозговых травм. В экспериментах на животных показано, что розмарин повышает содержание ацетилхолина в ЦНС, уменьшает окислительное повреждение нейронов и реактивный астроцитоз в таких моделях, как экспериментальная болезнь Альцгеймера [Huegel H.M., 2015], экспериментальный ишемический инсульт [Seyedemadi P. et al, 2016], повторные черепно-мозговые травмы [Song H. et al, 2016], физиологическое возрастное когнитивное снижение [Pengelly A. et al, 2012]. Ряд компонентов розмарина, в частности розмариновая кислота, лютеолин-7-О-глюкуронид, кофейная кислота, являются ингибиторами ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы [Ferlemi A.V. et al, 2015].

Розмарин также способствует улучшению сексуальной функции и коррекции психогенной и нейрогенной импотенции у мужчин, повышению содержания тестостерона в плазме крови мужчин [Basson R., Bronner G., 2015].

### **Базилик**

Базиликом в кулинарии называют зелень растения Базилик душистый (*Ocimum basilicum*). В кулинарии некоторых народов используют также другие представители семейства базиликовых, например, «священный тайский базилик», или туласи (*Ocimum tenuiflorum* или *Ocimum sanctum*), лимонный базилик (*Ocimum citriodorum* или *Ocimum africanum*), американский базилик (*Ocimum americanum*). Кроме того, у этих видов базилика существует множество сортов или культиваров, например, «анисовый базилик» (или «лакричный базилик»), «сладкий базилик», «африканский голубой базилик», «камфорный базилик», «коричный базилик», с соответствующими вариациями запаха.

Химический состав эфирного масла базилика очень сложный (один из самых сложных среди всех пряных растений). Кроме того, он сильно варьирует в зависимости не только от вида растения, но и от сорта (культивара) и условий произрастания. В частности, в нём обнаружены эвгенол (придающий запах гвоздики), цитраль (придающий запах мяты), лимонен (придающий запах лимона), камфора и камфен, цис-анетол и транс-анетол (придающие запах аниса или лакрицы), а также такие компоненты, как цитронеллол (ароматическое вещество розы, герани и цитронеллы), линалоол (главное ароматическое вещество кориандра), мирцен (главный ароматический компонент лаврового листа и мирсии),  $\alpha$ -пинен (дающий запах сосновой смоле),  $\beta$ -оцимен, терпинеол, линалилацетат, фенчилацетат, транс- $\beta$ -оцимен, 1,8-цинеол, метилэвгенол, метилхавикол,  $\beta$ -кариофиллен, метилциннамат и др.

В традиционной народной медицине многих народов, а также в древней индийской и персидской медицине, базилику приписывалось наличие, среди прочего, также антидепрессивных, противотревожных, успокаивающих и снотворных свойств, способность улучшать память, концентрацию внимания и когнитивные функции.

В исследованиях на животных показано, что водно-спиртовой экстракт и эфирное масло иранской разновидности базилика (содержащее 42,8% метилхавикола, 13% гераниала, 12,2% нерала, и 7,2%  $\beta$ -кариофиллена) действительно обладает выраженным противотревожным, успокаивающим и снотворным действием, сопоставимым с таковым у диазепамы, а также умеренными антидепрессивными свойствами, сопоставимыми с действием эсциталопрама, но уступающими имипрамину [Rabbani M. et al, 2015]. Кроме того, экстракт и эфирное масло базилика также улучшают память и обучаемость экспериментальных животных, повышают их интерес к окружающей обстановке и исследованию её новизны, уменьшают страх перед новым и незнакомым [Zahra K. et al, 2015]. В экспериментальной модели ишемического инсульта на мышах показано, что экстракт и эфирное масло базилика оказывают нейропротективное и антиоксидантное действие, уменьшают ишемическое повреждение мозга мышей, окислительный стресс и гибель нейронов, улучшают когнитивные и двигательные функции животных, перенёсших ишемию мозга [Bora K.S. et al, 2011].

В эфирном масле базилика обнаружены вещества, обладающие антихолинэстеразной активностью и повышающие содержание ацетилхолина в мозгу, а также сильные антиоксиданты. Показано, что эфирное масло и водно-спиртовой экстракт базилика улучшают когнитивные функции и

тормозят прогрессирование болезни в экспериментальной модели болезни Альцгеймера, а также уменьшают когнитивные нарушения, вызываемые такими М-холинолитиками, как скополамин [Singh V. et al, 2016].

В одном небольшом РКИ на здоровых добровольцах показано, что эфирное масло и экстракт священного тайского базилика действительно обладает традиционно приписывавшимися ему в тайской, тибетской и китайской медицине прокогнитивными, противотревожными и антистрессовыми свойствами, улучшает память, способность к решению интеллектуальных задач, снижает уровень кортизола в крови добровольцев и уровень их тревожности при выполнении задач [SamPATH S. et al, 2015].

### *Сельдерей*

Сельдереем в кулинарии называют корневища, стебли, листья и семена растения Сельдерей пахучий (*Apium graveolens*). В народной медицине многих европейских стран, включая Россию, этому растению издавна приписывалось наличие ряда полезных для здоровья свойств, в частности, мочегонного, желчегонного, противовоспалительного, общеукрепляющего, улучшающего зрение, пищеварение и сердечно-сосудистую деятельность. А в народной медицине Дании и других стран Центральной Европы ему также традиционно приписывалось наличие антидепрессивных и противотревожных свойств и способности улучшать память и когнитивные функции [Jäger A.K. et al, 2013]. Эти свойства экстракта, сока и эфирного масла сельдерея подтвердились в экспериментах на животных [Jäger A.K. et al, 2013].

Кроме того, было также показано, что экстракт, сок и эфирное масло сельдерея содержат, помимо каротиноидов, биофлавоноидов и других сильных антиоксидантов, также вещества, способные ингибировать моноаминоксидазу типа А (МАО-А), ацетилхолинэстеразу и ГАМК-трансферазу, и повышать содержание моноаминов, ацетилхолина и ГАМК в ЦНС экспериментальных животных [Boonguamkaew P. et al, 2017]. Это может объяснять их антидепрессивное, противотревожное и прокогнитивное действие [Jäger A.K. et al, 2013; Boonguamkaew P. et al, 2017].

В составе экстракта, сока и эфирного масла сельдерея обнаружен в значительных количествах L-3-п-бутилнафталид, проявляющий мощные антиоксидантные, гипотензивные, антиатеросклеротические, гиполипидемические и противодиабетические свойства [Zhang L. et al, 2012]. Это соединение также проявляет нейропротективную и прокогнитивную активность в экспериментальных моделях болезни Альцгеймера [Xiang J. et



al, 2014], сосудистой деменции [Zhang L. et al, 2012], вызванных диабетом или ожирением когнитивных нарушений [Li J. et al, 2015].

Сельдерей также содержит в значительных количествах фитоэстрогены. Экстракт или сок сельдерея рекомендуется в традиционной народной медицине в качестве средства для облегчения симптомов климакса и менопаузы или синдрома предменструального напряжения [Khalid Z. et al, 2016].

В литературе описан интересный случай женщины с депрессией (которая, как предполагалось до описываемого случая, носила характер униполярной, а не биполярной депрессии), которая достигла стабильной ремиссии на комбинации венлафаксина с экстрактом зверобоя (слабым растительным антидепрессантом, ингибитором МАО-А). Однако после самовольного подключения к терапии экстракта корня сельдерея, по поводу начавшегося климакса и связанных с ним симптомов, эта женщина испытала первый в своей жизни маниакальный эпизод, после чего её диагноз был изменен с рекуррентного депрессивного расстройства (РДР) на биполярное аффективное расстройство (БАР). Авторы связывают описанный случай индукции мании с усилением под влиянием экстракта сельдерея и содержащихся в нём фитоэстрогенов серотонинергической и норадренергической нейротрансмиссии (по аналогии с воздействием на моноаминовые системы эстрадиола), а также с наличием в экстракте сельдерея природных ингибиторов МАО-А, и резким повышением суммарной степени блокады МАО-А на фоне уже имеющегося в схеме экстракта зверобоя [Khalid Z. et al, 2016].

### **Гвоздика**

Гвоздикой в кулинарии называют высушенные нераспустившиеся бутоны цветков гвоздичного дерева, или растения Сизигиум ароматный (*Eugenia aromatica*, оно же *Syzygium aromaticum*). Эфирное масло гвоздики содержит от 72 % до 90 % эвгенола, в наибольшей степени ответственного за аромат гвоздики. Кроме того, оно содержит также метилсалицилат, ацетилэвгенол, β-кариофиллен, ванилин, кратеголовую кислоту, ряд танинов, таких, как бикорнин, галлотанная кислота, флавоноиды эвгенин, кемпферол, рамнетин, эвгенитин, ряд тритерпеноидов, таких, как олеаноловая кислота, стигмастерол, кампестерол, и ряд сесквитерпеновых соединений.

Эфирное масло гвоздики и эвгенол являются сильными антисептиками, антиоксидантами и консервантами, оказывают выраженное бактерицидное и противогрибковое действие, отпугивают насекомых. В этом качестве они по сей день применяются для консервации фармацевтиче-

ских препаратов (микстур и др.), изготовления бактерицидных раневых повязок, а также в стоматологической практике как местный антисептик в составе полосканий, зубных паст, составов для изготовления временных лечебных пломб и заполнения кариозных полостей и т.д.

Эвгенол, главный компонент эфирного масла гвоздики, достаточно токсичен в чистом виде. Так, доза 5–10 мл эфирного масла гвоздики способна вызвать тяжёлое, близкое к фатальному, отравление у двухлетнего ребёнка.

В традиционной китайской и индийской медицине бутонам гвоздичного дерева приписываются болеутоляющие, спазмолитические, ветрогонные, желчегонные, глистогонные свойства, противовоспалительное и противоревматическое действие. Им также приписывается наличие антидепрессивных, противотревожных, успокаивающих и одновременно тонизирующих, стимулирующих, энергизирующих свойств [Mehta A.K. et al, 2013].

В экспериментах на животных показано, что эфирное масло гвоздики и её водно-спиртовой экстракт действительно обладают антидепрессивной и психостимулирующей (амфетаминоподобной) активностью [Mehta A.K. et al, 2013]. Показано, что в реализации антидепрессивного и психостимулирующего эффектов эфирного масла и экстракта гвоздики участвуют все три основные моноаминергические системы мозга – серотонинергическая, дофаминергическая и норадренергическая. Под их влиянием повышается содержание в ЦНС всех трёх моноаминов. Антидепрессивное и психостимулирующее действие экстракта или эфирного масла гвоздики снижается или предотвращается введением блокаторов соответствующих рецепторов (галоперидола, празозина, кетансерина) [Victoria F.N. et al, 2013].

В другой экспериментальной модели было показано, что эфирное масло и экстракт гвоздики, традиционно входившие в состав смесей, применявшихся в японской медицине «кампо» при лечении тревожных и стрессовых состояний, действительно обладают противотревожными и лёгкими седативными свойствами. При скрининге травяных компонентов, входящих в состав этих смесей, было обнаружено, что эфирное масло и экстракт гвоздики содержат вещества, взаимодействующие с ГАМК-А рецепторами и 5-НТ<sub>3</sub> серотониновыми рецепторами [Hoffmann K.M. et al, 2016].

Кроме того, также было показано, что эфирное масло и экстракт гвоздики, а также выделенный из неё компонент бифлорин, улучшают когнитивные функции и память животных в экспериментальных моделях болезни Альцгеймера, вызванной скополамином амнезии и др. [Alikatte K.L. et al, 2012; Jeon S.J. et al, 2017].

Эфирное масло и водно-спиртовой экстракт гвоздики также обладают сильной антиоксидантной, противовоспалительной и противодиабетической активностью, снижают перекисное окисление липидов, образование свободных радикалов, гликирование белков в экспериментальной модели сахарного диабета, повышают чувствительность периферических тканей и ЦНС к инсулину, уменьшают вызванные сахарным диабетом когнитивные нарушения [Oboh G. et al, 2015].

### *Душистый перец (пимента)*

Душистым перцем, или английским перцем, пиментой, в кулинарии называют высушенные незрелые плоды (ягоды) растения Пимента лекарственная (*Pimenta dioica*, оно же *Pimenta pseudocaryophyllus*). Изначально родиной этого растения были Мексика, Ямайка, Карибские острова, Центральная и Южная Америка. В дальнейшем оно широко распространилось и ныне повсеместно возделывается в странах с тёплым и влажным, тропическим или субтропическим климатом, в особенности на Ближнем Востоке.

Эфирное масло пименты чрезвычайно сложно по составу (откуда происходит английское название пименты – *allspice*, буквально «все специи в одной» – по мысли британцев, аромат пименты сочетает в себе ароматы гвоздики, мускатного ореха и корицы). Одними из основных его компонентов являются эвгенол, изоэвгенол, метилизоэвгенол.

В народной медицине индейцев-ацтеков пименте приписывались, среди прочих, антидепрессивные и противотревожные свойства. Изучение эфирного масла пименты на животных подтвердило наличие у него противотревожной и антидепрессивной активности [Fajemiroye J.O. et al, 2014; 2016].

### *Список литературы / References*

1. Abdelhalim A. et al. Antidepressant, anxiolytic and antinociceptive activities of constituents from *Rosmarinus officinalis* //Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences. 2015. V. 18. №. 4, pp. 448–459.
2. Abdollahi Fard M., Shojaii A. Efficacy of Iranian traditional medicine in the treatment of epilepsy //BioMed research international. 2013. V. 2013.
3. Alikatte K.L. et al. Antiamnesic activity of *Syzygium cumini* against scopolamine induced spatial memory impairments in rats //Brain and Development. 2012. V. 34. №. 10, pp. 844–851.
4. Anderson R.A. et al. Cinnamon counteracts the negative effects of a high fat/high fructose diet on behavior, brain insulin signaling and Alzheimer-associated changes //PloS one. 2013. V. 8. №. 12. P. e83243.

5. Aydin E. et al. The effects of inhaled *Pimpinella peregrina* essential oil on scopolamine-induced memory impairment, anxiety, and depression in laboratory rats // *Molecular neurobiology*. 2016. V. 53. №. 9, pp. 6557–6567.
6. Bahramsoltani R. et al. Phytochemical constituents as future antidepressants: a comprehensive review // *Reviews in the Neurosciences*. 2015. V. 26. №. 6, pp. 699–719.
7. Bhutani M.K., Bishnoi M., Kulkarni S.K. Antidepressant like effect of curcumin and its combination with piperine in unpredictable chronic stress-induced behavioral, biochemical and neurochemical changes // *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2009. V. 92. №. 1, pp. 39–43.
8. Bin-Nan W. et al. Vaninlolol: a new selective  $\beta$ 1-adrenoceptor antagonist derived from vanillin // *Biochemical pharmacology*. 1994. V. 48. №. 1, pp. 101–109.
9. Boonruamkaew P. et al. *Apium graveolens* extract influences mood and cognition in healthy mice // *Journal of Natural Medicines*. 2017, pp. 1–14.
10. Bora K.S., Arora S., Shri R. Role of *Ocimum basilicum* L. in prevention of ischemia and reperfusion-induced cerebral damage, and motor dysfunctions in mice brain // *Journal of ethnopharmacology*. 2011. V. 137. №. 3, pp. 1360–1365.
11. Chavarria D. et al. Lessons from black pepper: piperine and derivatives thereof // *Expert opinion on therapeutic patents*. 2016. V. 26. №. 2, pp. 245–264.
12. De Monte P. et al. New insights into the biological properties of *Crocus sativus* L.: chemical modifications, human monoamine oxidases inhibition and molecular modeling studies // *European journal of medicinal chemistry*. 2014. V. 82, pp. 164–171.
13. de Moura J.P. et al. The blockade of transient receptor potential ankirin 1 (TRPA1) signalling mediates antidepressant-and anxiolytic-like actions in mice // *British journal of pharmacology*. 2014. V. 171. №. 18, P. 4289.
14. Fajemiroye J.O. et al. Anxiolytic and antidepressant like effects of natural food flavour (E)-methyl isoeugenol // *Food & function*. 2014. V. 5. №. 8, pp. 1819–1828.
15. Fajemiroye J. O. et al. Treatment of anxiety and depression: medicinal plants in retrospect // *Fundamental & clinical pharmacology*. 2016. V. 30. №. 3, pp. 198–215.
16. Ferlemi A.V. et al. Rosemary tea consumption results to anxiolytic-and antidepressant-like behavior of adult male mice and inhibits all cerebral area and liver cholinesterase activity; phytochemical investigation and in silico studies // *Chemico-biological interactions*. 2015. V. 237, pp. 47–57.
17. Fukui H., Toyoshima K., Komaki R. Psychological and neuroendocrinological effects of odor of saffron (*Crocus sativus*) // *Phytomedicine*. 2011. V. 18. №. 8, pp. 726–730.

18. Gamberini M.T. et al. Effects of the aqueous extract of *Pimpinella anisum* L. seeds on exploratory activity and emotional behavior in rats using the open field and elevated plus maze tests // *Journal of ethnopharmacology*. 2015. V. 168, pp. 45–49.
19. Gastón M.S. et al. Sedative effect of central administration of *Coriandrum sativum* essential oil and its major component linalool in neonatal chicks // *Pharmaceutical biology*. 2016. V. 54. №. 10, pp. 1954–1961.
20. Geromichalos G.D. et al. Saffron as a source of novel acetylcholinesterase inhibitors: molecular docking and in vitro enzymatic studies // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2012. V. 60. №. 24, pp. 6131–6138.
21. Ghoshegir S.A. et al. *Pimpinella anisum* in the treatment of functional dyspepsia: A double-blind, randomized clinical trial // *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2015. V. 20. №. 1. P. 13.
22. Gupta S. et al. Modulation of transient receptor potential vanilloid subtype 1 (TRPV1) and norepinephrine transporters (NET) protect against oxidative stress, cellular injury, and vascular dementia // *Current neurovascular research*. 2014. V. 11. №. 2, pp. 94–106.
23. Gupta S., Sharma B. Pharmacological benefits of agomelatine and vanillin in experimental model of Huntington's disease // *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2014. V. 122, pp. 122–135.
24. Healy D. *The creation of psychopharmacology*. Harvard University Press, 2009.
25. Hoffmann K.M. et al. Kambo Medicine: Evaluation of the Pharmacological Activity of 121 Herbal Drugs on GABAA and 5-HT3A Receptors // *Frontiers in pharmacology*. 2016. V. 7. P. 219.
26. Hosseinzadeh H., Noraei N.B. Anxiolytic and hypnotic effect of *Crocus sativus* aqueous extract and its constituents, crocin and safranal, in mice // *Phytotherapy Research*. 2009. V. 23. №. 6, pp. 768–774.
27. Huegel H.M. Brain food for Alzheimer-free ageing: focus on herbal medicines // *Natural Compounds as Therapeutic Agents for Amyloidogenic Diseases*. Springer International Publishing, 2015, pp. 95–116.
28. Ito N. et al. Antidepressant-like effect of l-perillaldehyde in stress-induced depression-like model mice through regulation of the olfactory nervous system // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011. V. 2011.
29. Jäger A.K. et al. Screening of plants used in Danish folk medicine to treat depression and anxiety for affinity to the serotonin transporter and inhibition of MAO-A // *Journal of ethnopharmacology*. 2013. V. 145. №. 3, pp. 822–825.
30. Jangra A. et al. Piperine augments the protective effect of curcumin against lipopolysaccharide-induced neurobehavioral and neurochemical deficits in mice // *Inflammation*. 2016. V. 39. №. 3, pp. 1025–1038.

31. Jawale A. et al. Reversal of diabetes-induced behavioral and neurochemical deficits by cinnamaldehyde //Phytomedicine. 2016. V. 23. №. 9, pp. 923–930.
32. Jayant S., Sharma B. M., Sharma B. Protective effect of transient receptor potential vanilloid subtype 1 (TRPV1) modulator, against behavioral, biochemical and structural damage in experimental models of Alzheimer's disease //Brain research. 2016. V. 1642. P. 397-408.
33. Jeon S.J. et al. Biflorin Ameliorates Memory Impairments Induced by Cholinergic Blockade in Mice //Biomolecules & therapeutics. 2017. V. 25. №. 3. P. 249.
34. Karimzadeh F. et al. Anticonvulsant and neuroprotective effects of Pimpinella anisum in rat brain //BMC complementary and alternative medicine. 2012. V. 12. №. 1. P. 76.
35. Kasmaei H.D. et al. Effects of Coriandrum sativum Syrup on Migraine: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial //Iranian Red Crescent Medical Journal. 2016. V. 18. №. 1.
36. Kazemi S. et al. Cardamom supplementation improves inflammatory and oxidative stress biomarkers in hyperlipidemic, overweight, and obese pre-diabetic women: A randomized double-blind clinical trial //Journal of the science of food and agriculture. 2017.
37. Khalid Z. et al. Celery root extract as an inducer of mania induction in a patient on venlafaxine and St John's Wort //Postgraduate medicine. 2016. V. 128. №. 7, pp. 682–683.
38. Khazdair M.R. et al. The effects of Crocus sativus (saffron) and its constituents on nervous system: A review //Avicenna journal of phytomedicine. 2015. V. 5. №. 5. P. 376.
39. Kim D.S. et al. Alpha-pinene exhibits anti-inflammatory activity through the suppression of MAPKs and the NF- $\kappa$ B pathway in mouse peritoneal macrophages //The American journal of Chinese medicine. 2015. V. 43. №. 04, pp. 731–742.
40. Kim Y.H., Park J.H. Vanillin and 4-hydroxybenzyl alcohol attenuate cognitive impairment and the reduction of cell proliferation and neuroblast differentiation in the dentate gyrus in a mouse model of scopolamine-induced amnesia //Anatomy & Cell Biology. 2017. V. 50. №. 2, pp. 143–151.
41. Kocaadam B., Şanlıer N. Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health //Critical reviews in food science and nutrition. 2017. V. 57. №. 13, pp. 2889–2895.
42. Koppula S., Choi D.K. Cuminum cyminum extract attenuates scopolamine-induced memory loss and stress-induced urinary biochemical changes in rats: a

- noninvasive biochemical approach //Pharmaceutical biology. 2011. V. 49. №. 7, pp. 702–708.
43. Laribi B. et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents //Fitoterapia. 2015. V. 103, pp. 9–26.
  44. Lechtenberg M. et al. Quality and functionality of saffron: quality control, species assortment and affinity of extract and isolated saffron compounds to NMDA and  $\sigma_1$  (sigma-1) receptors //Planta Medica. 2008. V. 74. №. 07, pp. 764–772.
  45. Li G. et al. Synergistic antidepressant-like effect of ferulic acid in combination with piperine: involvement of monoaminergic system //Metabolic brain disease. 2015. V. 30. №. 6, pp. 1505–1514.
  46. Li J. et al. Effects of L-3-n-butylphthalide on cognitive dysfunction and NR2B expression in hippocampus of streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats //Cell biochemistry and biophysics. 2015. V. 71. №. 1, pp. 315–322.
  47. Liu Q.F. et al. *Coriandrum sativum* suppresses A $\beta$ 42-induced ROS increases, glial cell proliferation, and ERK activation //The American journal of Chinese medicine. 2016. V. 44. №. 07, pp. 1325–1347.
  48. López V. et al. Exploring pharmacological mechanisms of lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil on central nervous system targets //Frontiers in pharmacology. 2017. V. 8. P. 280.
  49. Lopresti A.L. Curcumin for neuropsychiatric disorders: a review of in vitro, animal and human studies //Journal of Psychopharmacology. 2017. V. 31. №. 3, pp. 287–302.
  50. Lopresti A.L. Salvia (Sage): A review of its potential cognitive-enhancing and protective effects //Drugs in R&D. 2017, pp. 1–12.
  51. Lopresti A.L., Drummond P.D. Efficacy of curcumin, and a saffron/curcumin combination for the treatment of major depression: A randomised, double-blind, placebo-controlled study //Journal of affective disorders. 2017. V. 207, pp. 188–196.
  52. Machado D.G. et al. Antidepressant-like effect of the extract of *Rosmarinus officinalis* in mice: involvement of the monoaminergic system // Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry. 2009. V. 33. №. 4, pp. 642–650.
  53. Machado D.G. et al. *Rosmarinus officinalis* L. hydroalcoholic extract, similar to fluoxetine, reverses depressive-like behavior without altering learning deficit in olfactory bulbectomized mice //Journal of ethnopharmacology. 2012. V. 143. №. 1, pp. 158–169.
  54. Malik J., Munjal K., Deshmukh R. Attenuating effect of standardized lyophilized *Cinnamomum zeylanicum* bark extract against streptozotocin-induced

- experimental dementia of Alzheimer's type // *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*. 2015. V. 26. №. 3, pp. 275–285.
55. Mao Q.Q. et al. Piperine reverses the effects of corticosterone on behavior and hippocampal BDNF expression in mice // *Neurochemistry international*. 2014. V. 74, pp. 36–41.
56. Matsumura S. et al. Search for  $\beta$ -Secretase Inhibitors from Natural Spices // *Natural product communications*. 2016. V. 11. №. 4, pp. 507–510.
57. Mehta A.K. et al. The effect of the essential oil of *Eugenia caryophyllata* in animal models of depression and locomotor activity // *Nutritional neuroscience*. 2013. V. 16. №. 5, pp. 233–238.
58. Mohan M., Yarlagadda S., Chintala S. Effect of ethanolic extract of *Coriandrum sativum* L. on tacrine induced orofacial dyskinesia // *Indian journal of experimental biology*. 2015. V. 53. №. 5. P. 292.
59. Mosaffa-Jahromi M. et al. Effectiveness of Anise Oil for Treatment of Mild to Moderate Depression in Patients With Irritable Bowel Syndrome: A Randomized Active and Placebo-Controlled Clinical Trial // *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*. 2017. V. 22. №. 1, pp. 41–46.
60. Muszyńska B. et al. Natural products of relevance in the prevention and supportive treatment of depression // *Psychiatr. Pol.* 2015. V. 49. №. 3, pp. 435–453.
61. Ng Q.X. et al. Clinical Use of Curcumin in Depression: A Meta-Analysis // *Journal of the American Medical Directors Association*. 2017. V. 18. №. 6, pp. 503–508.
62. Oboh G. et al. Essential oil from clove bud (*Eugenia aromatica* Kuntze) inhibit key enzymes relevant to the management of type-2 diabetes and some pro-oxidant induced lipid peroxidation in rats pancreas in vitro // *Journal of oleo science*. 2015. V. 64. №. 7, pp. 775–782.
63. Panossian A. et al. Comparative study of *Rhodiola* preparations on behavioral despair of rats
64. Pengelly A. et al. Short-term study on the effects of rosemary on cognitive function in an elderly population // *Journal of medicinal food*. 2012. V. 15. №. 1, pp. 10–17.
65. Perveen T. et al. Repeated administration of *Nigella sativa* decreases 5-HT turnover and produces anxiolytic effects in rats // *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2009. V. 22. №. 2.
66. Pourgholami M. H. et al. The fruit essential oil of *Pimpinella anisum* exerts anticonvulsant effects in mice // *Journal of ethnopharmacology*. 1999. V. 66. №. 2, pp. 211–215.



67. Pourzaki M. et al. Preventive effect of *Coriandrum sativum* on neuronal damages in pentylenetetrazole-induced seizure in rats // *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2017. V. 7. №. 2. P. 116.
68. Rabbani M., Sajjadi S. E., Vaezi A. Evaluation of anxiolytic and sedative effect of essential oil and hydroalcoholic extract of *Ocimum basilicum* L. and chemical composition of its essential oil // *Research in pharmaceutical sciences*. 2015. V. 10. №. 6. P. 535.
69. Sampath S. et al. Holy basil (*Ocimum sanctum* Linn.) leaf extract enhances specific cognitive parameters in healthy adult volunteers: A placebo controlled study // *Indian journal of physiology and pharmacology*. 2015. V. 59. №. 1. P. 69.
70. Seyedemadi P. et al. The Neuroprotective Effect of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Hydro-alcoholic Extract on Cerebral Ischemic Tolerance in Experimental Stroke // *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*. 2016. V. 15. №. 4. P. 875.
71. Shahamat Z., Abbasi-Maleki S., Motamed S. M. Evaluation of antidepressant-like effects of aqueous and ethanolic extracts of *Pimpinella anisum* fruit in mice // *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2016. V. 6. №. 3. P. 322.
72. Shao Y. et al. Thymoquinone attenuates brain injury via an antioxidative pathway in a status epilepticus rat model // *Translational Neuroscience*. 2017. V. 8. №. 1, pp. 9–14.
73. Shoeb A. et al. Evaluation of antidepressant activity of vanillin in mice // *Indian journal of pharmacology*. 2013. V. 45. №. 2. P. 141.
74. Shojaii A., Abdollahi Fard M. Review of pharmacological properties and chemical constituents of *Pimpinella anisum* // *ISRN pharmaceuticals*. 2012. V. 2012.
75. Silva N. R. Chocolate consumption and effects on serotonin synthesis // *Archives of internal medicine*. 2010. V. 170. №. 17, pp. 1608–1609.
76. Singh V. et al. Evaluation of anti-amnesic effect of extracts of selected *Ocimum* species using in-vitro and in-vivo models // *Journal of ethnopharmacology*. 2016. V. 193, pp. 490–499.
77. Song H. et al. Rosemary extract improves cognitive deficits in a rat's model of repetitive mild traumatic brain injury associated with reduction of astrocytosis and neuronal degeneration in hippocampus // *Neuroscience letters*. 2016. V. 622, pp. 95–101.
78. Taherian A.A., Vafaei A.A., Ameri J. Opiate system mediate the antinociceptive effects of *Coriandrum sativum* in mice // *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*. 2012. V. 11. №. 2. P. 679.
79. Victoria F.N. et al. Involvement of serotonergic and adrenergic systems on the antidepressant-like effect of *E. uniflora* L. leaves essential oil and

- further analysis of its antioxidant activity // *Neuroscience letters*. 2013. V. 544, pp. 105–109.
80. Wang H. et al. Protection effect of piperine and piperlongumine from *Piper longum* L. alkaloids against rotenone-induced neuronal injury // *Brain research*. 2016. V. 1639, pp. 214–227.
81. Waye A. et al. Canadian boreal pulp and paper feedstocks contain neuroactive substances that interact in vitro with GABA and dopaminergic systems in the brain // *Science of the Total Environment*. 2014. V. 468, pp. 315–325.
82. Xiang J. et al. L-3-n-butylphthalide improves cognitive impairment of APP/PS1 mice by BDNF/TrkB/PI3K/AKT pathway // *International journal of clinical and experimental medicine*. 2014. V. 7. №. 7. P. 1706.
83. Xu J. et al. Vanillin-induced amelioration of depression-like behaviors in rats by modulating monoamine neurotransmitters in the brain // *Psychiatry research*. 2015. V. 225. №. 3, pp. 509–514.
84. Xu Y. et al. Piperine potentiates the effects of trans-resveratrol on stress-induced depressive-like behavior: involvement of monoaminergic system and cAMP-dependent pathway // *Metabolic brain disease*. 2016. V. 31. №. 4. P. 837.
85. Yadav V. et al. Preventive potentials of piperlongumine and a *Piper longum* extract against stress responses and pain // *Journal of traditional and complementary medicine*. 2016. V. 6. №. 4, pp. 413–423.
86. Yao Y. et al. Cinnamic aldehyde treatment alleviates chronic unexpected stress-induced depressive-like behaviors via targeting cyclooxygenase-2 in mid-aged rats // *Journal of ethnopharmacology*. 2015. V. 162, pp. 97–103.
87. Yi L. T. et al. Orthogonal array design for antidepressant compatibility of polysaccharides from *Banxia-Houpu* decoction, a traditional Chinese herb prescription in the mouse models of depression // *Archives of pharmacal research*. 2009. V. 32. №. 10. P. 1417.
88. Yu Y.M., Lin H.P., Chang W.P. Carnosic acid prevents the migration of human aortic smooth muscle cells by inhibiting the activation and expression of matrix metalloproteinase-9 // *British journal of nutrition*. 2008. V. 100. №. 4, pp. 731–738.
89. Zahra K., Khan M.A., Iqbal F. Oral supplementation of *Ocimum basilicum* has the potential to improve the locomotory, exploratory, anxiolytic behavior and learning in adult male albino mice // *Neurological Sciences*. 2015. V. 36. №. 1, pp. 73–78.
90. Zargar-Nattaj S.S. et al. The effect of *Coriandrum sativum* seed extract on the learning of newborn mice by electric shock: interaction with caffeine and diazepam // *Psychology research and behavior management*. 2011. V. 4. P. 13.

91. Zhang L. et al. Effects of DL-3-n-butylphthalide on vascular dementia and angiogenesis //Neurochemical research. 2012. V. 37. №. 5, pp. 911–919.
92. Zhang L. et al. Trans-cinnamaldehyde improves memory impairment by blocking microglial activation through the destabilization of iNOS mRNA in mice challenged with lipopolysaccharide //Neuropharmacology. 2016. V. 110, pp. 503–518.
93. Zhang W.K. et al. Nutmeg oil alleviates chronic inflammatory pain through inhibition of COX-2 expression and substance P release in vivo //Food & nutrition research. 2016. V. 60. №. 1. P. 30849.

### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Беккер Роман Александрович**, магистр в области компьютерных наук, исследователь в области психофармакотерапии  
*Университет им. Давида Бен-Гуриона в Негеве*  
*а/я 653, Беер-Шева, 8410501, Израиль*  
*rbekker1@gmail.com*

**Быков Юрий Витальевич**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и скорой медицинской помощи  
*Ставропольский Государственный Медицинский Университет*  
*ул. Мира, 310, г. Ставрополь, Ставропольский край, Российская Федерация*  
*yubykov@gmail.com*

### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Bekker Roman Aleksandrovich**, M.Sc., Researcher  
*Ben-Gurion University of the Negev*  
*P.O.B. 653, Beer-Sheva, 8410501, Israel*  
*rbekker1@gmail.com*  
*ORCID: 0000-0002-0773-3405*  
*ResearcherID: J-7724-2016*

**Bykov Yuriy Vitalevich**, PhD, Assistant of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medical Care  
*Stavropol State Medical University*  
*310, Mira Str., Stavropol, Russian Federation*  
*yubykov@gmail.com*  
*ORCID: 0000-0003-4705-3823*  
*ResearcherID: K-1888-2016*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-124-135

УДК 631.8

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ РОДА *LIGULARIA*

*Рейт А.А.*

*В статье приводятся результаты изучения влияния современных регуляторов роста растений (Домоцвет, Эпин-экстра, Циркон, Рибав-экстра, Экогель) на всхожесть семян и морфометрические параметры декоративных культур на примере представителей рода *Ligularia* Cass. Исследования проводили в 2016-2017 годах на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН. Объектами исследования стали семена трех видов рода *Ligularia* (*L. dentata*, *L. fischeri*, *L. przewalskii*). Предпосевную обработку семян проводили путем их замачивания в растворах регуляторов роста при комнатной температуре по следующей схеме: Домоцвет, норма расхода – 1 мл на 10 л воды, замачивание семян на 4 часа; Эпин-экстра, норма расхода – 1 мл на 2 л воды, замачивание семян на 4 часа; Циркон, норма расхода – 1 мл на 4 л воды, замачивание семян на 4 часа; Рибав-экстра, норма расхода – 1 мл на 10 л воды, замачивание семян на 2 часа; Экогель, норма расхода – 20 мл на 1 л воды, замачивание семян на 6 часов; контроль (вода), замачивание семян на 4 часа. Показано, что самыми результативными на всхожесть семян оказались препараты Домоцвет и Рибав-экстра, они повысили всхожесть у всех изученных видов в 1,1–1,8 раза. На биоморфологические показатели наиболее эффективными оказались препараты Домоцвет, Эпин-экстра и Рибав-экстра. Они увеличили высоту растений в 1,1–1,7 раза; длину главного корня в 1,2 раза; количество корней в 1,1–2,2 раза; длину и ширину листа в 1,2–1,6 и 1,2–2,1 раза соответственно. Таким образом, отмечено положительное влияние регуляторов роста растений на всхожесть семян и биоморфологические показатели некоторых представителей рода *Ligularia*.*

**Ключевые слова:** *Ligularia*; регуляторы роста растений; всхожесть семян; морфометрия.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS ON SOME SPECIES OF GENUS *LIGULARIA*

*Reut A.A.*

*The article presents the results of studying the influence of modern plant growth regulators (Domostvet, Epin-Extra, Zircon, Ribav-Extra, Ecogel) on seed germination and morphometric parameters of ornamental plants by the example of representatives of the genus Ligularia Cass. The research was carried out in 2016–2017 on the basis of the South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences. The subjects of the study were the seeds of three species of the genus Ligularia (L. dentata, L. fischeri, L. przewalskii). Presowing treatment of the seeds was carried out by soaking them in solutions of plant growth regulators at room temperature according to the following scheme: Domostvet, the rate of application is 1 ml per 10 liters of water, soaking the seeds for 4 hours; Epin-Extra, the rate of application is 1 ml per 2 liters of water, soaking the seeds for 4 hours; Zircon, the rate of application is 1 ml per 4 liters of water, soaking the seeds for 4 hours; Ribav-Extra, the rate of consumption is 1 ml per 10 liters of water, soaking seeds for 2 hours; Ecogel, consumption rate – 20 ml per 1 liter of water, soaking seeds for 6 hours; control (water), soaking the seeds for 4 hours. It was shown that preparations Domostvet and Ribav-Extra were the most effective for seed germination, they increased the germination capacity of all studied species by 1,1–1,8 times. On biomorphological indicators were the most effective preparations Domostvet, Epin-Extra and Ribav-Extra. They increased the height of plants in 1,1–1,7 times; the length of the main root is 1,2 times; the number of roots in 1,1–2,2 times; length and width of the sheet in 1,2–1,6 and 1,2–2,1 times, respectively. Thus, the positive influence of plant growth regulators on seed germination and some biomorphological indices of some representatives of the genus Ligularia was noted.*

**Keywords:** *Ligularia; plant growth regulators; seed germination; morphometry.*

### Введение

Интродукция и акклиматизация растений в настоящее время является важным теоретическим и практическим вопросом биологии. При интродукции растений их выживание в новых районах зависит от соответствия

всего комплекса внешних факторов потребностей интродуцентов [1]. В новых климатических условиях у растений меняются некоторые эколого-биологические особенности: сроки цветения, плодоношения, репродуктивные возможности, продолжительность жизненного цикла. Исследования данных параметров у малоизученных интродуцентов позволяет оценить степень их приспособленности к внешним факторам [2]. Для ускорения роста и цветения, улучшения хозяйственно-ценных свойств, повышения декоративности, защиты растений от вредителей и болезней используют различные препараты (химические и микробиологические стимуляторы), которые могут являться и протекторами, повышающими резистентность растительного организма [3–5].

Литературные данные по проращиванию семян видов бузульника многочисленны, у большинства видов вопросы семенного размножения изучены слабо. В «Справочнике по проращиванию покоящихся семян» М.Г. Николаевой, М.В. Разумовой и В.Н. Гладковой [6] упоминается только один вид – *Ligularia sibirica* (L.) Cass., для которого рекомендуется стратификация при 4°C в течение 2 месяцев.

Известно, что многие регуляторы роста растений повышают всхожесть семян, способствуют формированию здоровых, крепких всходов и сокращают время их появления, что, в конечном счете, ведет к повышению декоративности травянистых цветочных культур [7–9]. Влияние регуляторов роста на морфометрические параметры представителей рода *Ligularia* до настоящего времени не изучали.

**Цель работы** – изучение влияния современных регуляторов роста растений (РРР) на всхожесть семян и морфометрические параметры декоративных культур на примере представителей рода *Ligularia* Cass.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования стали семена трех видов рода *Ligularia* (*L. dentata* (A. Gray) Naga – бузульник зубчатый, *L. fischeri* (Ledeb.) Turcz. – бузульник Фишера, *L. przewalskii* (Maxim.) Diels – бузульник Пржевальского. Семена были получены по Международному обменному фонду (делектус) из Ботанического сада г. Байройт (Германия).

*Ligularia dentata* (A. Gray) Naga. Родина – Китай, Япония [10, 11]. Растение до 100 см высотой. Листья крупные, почковидные, собраны в прикорневую розетку. Соцветия – корзинки 7–8 см в диаметре, собраны в метельчатое соцветие. Язычковые цветки светло-желтые, трубчатые – светло-коричневые. Цветет в августе – сентябре 30 дней. Плодоносит.

*Ligularia przewalskii* (Maxim.) Diels. Родина – Монголия, Северный Китай [12]. Многолетнее травянистое растение до 150 см высотой. Отличается изящными, сильно разрезанными остропальчатыми листьями на тонких красно-коричневых черешках. Корзинки мелкие, желтые, собраны в колосовидные, узкие соцветия до 50–70 см длиной, верхушки которых слегка обвисают. Цветение начинается с конца июня и продолжается в течение 30 дней.

*Ligularia fischeri* (Ledeb.) Turcz. Родина – Сибирь, Дальний Восток, Монголия, Китай, Япония [13]. Многолетнее растение высотой 60–110 см. Розеточные листья сердцевидные, 12–23 см длиной и 10–25 см шириной, на верхушке закругленные или коротко заостренные, на тонких длинных черешках. Соцветие – плотная или редкая кисть из 5–45 корзиночек. Корзинки вместе с язычковыми цветками 2,5–4,0 см в диаметре. Язычковые цветки ярко-желтые, с отгибом. Цветение и плодоношение обильные.

В климатическом отношении район характеризуется большой амплитудой колебаний температуры в ее годовом ходе, неустойчивостью и недостатком атмосферных осадков, быстрым переходом от суровой зимы к жаркому лету, поздними весенними (2 июня) и ранними осенними (1 сентября) заморозками [14, 15]. В геологическом строении принимают участие пермские известняки; почвообразующими породами служат элювий и делювиальные желто-бурые тяжелые суглинки, перекрывающие коренные породы пермской системы. Содержание гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте серых лесных почв 3–5,5%, а в почвах, находящихся под лесом – 6–7%. Реакция среды слабокислая или близкая к нейтральной [16].

Исследования проводили в 2016-2017 годах на базе Южно-Уральского ботанического сада-института - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН).

Весной 2016 года (третья декада марта) семена высевали в посадочные ящики (почвенный субстрат) в условиях защищенного грунта (производственная теплица). Предпосевную обработку семян проводили путем их замачивания в растворах РРР при комнатной температуре по следующей схеме:

1) Домоцвет (действующее вещество – гидроксикоричные кислоты, 0,05 г/л); норма расхода – 1,0 мл на 10 л воды, замачивание семян на 4 часа;

2) Эпин-экстра (д.в. – 24-эпибрассиномид, 0,025 г/л); норма расхода – 1,0 мл на 2 л воды, замачивание семян на 4 часа;

3) Циркон (д.в. – гидроксикоричные кислоты, 0,1 г/л); норма расхода – 1,0 мл на 4 л воды, замачивание семян на 4 часа;

4) Рибав-экстра (д.в. – L-аланин, 0,00152 г/л и L-глутаминовая кислота, 0,00196 г/л); норма расхода – 1,0 мл на 10 л воды, замачивание семян на 2 часа;

5) Экогель (д.в. – лактатахитозан, 30 г/л); норма расхода – 20,0 мл на 1 л воды, замачивание семян на 6 часов;

6) контроль (водопроводная вода); замачивание семян на 4 часа.

Данные препараты включены в список регуляторов роста растений и находятся в свободной продаже в торговой сети [17, 18]. Для каждого варианта опыта отбиралось по 50 шт. семян. Посев производили строчками в ящики, располагая их через 5 см. Глубина заделки семян 3–4 см. Повторность опытов трехкратная. В качестве контроля высевали семена, не подвергавшиеся предпосевной обработке стимуляторами роста. Через месяц по каждому варианту определяли всхожесть семян. Через три месяца у 25 сеянцев из каждого варианта опыта измеряли некоторые морфометрические параметры: высоту растений, длину и количество корней, длину, ширину и количество листьев. Статистическая обработка данных была выполнена в программе MS EXCEL 97 с использованием стандартных показателей [19]. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента при  $P = 0,95$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате опытов было выявлено, что на всхожесть семян изученных видов бузульника только некоторые регуляторы роста оказали положительное влияние. Самыми эффективными препаратами оказались Домоцвет и Рибав-экстра, они повысили всхожесть у всех видов бузульника в 1,1–1,8 раза. Самым восприимчивым стал *L. fisheri*: всхожесть семян увеличилась в 1,8 раза по сравнению с контролем (табл.).

Таблица.

#### Влияние регуляторов роста на всхожесть семян и биоморфологические показатели видов рода *Ligularia*

Параметры	Варианты опыта					
	контроль	Домо-цвет	Эпин-экстра	Циркон	Рибав-экстра	Экогель
<i>Ligularia dentata</i>						
Всходы, %	9	10	12	9	10	8
Высота растения, см	20,1±5,2	21,2±5,1	22,1±6,3	16,1±4,2	21,4±5,6	14,6±4,1
Длина главного корня, см	10,3±2,8	12,5±3,5	13,2±3,7	13,2±3,7	10,2±2,7	11,2±3,1



Окончание табл.

Количество корней, шт.	9,1±2,6	15,4±4,4	20,2±6,1	17,3±5,1	10,2±3,1	7,1±1,9
Длина листа, см	4,5±1,2	7,2±1,9	5,5±1,5	4,3±1,1	7,3±1,9	4,1±1,1
Ширина листа, см	5,2±1,4	8,3±1,2	8,2±1,2	4,2±1,1	10,3±2,9	4,5±1,2
Количество листьев, шт.	4,2±1,1	4,1±1,1	3,3±0,8	3,2±0,8	5,4±1,5	3,1±0,8
Количество побегов, шт.	1	1	1	1	1	1
<i>Ligularia fischeri</i>						
Всходы, %	8	9	7	3	14	9
Высота растения, см	12,3±3,5	21,3±5,9	15,4±4,5	11,2±3,2	15,5±4,5	16,2±4,6
Длина главного корня, см	13,2±3,7	15,3±4,4	10,3±2,9	12,4±3,5	7,1±1,9	11,3±3,1
Количество корней, шт.	14,1±4,1	20,4±5,9	17,2±4,9	15,4±3,6	16,3±4,6	12,3±3,5
Длина листа, см	5,2±1,4	7,5±2,1	6,1±1,7	5,3±1,4	6,4±1,8	6,4±1,7
Ширина листа, см	6,2±1,7	9,3±2,5	7,1±1,9	5,3±1,4	9,5±2,6	7,5±2,1
Количество листьев, шт.	4,1±1,1	4,2±1,1	3,3±0,8	3,2±0,8	3,1±0,8	3,2±0,8
Количество побегов, шт.	1	1	1	1	1	1
<i>Ligularia przewalskii</i>						
Всходы, %	14	15	12	18	20	14
Высота растения, см	18,2±5,2	19,1±5,2	21,5±6,2	16,4±4,6	19,4±5,6	17,3±4,9
Длина главного корня, см	6,3±1,6	7,2±1,6	6,2±1,6	6,1±1,6	5,3±1,4	6,2±1,9
Количество корней, шт.	11,6±3,3	20,2±5,9	12,3±3,5	20,3±5,8	15,6±4,5	11,1±3,3
Длина листа, см	5,2±1,3	6,3±1,6	8,2±2,3	4,5±1,2	6,5±1,2	6,5±1,2
Ширина листа, см	4,5±1,2	5,8±1,6	9,2±2,5	6,1±1,6	5,5±1,5	6,5±1,8
Количество листьев, шт.	4,4±1,2	4,5±1,2	5,4±1,5	4,3±1,2	3,6±0,9	5,4±1,5
Количество побегов, шт.	1	1	1	1	1	1

На показатель «высота растения» из всех изученных регуляторов роста положительное влияние оказали четыре препарата. Самыми результативными из них оказались Домоцвет, Эпин-экстра и Рибав-экстра. Они увеличили высоту растений у всех видов бузульника в 1,1–1,7 раза. Самым восприимчивым оказался *L. fischeri*: высота растений увеличилась в 1,7 раза по сравнению с контролем.

На показатель «длина главного корня» у всех изученных видов положительное влияние оказал препарат Домоцвет, он увеличил длину корня в 1,2 раза по сравнению с контролем. Самым восприимчивым стал *L. dentata*: на данный вид повлияли еще три регулятора роста (Эпин-экстра, Циркон, Экогель): они увеличили длину главного корня в 1,1–1,3 раза по сравнению с контролем.

На показатель «количество корней» четыре из изученных препарата оказали положительное влияние (Домоцвет, Эпин-экстра, Циркон, Рибав-экстра), они увеличили количество корней всех изученных видов

бузульника в 1,1–2,2 раза. Самым восприимчивым стал *L. dentata*: количество корней увеличилось в 2,2 раза по сравнению с контролем.

На показатели «длина и ширина листа» у всех изученных видов положительно повлияли три препарата (Домоцвет, Эпин-экстра, Рибав-экстра), они увеличили данные показатели в 1,2–1,6 и 1,2–2,1 раза соответственно. Препарат Экогель увеличил изучаемые показатели в 1,2–1,4 раза только у двух видов *L. fischeri* и *L. przewalskii*. Самым восприимчивым стал *L. przewalskii*: длина и ширина листьев увеличились в 1,6–2,1 раза по сравнению с контролем.

На показатель «количество листьев» положительное влияние оказали три регулятора роста, причем только у двух изученных видов: Рибав-экстра увеличил данный показатель у *L. dentata* в 1,3 раза, Эпин-экстра и Экогель – у *L. przewalskii* в 1,2 раза.

Аналогичные данные были получены на других декоративных культурах (хоста, ирис, гейхера, примула, пион) [20–23].

### Заключение

Таким образом, отмечено положительное влияние регуляторов роста растений на всхожесть семян и биоморфологические показатели некоторые видов бузульника. Выявлено, что самыми результативными на всхожесть семян оказались препараты Домоцвет и Рибав-экстра, они повысили всхожесть у всех изученных видов бузульника (*L. dentata*, *L. fischeri*, *L. przewalskii*) в 1,1–1,8 раза. На биоморфологические показатели, такие как высота растения, длина главного корня, количество корней, длина и ширина листа наиболее эффективными оказались препараты Домоцвет, Эпин-экстра и Рибав-экстра. Они увеличили высоту растений в 1,1–1,7 раза; длину главного корня в 1,2 раза; количество корней в 1,1–2,2 раза; длину и ширину листа в 1,2–1,6 и 1,2–2,1 раза соответственно.

Полученные результаты по изучению влияния регуляторов роста растений на продуктивность бузульников неоднозначны для разных видов. Тем не менее, можно считать, что применение PPP на бузульниках является достаточно перспективным направлением для практики растениеводства. Однако использовать их необходимо с учетом видовой реакции растений, что обеспечит наибольшую целесообразность и эффективность применения.

### Список литературы

1. Реут А.А., Миронова Л.Н. Некоторые результаты использования регуляторов роста в цветоводстве // Материалы VI международной научной кон-

- ференции «Цветоводство: традиции и современность». Волгоград, 2013. С. 388–391.
2. Реут А.А., Миронова Л.Н. К вопросу повышения продуктивности представителей рода *Hosta* Tratt. при культивировании в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2014. № 7. С. 6–12.
  3. Ступин А.С. Использование регуляторов роста растений // В сборнике: Юбилейный сборник научных трудов студентов, аспирантов и преподавателей агроэкологического факультета, посвященный 110-летию со дня рождения профессора Травина И.С. Рязань, 2010. С. 150–152.
  4. Шаповалов А.А., Зубкова Н.Ф. Отечественные регуляторы роста растений // Агрехимия. 2003. № 11. С. 33–47.
  5. Усова К.А., Белопухов С.Л. Обзор регуляторов роста растений, применяемых на цветочно-декоративных культурах // Материалы XXXIX Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Инновационный путь развития АПК». Ярославль, 2016. С. 121–124.
  6. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Ленинград: Наука, 1985. С. 85.
  7. Поломошнова Н.Ю., Кисова С.В., Бессмольная М.Я., Бордакова А.А. Влияние регуляторов роста на рост и развитие цветочных культур // Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 100-летию заслуженного деятеля науки Бурятской АССР, профессора Н.В. Барнакова «Инновационные аспекты агрономии в повышении продуктивности растений и качества продукции в Сибири». Улан-Удэ, 2015. С. 101–102.
  8. Ніколайчук В.І., Гейник Л.В., Горбатенко І.Ю. Вивчення регулюючої ролі та розвиток рослин дії етиленпродуцента ретпролу // Физиология и биохимия культурных растений. 1999. Т. 31, № 4. С. 281–284.
  9. Іванюк Т.В. Рістрегулюючі та фунгібактерицидні властивості іфонію та іфонілію як перспективних етиленпродуцентів у технології вирощування озимої пшениці // Физиология и биохимия культурных растений. 1998. Т. 30, № 6. С. 450–456.
  10. Полетико О.М., Мишенкова А.П. Декоративные травянистые растения открытого грунта: Справочник по номенклатуре родов и видов. Л.: Наука, 1967. 208 с.
  11. Min T. *Ligularia* Cass. // Flora Yunnanica. Beijing, 2004. Vol. 13, pp. 466–515.
  12. Liu S.W., Deng D.S., Liu J.Q. The origin, evolution and distribution of *Ligularia* Cass. (Compositae) // Acta Phytotax. Sin. 1994. Vol. 32. N 6, pp. 514–524.
  13. Cui B. *Ligularia* Cass. // Flora Heilongjiangensis. Harbin, 1998. Vol. 9, pp. 224–230.
  14. Реут А.А., Миронова Л.Н. К вопросу повышения продуктивности представителей рода *Iris* L. при культивировании в Башкирском Предуралье

- // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 3–3. С. 101–104.
15. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН / Под ред. В.П. Путенихина. Уфа: Информреклама, 2005. 224 с.
  16. Яппаров Ф.Ш., Хайбуллин Р.И., Мукатанов А.Х. Рациональное использование почвенных ландшафтов ботанических садов // Ботанические исследования на Урале. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 128 с.
  17. Дорожкина Л.А., Янишевская О.Л., Шарафутдинов Х.В., Янишевский В.П. Оценка эффективности регулятора роста растений Домоцвет на культуре ипомеи // Гавриш. 2008. № 2. С. 14–15.
  18. Шакирова Ф.М. Регуляторы роста в адаптивной стратегии растениеводства. Уфа: Гилем, 2009. 124 с.
  19. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
  20. Реут А.А., Миронова Л.Н. Исследование влияния нового регулятора роста на декоративные растения // Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXIII Международной специальной выставки «АгроКомплекс-2013» «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК». Уфа, 2013. С. 123–126.
  21. Реут А.А., Миронова Л.Н. Новый способ повышения семенной продуктивности пионов в Башкортостане // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40, № 1. С. 265–268.
  22. Мамаев С.А., Бакланова Е.Г. Некоторые аспекты применения регуляторов роста в интродукции декоративных растений // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. Куйбышев, 1982. С. 11–21.
  23. Рункова Л.В. Действие регуляторов роста на декоративные растения / Под ред. д.б.н. В.Ф. Верзилова. М.: Наука, 1985. 152 с.

### References

1. Reut A.A., Mironova L.N. Nekotoryye rezultaty ispolzovaniya regulyatorov rosta v tsvetovodstve [Some results of the use of growth regulators in floriculture]. *Materialy VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Tsvetovodstvo: traditsii i sovremennost"* [Materials of the VI International Scientific Conference "Floriculture: Traditions and Modernity"]. Volgograd, 2013, pp. 388–391.
2. Reut A.A., Mironova L.N. K voprosu povysheniya produktivnosti predstaviteley roda *Hosta* Tratt. pri kultivirovaniy v Bashkirskom Preduralye [To the issue of increasing the productivity of representatives of the genus *Hosta* Tratt. when cultivated in the Bashkir Urals]. *Agrarnaya Rossiya*, 2014, no. 7, pp. 6–12.

3. Stupin A.S. Ispolzovaniye regulyatorov rosta rasteniy [Use of plant growth regulators]. *V sbornike "Yubileyny sbornik nauchnykh trudov studentov, aspirantov i prepodavateley agroekologicheskogo fakulteta, posvyashchenny 110-letiyu so dnya rozhdeniya professora Travina I.S."* [In the collection "Jubilee collection of scientific works of students, post-graduate students and teachers of the agroecological faculty, dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor Travin I.S."]. Ryazan, 2010, pp. 150–152.
4. Shapovalov A.A., Zubkova N.F. Otechestvennyye regulatory rosta rasteniy [Domestic plant growth regulators]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2003, no. 11, pp. 33–47.
5. Usova K.A., Belopukhov S.L. Obzor regulyatorov rosta rasteniy, primenyayemykh na tsvetochno-dekorativnykh kulturakh [Review of plant growth regulators used in flower and ornamental crops]. *Materialy XXXIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava "Innovatsionnyy put razvitiya APK"* [Materials of the XXXI International Scientific and Practical Conference of the Faculty "Innovative Way of Agricultural Development"]. Yaroslavl, 2016, pp. 121–124.
6. Nikolayeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. *Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan* [A guide to germinating dormant seeds]. Leningrad: Nauka, 1985, p. 85.
7. Polomoshnova N.Yu., Kisova S.V., Bessmolnaya M.Ya., Bordakova A.A. Vliyaniye regulyatorov rosta na rost i razvitiye tsvetochnykh kultur [The influence of growth regulators on the growth and development of flower crops]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, priurochennoy k 100-letiyu zasluzhennogo deyatelya nauki Buryatskoy ASSR, professora N.V. Barnakova "Innovatsionnyye aspekty agronomii v povyshenii produktivnosti rasteniy i kachestva produktsii v Sibiri"* [Materials of the international scientific-practical conference timed to the 100th anniversary of the honored worker of science of the Buryat Autonomous Soviet Socialist Republic, Professor N.V. Barnakova "Innovative Aspects of Agronomy in Increasing Plant Productivity and Product Quality in Siberia"]. Ulan-Ude, 2015, pp. 101–102.
8. Nikolaichuk V.I., Heinyk L.V., Horbatenko I.Iu. Vyvchennia rehuliiuichoï rist ta rozvytok roslyn dii etylenproduksenta retrprolu [Study of regulating rhizome and plant development of ethylene derivative of *retrore*]. *Fyzyolohiya y byokhymiya kulturnykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 1999, vol. 31, no. 4, pp. 281–284.
9. Ivaniuk T.V. Ristrehuliiuichi ta funhibakterytsydni vlastyosti ifoniiu ta ifoniliuu yak perspektyvnykh etylenproduksentiv u tekhnolohii vyroshchuvannya ozy-moi

- pshenytsi [Rising and phunbactericidal properties of iphonia and iphonium as promising ethylene producers in the technology of winter wheat cultivation]. *Fyzyolohiya y byokhymiya kulturnykh rastenyi* [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 1998, vol. 30, no. 6, pp. 450–456.
10. Poletiko O.M., Mishenkova A.P. *Dekorativnyye travyanistyye rasteniya otkrytogo grunta: Spravochnik po nomenklature rodov i vidov* [Ornamental grassy plants of open ground: Handbook of nomenclature of genera and species]. L.: Nauka, 1967, 208 p.
  11. Min T. *Ligularia* Cass. Flora Yunnanica. *Beijing*, 2004, vol. 13, pp. 466–515.
  12. Liu S.W., Deng D.S., Liu J.Q. The origin, evolution and distribution of *Ligularia* Cass. (Compositae). *Acta Phytotax. sin.* 1994, vol. 32, no. 6, pp. 514–524.
  13. Cui B. *Ligularia* Cass. Flora Heilongjiangensis. *Harbin*, 1998, vol. 9, pp. 224–230.
  14. Reut A.A., Mironova L.N. K voprosu povysheniya produktivnosti predstaviteley roda *Iris* L. pri kultivirovaniy v Bashkirskom Preduralye [On the issue of increasing the productivity of representatives of the genus *Iris* L. during cultivation in the Bashkir Preduralye]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* [Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N.I. Lobachevsky], 2014, no. 3–3, pp. 101–104.
  15. *Katalog rastenyi Botanicheskogo sada-instituta Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN* [Catalog of plants of the Botanical Garden Institute of the Ufa Science Center of the Russian Academy of Sciences]. V.P. Putenikhin (editor). Ufa: Informreklama, 2005, 224 p.
  16. Yapparov F.Sh., Khaybullin R.I., Mukatanov A.Kh. Ratsionalnoye is-polzovaniye pochvennykh landshaftov botanicheskikh sadov [Rational use of soil landscapes of botanical gardens]. *Botanicheskiye issledovaniya na Urale* [Botanical studies in the Urals]. Sverdlovsk: UrO AN SSSR, 1990, 128 p.
  17. Dorozhkina L.A., Yanishevskaya O.L., Sharafutdinov Kh.V., Yanishevskiy V.P. Otsenka effektivnosti regulyatora rosta rasteniy Domotsvet na kulture ipomei [Estimation of the effectiveness of the plant growth regulator Domokvet on the culture of the Ipomian]. *Gavrish*, 2008, no. 2, pp. 14–15.
  18. Shakirova F.M. *Regulyatory rosta v adaptivnoy strategii rasteniyevodstva* [Growth Regulators in the Adaptive Strategy of Plant Growing]. Ufa: Gilem, 2009, 124 p.
  19. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. M.: Nauka, 1984, 424 p.
  20. Reut A.A., Mironova L.N. Issledovaniye vliyaniya novogo regulyatora rosta na dekorativnyye rasteniya [Investigation of the influence of the new growth regulator on ornamental plants]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh XXIII Mezhdunarodnoy spetsialnoy vystavki "AgroKom-*

- pleks-2013*” “*Integratsiya nauki i praktiki kak mekhanizm effektivnogo razvitiya APK*” [Materials of the international scientific and practical conference within the framework of the XXIII International Special Exhibition “AgroComplex 2013” “Integration of science and practice as a mechanism for effective development of the agro-industrial complex”]. Ufa, 2013, pp 123–126.
21. Reut A.A., Mironova L.N. Novyy sposob povysheniya semennoy pro-ektivnosti pionov v Bashkortostane [A new way to increase the seed productivity of peonies in Bashkortostan]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Fruit growing and grapes breeding in Russia]. 2014, vol. 40, no. 1, pp. 265–268.
  22. Mamayev S.A., Baklanova E.G. Nekotoryye aspekty primeneniya regulyatorov rosta v introduktsii dekorativnykh rasteniy [Some aspects of the use of growth regulators in the introduction of ornamental plants]. *Introduktsiya, akklimatizatsiya, okhrana i ispolzovaniye rasteniy* [Introduction, acclimatization, protection and use of plants]. Kuybyshev, 1982, pp. 11–21.
  23. Runkova L.V. *Deystviye regulyatorov rosta na dekorativnyye rasteniya* [Effect of growth regulators on ornamental plants]. V.F. Verzilova (editor). M.: Nauka, 1985, 152 p.

#### ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Реут Антонина Анатольевна**, к.б.н., заведующая лабораторией интродукции и селекции цветочных растений

*Южно-Уральский ботанический сад-институт - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук*

*ул. бульвар Давлеткильдеева, 5, корп. 2, г. Уфа, 450098, Российская Федерация*

*cvetok.79@mail.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Reut Antonina Anatolievna**, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Introduction and Selection of Flowering Plants

*South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences*

*5, building 2, Davletkildееva Boulevard, Ufa, 450098, Russian Federation*

*cvetok.79@mail.ru*

*SPIN-code: 3175-7700*

*ORCID: 0000-0002-4809-6449*

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-136-150

УДК 616-093/-098

## МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ И ЦВЕТОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИСЛОТОУСТОЙЧИВЫХ МИКОБАКТЕРИЙ КАК ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ МОКРОТЫ, ОКРАШЕННОЙ ПО МЕТОДУ ЦИЛЯ-НИЛЬСЕНА

*Наркевич А.Н., Виноградов К.А.*

**Цель.** Изучение морфометрических и цветовых характеристик кислотоустойчивых микобактерий как объектов на цифровых изображениях мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена.

**Материалы и методы.** Использовались данные о 6 708 кислотоустойчивых микобактериях, выделенных на цифровых изображениях микроскопических препаратов мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена. Анализ объектов производился по 97 цветовым и морфометрическим признакам.

**Результаты.** Наименее важными параметрами кислотоустойчивых микобактерий, как объектов на цифровых изображениях, для параметризации являются: минимальное значение  $R$ , максимальное значение  $G$ , минимальное значение  $B$ , максимальное значение  $S$  и максимальное значение  $V$ , а наиболее информативными параметрами с точки зрения параметризации объектов являются: максимальное значение  $B$ , среднее значение  $V$ , минимальное значение  $H$ , минимальное значение  $V$  и максимальное значение  $Y$  и среднее значение  $H$ . В работе также представлены методики определения морфометрических характеристик кислотоустойчивых микобактерий при изменении разрешения цифровых изображений, на которых осуществляется поиск таких объектов, и изменении увеличения, при котором осуществляется микроскопия окрашенных образцов мокроты.

**Заключение.** Учет полученных в результате исследования морфометрических и цветовых характеристик позволит осуществлять разработку алгоритмов сегментации цифровых микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена, а также математических моделей распознавания объектов на данных изображениях.



**Ключевые слова:** морфометрия; математическое моделирование; кислотоустойчивые микобактерии; бактериоскопическая диагностика; цифровые изображения.

## MORPHOMETRIC AND COLOR FEATURES ACID-FAST BACILLI AS OBJECTS ON DIGITAL IMAGES OF SPUTUM STAINED BY THE METHOD OF ZIEHL-NIELSEN

*Narkevich A.N., Vinogradov K.A.*

**Background.** Study of morphometric and color characteristics of acid-resistant mycobacteria as objects in digital images of sputum stained by the method of Ziehl-Nielsen.

**Materials and methods.** Used data on 6,708 acid-resistant mycobacteria isolated from digital images of microscopic preparations of sputum stained by the Ziehl-Nielsen method were used. The analysis of objects was made on 97 color and morphometric signs.

**Result.** The least important parameters of acid-resistant mycobacteria, as objects in digital images, for the parameterization of the minimum value of R, the maximum value of G, the minimum value of B, the maximum value of S and the maximum value of V, and the most informative parameters in terms of the parameterization of objects are the maximum value of B, the average value of V, the minimum value of H, the minimum value of V and the maximum value of Y and the average value of H. The paper also presents methods for determining the morphometric characteristics of acid-resistant mycobacteria when changing the resolution of digital images, which search for such objects, and change the magnification in which the microscopy of colored sputum samples.

**Conclusion.** The use of the morphometric and color characteristics obtained as a result of the study will allow the development of algorithms for segmentation of digital microscopic images of sputum stained by the Ziehl-Nielsen method, as well as mathematical models for recognition of objects in these images.

**Keywords:** morphometric; mathematical modeling; acid-fast mycobacteria; bacterioscopic diagnostics; digital images.

Повсеместная компьютеризация приводит к тому, что решение большого числа медицинских задач перекладывается на «плечи» математических моделей и компьютерных технологий [1, 2, 3, 4]. Широкое применение в медицинских исследованиях получили методы логистического регрессионного анализа [5, 6, 7, 8], дискриминантного анализа [9, 10, 11, 12], искусственных нейронных сетей [13, 14, 15, 16].

Одной из задач, с которой сталкиваются исследователи в области разработки таких математических моделей, является определение параметров, которые будут использоваться при описании интересующих объектов и которые будут использоваться непосредственно в математических моделях [17, 18].

**Целью исследования** является изучение морфометрических и цветовых характеристик кислотоустойчивых микобактерий как объектов на цифровых изображениях мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом исследования явились 6 708 объектов КУМ, выделенных с использованием одного из разработанного нами алгоритма, на цифровых изображениях микроскопических препаратов мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена [19], полученных с помощью тринокулярного микроскопа Микромед 1 вар. 3–20 при увеличении  $10\times 60$  с установленной цифровой камерой TourCam UCМOS01300KPA с разрешением 0,3 МР. Каждое изображение имело разрешение 572 x 422 пикселей.

Проверка на нормальность распределения всех параметров осуществлялась с использованием критерия Шапиро-Уилка.

Описание объектов производилось по 97 цветовым и морфометрическим признакам [20]. К цветовым признакам (всего – 24 признака) относились: среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения объектов, составляющих R, G, B, H, S, V цветовых схем RGB и HSV. Также рассчитывались среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения яркости (Y) пикселей объектов, что связано с довольно частым использованием для анализа цифровых изображений их представления в оттенках серого, а не в цветном виде. Измерение цветовых признаков осуществлялось в безразмерных единицах, однако интервал возможных значений отличался в зависимости от цветовой схемы. Так, цвета объектов в цветовой схеме RGB и в оттенках серого измерялись в интервале от 0 до 255, параметры, отражающие H в цветовой схеме HSV, измерялись в интервале от 0 до 359, а параметры, характеризующие S и V, измерялись в интервале от 0 до 100.

Помимо представленных выше цветовых характеристик объектов использовались: индекс зеленого (Green Index – GI), индекс зеленых листьев (Green Leaf Index – GLI) и красно-зеленый индекс растительности (Red-Green vegetation index – RGVI), которые довольно часто используются в задачах описания объектов на цифровых изображениях. Их использование обусловлено специфическим восприятием цветов человеком [17].

Индекс зеленого рассчитывался по следующей формуле:

$$GI = \frac{G}{R+G+B}. \quad (1)$$

Индекс зеленых листьев:

$$GLI = \frac{2G-R-B}{2G+R+B}. \quad (2)$$

Красно-зеленый индекс растительности:

$$RGVI = \frac{G-R}{G+R}. \quad (3)$$

Индекс зеленого может принимать значения от 0 до 1, а индекс зеленых листьев и красно-зеленый индекс растительности могут принимать значения от –1 до 1.

К морфометрическим признакам (всего – 73 признака) относились: попиксельная площадь объектов, радиальные размеры объектов (всего – 72 размера). Радиальные размеры – длина отрезка от центра объекта до его края, построенного под различным углом относительно вертикальной оси объекта с шагом 5°. Так первый отрезок построен под углом 5°, второй – 10°, третий – 15° и т.д. Морфометрические признаки объектов измерялись в пикселях.

Для описания цветовых характеристик объектов рассчитывались: среднее арифметическое (M), среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент вариации (V), максимальное (Max) и минимальное (Min) значения, размах вариации (R), коэффициент осцилляции ( $V_R$ ), медиана (Me), первый ( $Q_1$ ) и третий ( $Q_3$ ) квартили, межквартильный размах ( $R_Q$ ) и коэффициент относительной квартильной вариации ( $V_Q$ ).

Для радиальных размеров объектов рассчитывались: среднее арифметическое, среднеквадратическое отклонение и максимальное значение размера по всем объектам.

### Результаты исследования и их обсуждение

Описательная характеристика попиксельной площади и цветовых характеристик изучаемых объектов КУМ представлены в таблице 1.

Необходимо отметить, что наименее важными параметрами объектов КУМ для параметризации являются: минимальное значение R, максимальное значение G, минимальное значение B, максимальное значение S и максимальное значение V ввиду того, что между объектами КУМ по данным параметрам отсутствует какая-либо вариация.

Наиболее информативными параметрами с точки зрения параметризации объектов на основе нормального распределения являются: максимальное значение B, среднее значение V, минимальное значение H, минимальное значение V и максимальное значение Y ввиду их минимальной вариации у объектов КУМ. Данные параметры имеют наименьшие значения коэффициентов вариации и осцилляции.

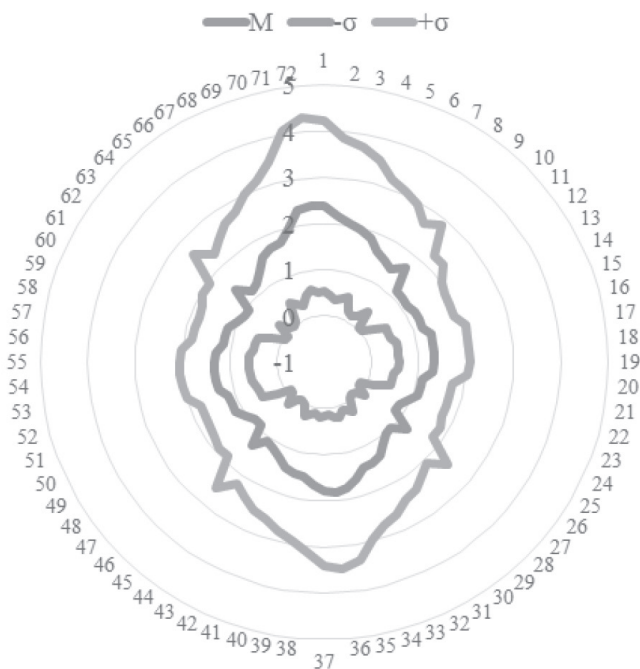
Таблица 1.

**Описательные параметры попиксельной площади  
и цветовых характеристик объектов КУМ**

Параметр	M	$\sigma$	V	Max	Min	R	$V_R$	Me	$Q_1$	$Q_3$	$R_Q$	$V_Q$
Попиксельная площадь	20,88	12,32	58,99	162,00	4,00	158,00	756,70	18,00	12,00	26,00	14,00	77,78
Минимальное значение R	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Среднее значение R	122,72	36,27	29,55	240,00	1,00	239,00	194,75	124,00	100,00	146,00	46,00	37,10
Максимальное значение R	166,98	38,54	23,08	255,00	5,00	250,00	149,72	168,00	145,00	193,00	48,00	28,57
Минимальное значение G	145,22	25,46	17,53	206,00	25,00	181,00	124,64	150,00	133,00	162,00	29,00	19,33
Среднее значение G	176,33	21,78	12,35	225,00	73,00	152,00	86,20	179,00	165,00	191,00	26,00	14,53
Максимальное значение G	255,00	0,00	–	255,00	255,00	0,00	–	255,00	255,00	255,00	0,00	–
Минимальное значение B	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	0,00	–
Среднее значение B	176,94	22,67	12,81	233,00	74,00	159,00	89,86	180,00	165,00	193,00	28,00	15,56
Максимальное значение B	228,24	12,85	5,63	255,00	178,00	77,00	33,74	230,00	221,00	238,00	17,00	7,39
Минимальное значение H	119,18	9,28	7,79	120,00	0,00	120,00	100,69	120,00	120,00	120,00	0,00	–
Среднее значение H	235,93	26,27	11,13	353,00	30,00	323,00	136,91	230,00	218,00	249,00	31,00	13,48
Максимальное значение H	255,48	29,35	11,49	359,00	203,00	156,00	61,06	249,00	233,00	272,00	39,00	15,66
Минимальное значение S	27,51	14,31	52,02	98,00	1,00	97,00	352,60	25,00	17,00	35,00	18,00	72,00
Среднее значение S	47,25	13,59	28,76	99,00	17,00	82,00	173,54	46,00	37,00	56,00	19,00	41,30
Максимальное значение S	100,00	0,00	–	100,00	100,00	0,00	–	100,00	100,00	100,00	0,00	–
Минимальное значение V	81,81	7,01	8,57	100,00	54,00	46,00	56,23	82,00	77,00	87,00	10,00	12,20
Среднее значение V	88,33	5,23	5,92	100,00	67,00	33,00	37,36	89,00	85,00	92,00	7,00	7,87
Максимальное значение V	100,00	0,00	–	100,00	100,00	0,00	–	100,00	100,00	100,00	0,00	–
Минимальное значение Y	140,92	16,86	11,96	150,00	46,00	104,00	73,80	150,00	139,00	150,00	11,00	7,33
Среднее значение Y	160,23	19,65	12,26	214,00	68,00	146,00	91,12	162,00	151,00	173,00	22,00	13,58
Максимальное значение Y	175,86	17,96	10,21	230,00	150,00	80,00	45,49	175,00	162,00	188,00	26,00	14,86
Среднее значение GI	0,37	0,05	13,51	0,61	0,23	0,38	102,70	0,37	0,34	0,40	0,06	16,22
Среднее значение GLI	0,08	0,10	125,00	0,52	-0,26	0,78	975,00	0,07	0,02	0,14	0,12	171,43
Среднее значение RGV1	0,20	0,14	70,00	0,98	-0,25	1,23	615,00	0,18	0,09	0,27	0,18	100,00

С позиции распределения, отличающегося от нормального с точки зрения параметризации объектов КУМ, наиболее информативными являются: минимальное значение  $Y$ , максимальное значение  $B$ , среднее значение  $V$ , минимальное значение  $V$  и среднее значение  $H$ , так как данные параметры имеют наименьшие значения коэффициента относительной квартильной вариации. В связи с тем, что все анализируемые параметры не подчиняются закону нормального распределения, то более предпочтительным набором параметров для описания объектов КУМ являются отобранные на основании коэффициента относительной квартильной вариации.

Средние значения и среднее квадратическое отклонение радиальных размеров объектов КУМ представлены на рисунке 1. Как видно из данных приведенных на рисунке 1, средние значения радиальных размеров объектов КУМ напоминают форму «палочки», в виде которой КУМ описываются с позиции микробиологии.



**Рис. 1.** Среднее арифметическое и стандартное отклонение радиальных размеров кислотоустойчивых микобактерий

Необходимо отметить, что наибольшую ценность для описания имеют размеры описывающие боковые размеры объектов КУМ. Наименьшие значения коэффициентов вариации, осцилляции и относительной квартильной вариации имеют радиальные размеры от 13 до 23 и от 49 до 59, что соответствует углам от  $65^\circ$  до  $115^\circ$  и от  $245^\circ$  до  $295^\circ$ .

Максимальные радиальные размеры изучаемых объектов КУМ представлены на рисунке 2.

Так как изучение морфометрических характеристик объектов КУМ осуществлялось на цифровых изображениях, имеющих определенное разрешение ( $572 \times 422$  пикселей), и полученные при определенном увеличении ( $10 \times 60$ ), то представленные морфометрические параметры являются постоянными при изменении разрешения и увеличения. Однако, при изменении разрешения цифрового изображения или увеличения, при котором делается цифровая фотосъемка, отсутствует необходимость повторного изучения морфометрических характеристик объектов КУМ. Данные параметры могут быть получены расчетным путем на основании полученных нами результатов.

Для определения радиальных размеров при изменении разрешения цифровой фотосъемки без изменения соотношения размеров сторон изображения можно воспользоваться следующей формулой:

$$r_i = \sqrt{\frac{x*y}{241384}} * r_{0,i} \quad (4)$$

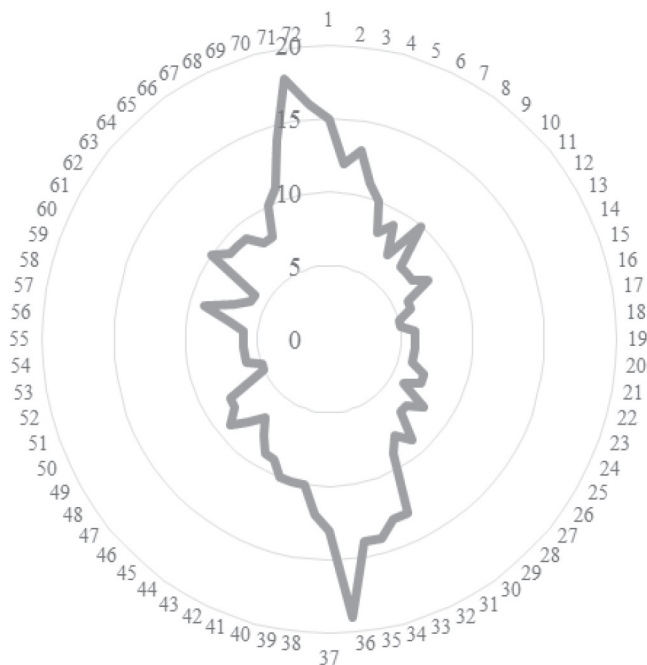
где  $r_i$  – итоговая длина радиального размера объекта под углом  $i$ ,  $x$  – число пикселей изображения по горизонтали,  $y$  – число пикселей изображения по вертикали, 241384 – число пикселей на изучаемых нами изображениях ( $572 * 422 = 241\,384$  пикселя),  $r_{0,i}$  – длина радиального размера объекта под углом  $i$  на изучаемых нами изображениях.

Также может быть определена и попиксельная площадь объектов при изменении разрешения цифровой фотосъемки:

$$S = \frac{x*y}{241384} * S_0 \quad (5)$$

где  $S$  – итоговая попиксельная площадь объекта,  $x$  – число пикселей изображения по горизонтали,  $y$  – число пикселей изображения по вертикали, 241384 – число пикселей на изучаемых нами изображениях,  $S_0$  – попиксельная площадь объекта на изучаемых нами изображениях.

Необходимо отметить, что формула определения площади объектов при изменении разрешения изображения может применяться независимо от того меняется ли соотношение сторон изображения или нет.



**Рис. 2.** Максимальные значения радиальных размеров кислотоустойчивых микобактерий

Для определения радиального размера при изменении разрешения цифровой фотосъемки с изменением соотношения размеров сторон изображения для начала необходимо определить относительные координаты края объекта  $(x_0; y_0)$ , к которому построен отрезок данного размера:

$$x_0 = \begin{cases} r_{0,i} * \cos(i - 90), & \text{при } i \geq 90 \\ r_{0,i} * \cos(i + 360 - 90), & \text{при } i < 90 \end{cases} \quad (6)$$

где  $x_0$  – координата по оси  $x$ ,  $r_{0,i}$  – длина радиального размера объекта под углом  $i$  на изучаемых нами изображениях.

$$y_0 = \begin{cases} r_{0,i} * \sin(i - 90), & \text{при } i \geq 90 \\ r_{0,i} * \sin(i + 360 - 90), & \text{при } i < 90 \end{cases} \quad (7)$$

где  $y_0$  – координата по оси  $y$ ,  $r_{0,i}$  – длина радиального размера объекта под углом  $i$  на изучаемых нами изображениях.

Далее необходимо пересчитать значения новых относительных координат края объекта, к которому будет построен отрезок искомого радиального размера после изменения разрешения изображения:

$$x_{new} = x_0 * \frac{width}{572}, \quad (8)$$

где  $x_{new}$  – новая координата по оси  $x$ ,  $x_0$  – координата по оси  $x$ ,  $width$  – ширина изображения в пикселях,  $572$  – ширина изучаемых нами изображений в пикселях.

$$y_{new} = y_0 * \frac{height}{422}, \quad (9)$$

где  $y_{new}$  – новая координата по оси  $y$ ,  $y_0$  – координата по оси  $y$ ,  $height$  – высота изображения в пикселях,  $422$  – высота изучаемых нами изображений в пикселях.

И далее, используя новые координаты края объекта, можно рассчитать длину отрезка искомого радиального размера после изменения разрешения изображения:

$$r_i = \sqrt{x_{new}^2 + y_{new}^2}, \quad (10)$$

где  $r_i$  – итоговая длина радиального размера объекта под углом  $i$ ,  $x_{new}$  – новая координата по оси  $x$ ,  $y_{new}$  – новая координата по оси  $y$ .

При изменении увеличения, при котором осуществляется цифровая фотосъемка, соотношение сторон изображения не изменяется, в связи с чем определение радиальных размеров объектов может осуществляться с использованием данной формулы:

$$r_i = \sqrt{\frac{Z}{600}} * r_{0,i}, \quad (11)$$

где  $r_i$  – итоговая длина радиального размера объекта под углом  $i$ ,  $Z$  – увеличение,  $600$  – увеличение при получении изучаемых нами изображений ( $10*60=600$ ),  $r_{0,i}$  – длина радиального размера объекта под углом  $i$  на изучаемых нами изображениях.

Попиксельная площадь объектов определяется:

$$S = \frac{Z}{600} * S_0, \quad (12)$$

где  $S$  – итоговая попиксельная площадь объекта,  $Z$  – увеличение,  $600$  – увеличение при получении изучаемых нами изображений,  $S_0$  – попиксельная площадь объекта на изучаемых нами изображениях.



Необходимо отметить, что цветовые характеристики объектов не подвержены изменению при изменении разрешения изображения или увеличении при микроскопии.

### **Заключение**

Таким образом, нами рассмотрены морфометрические и цветовые характеристики кислотоустойчивых микобактерий как объектов на цифровых изображениях мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена, а также рассмотрены методики определения данных характеристик при изменении разрешения цифровых изображений, на которых осуществляется поиск таких объектов, и изменении увеличения, при котором осуществляется микроскопия окрашенных образцов мокроты.

Учет полученных в результате исследования морфометрических и цветовых характеристик позволит осуществлять разработку алгоритмов сегментации цифровых микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена, а также математических моделей распознавания объектов на данных изображениях.

### **Список литературы**

1. Kaplan A., Lock E.F. Prediction with dimension reduction of multiple molecular data sources for patient survival // *Cancer informatics*. 2017. № 16. e1176935117718517.
2. Automated seizure detection using limited-channel EEG and non-linear dimension reduction / Birjandtalab J., Baran Pouyan M., Cogan D., Nourani M., Harvey J. // *Computers in biology and medicine*. 2017. № 82, pp. 49–58.
3. Грицинская В.Л., Москаленко О.Л. Использование компьютерных технологий при проведении диспансеризации детского населения Республики Тыва // *В мире научных открытий*. 2017. № 2. С. 158–167.
4. Supervised nonlinear dimension reduction of functional magnetic resonance imaging data using Sliced Inverse Regression / Tu Y., Tan A., Fu Z., Sam Hung Y., Hu L., Zhang Zh. // *Conference proceedings: 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. Milan, 2015, pp. 2641–2645.
5. Стрижов В.В., Мотренко А.П. Многоклассовая логистическая регрессия для прогноза вероятности наступления инфаркта // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. 2012. № 1. С. 153–162.

6. Гарганеева Н.П., Леонов В.П. Логистическая регрессия в анализе связи артериальной гипертензии и психических расстройств // Сибирский медицинский журнал. 2001. Т. 16. № 3–4. С. 42–48.
7. Микшина В.С., Павлов С.И. Использование логистической регрессии при выборе способа кардиоплегии // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. № 39. С. 49–56.
8. Андосова Л.Д., Конторщикова К.Н., Шахова К.А. Многофакторный регрессионный анализ в прогнозе развития цервикальных поражений инфекционного генеза // Медицинский альманах. 2017. № 2 (47). С. 111–113.
9. Возможности электрокардиографии в диагностике гипертрофии миокарда левого желудочка / Богомолов С.Н., Солнцев В.Н., Куликов А.Н., Кучмин А.Н. // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2016. № 3 (55). С. 51–56.
10. Системы оценки контролируемости бронхиальной астмы / Безруков Н.С., Еремин Е.Л., Колосов В.П., Перельман Ю.М., Хижняк Ю.Ю. // Информатика и системы управления. 2009. № 4 (22). С. 159–163.
11. Быстрицкая Т.С., Штель Н.Н., Лысяк Д.С. Прогнозирование плацентарной недостаточности у беременных с нарушением становления менструальной функции в пубертатном периоде // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. № 42. С. 55–59.
12. Прозорова А.В., Приходько А.Г. Построение прогнозной модели прогрессирующего течения хронической обструктивной болезни легких // Информатика и системы управления. 2008. № 2 (16). С. 168–169.
13. Филист С.А., Шаталова О.В., Ефремов М.А. Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2014. № 6. С. 35–69.
14. Барский А.Б., Дмитриев А.А., Барская О.А. Медицинские информационно-справочные системы на логических нейронных сетях // Информационные технологии. 2010. № S1. С. 1–32.
15. Петров С.Б., Шешунов И.В. Оценка эффективности применения искусственных нейронных сетей в медико-экологических исследованиях // Фундаментальные исследования. 2013. № 9–6. С. 1098–1101.
16. Муха Ю.П., Скворцов М.Г., Дружинин Д.Г. Метрологическое описание нейронных сетей // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 4. С. 20–23.
17. Feature selection method based on high-resolution remote sensing images and the effect of sensitive features on classification accuracy / Zhou Y., Zhang R., Wang S., Wang F. // Sensors. 2018. № 18. 2018.

18. Extraction and parametrization of grain boundary networks in glacier ice, using a dedicated method of automatic image analysis / Binder T., Garbe C.S., Wagenbach D., Freitag J., Kipfstuhl S. // *Journal of Microscopy*. 2013. № 2, pp. 130–141.
19. Сегментация микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена, с использованием вейвлет-преобразования Mexican Hat / Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Корецкая Н.М., Соболева В.О. // *Acta Biomedica Scientifica*. 2017. Т. 2. № 5. С. 141–146.
20. Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Корецкая Н.М. Параметризация объектов на цифровых микроскопических изображениях мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена // *Сибирское медицинское обозрение*. 2017. № 5 (107). С. 53–59.

### *References*

1. Kaplan A., Lock E.F. Prediction with dimension reduction of multiple molecular data sources for patient survival. *Cancer informatics*, 2017, № 16, e1176935117718517.
2. Birjandtalab J., Baran Pouyan M., Cogan D., Nourani M., Harvey J. Automated seizure detection using limited-channel EEG and non-linear dimension reduction. *Computers in biology and medicine*, 2017, № 82, pp. 49–58.
3. Gritsinskaya V.L., Moskalenko O.L. Ispol'zovanie komp'yuternykh tekhnologiy pri provedenii dispanserizatsii detskogo naseleniya Respubliki Tyva [The use of computer technologies at carrying out of prophylactic medical examination of children of the Republic of Tuva]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2017, № 2, pp. 158–167.
4. Tu Y., Tan A., Fu Z., Sam Hung Y., Hu L., Zhang Zh. Supervised nonlinear dimension reduction of functional magnetic resonance imaging data using Sliced Inverse Regression. *Conference proceedings: 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Milan, 2015, pp. 2641–2645.
5. Strizhov V.V., Motrenko A.P. Mnogoklassovaya logisticheskaya regressiya dlya prognoza veroyatnosti nastupleniya infarkta [Multi-class logistic regression to predict the probability of a heart attack]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki* [Proceedings of the Tula state University. More natural science], 2012, № 1, pp. 153–162.
6. Garganeeva N.P., Leonov V.P. Logisticheskaya regressiya v analize svyazi arterial'noy gipertonii i psikhicheskikh rasstroystv [Logistic regression in the analysis of the relationship between hypertension and mental upset]. *Sibir-*

- skiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian medical journal], 2001, Vol. 16, № 3-4, pp. 42–48.
7. Mikshina V.S., Pavlov S.I. Ispol'zovanie logisticheskoy regressii pri vybore sposoba kardiopleгии [The use of logistic regression in choosing a method of cardioplegia]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Vestnik of Tomsk state University. Management, computer engineering and computer science], 2017, № 39, pp. 49–56.
  8. Andosova L.D., Kontorshchikova K.N., Shakhova K.A. Mnogofaktornyy regressionnyy analiz v prognoze razvitiya tservikal'nykh porazheniy infektsionnogo gena [Multivariate regression analysis in prediction of cervical porazheniy infectious Genesis]. *Meditsinskiy al'manakh* [Medical almanac], 2017, № 2, pp. 111–113.
  9. Bogomolov S.N., Solntsev V.N., Kulikov A.N., Kuchmin A.N. Vozmozhnosti elektrokardiografii v diagnostike gipertrofii miokarda levogo zheludochka [Possibilities of electrocardiography in the diagnosis of left ventricular hypertrophy]. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Russian military medical Academy], 2016, № 3, pp. 51–56.
  10. Bezrukov N.S., Eremin E.L., Kolosov V.P., Perel'man Yu.M., Khizhnyak Yu. Yu. Sistemy otsenki kontroliruemosti bronkhial'noy astmy [Evaluation system accountability bronchial asthma]. *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and control systems], 2009, № 4, pp. 159–163.
  11. Bystritskaya T.S., Shtel' N.N., Lysyak D.S. Prognozirovanie platsentarnoy nedostatocnosti u beremennykh s narusheniem stanovleniya menstrual'noy funktsii v pubertatnom periode [Prediction placental insufficiency in pregnant women with impaired formation menstrual function in the pubertal period]. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya* [Bulletin of physiology and pathology of respiration], 2011, № 42, pp. 55–59.
  12. Prozorova A.V., Prikhod'ko A.G. Postroenie prognoznoy modeli progressiruyushchego techeniya khronicheskoy obstruktivnoy bolezni legkikh [Constructing a predictive model of progressive course of chronic obstructive pulmonary disease]. *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and control systems], 2008, № 2, pp. 168–169.
  13. Filist S.A., Shatalova O.V., Efremov M.A. Gibridnaya neyronnaya set' s makrosloyami dlya meditsinskikh prilozheniy [Hybrid neural network macro slope for medical applications]. *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye* [Neurocomputers: development, application], 2014, № 6, pp. 35–69.
  14. Barskiy A.B., Dmitpiev A.A., Bapskaya O.A. Meditsinskie informatsionno-spravochnye sistemy na logicheskikh neyronnykh setyakh [Medical in-

- formation and referral system for Boolean neural networks]. *Informatsionnye tekhnologii* [Information technologies], 2010, № 1, pp. 1–32.
15. Petrov S.B., Sheshunov I.V. Otsenka effektivnosti primeneniya iskusstvennykh neyronnykh setey v mediko-ekologicheskikh issledovaniyakh [Evaluation of the effectiveness of the use of artificial neural networks in medical and environmental research]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental study], 2013, № 9-6, pp. 1098–1101.
  16. Mukha Yu.P., Skvortsov M.G., Druzhinin D.G. Metrologicheskoe opisanie neyronnykh setey [Metrological description of neural networks]. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika* [Biomedical technologies and radioelectronics], 2002, № 4, pp. 20–23.
  17. Zhou Y., Zhang R., Wang S., Wang F. Feature selection method based on high-resolution remote sensing images and the effect of sensitive features on classification accuracy. *Sensors*. 2018. № 18. 2013.
  18. Binder T., Garbe C.S., Wagenbach D., Freitag J., Kipfstuhl S. Extraction and parametrization of grain boundary networks in glacier ice, using a dedicated method of automatic image analysis. *Journal of Microscopy*. 2013. № 2, pp. 130–141.
  19. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Koretskaya N.M., Soboleva V.O. Segmentatsiya mikroskopicheskikh izobrazheniy mokroty, okrashennoy po metodu Tsilya-Nil'sena, s ispol'zovaniem veyvlet-preobrazovaniya Mexican Hat [Segmentation of microscopic images of sputum stained by the method of Ziehl-Nielsen, using wavelet transform Mexican Hat]. *Acta Biomedica Scientifica* [Acta Biomedica Scientifica], 2017, Vol. 2, № 5, pp. 141–146.
  20. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Koretskaya N.M. Parametrizatsiya ob'ektov na tsifrovyykh mikroskopicheskikh izobrazheniyakh mokroty, okrashennoy po metodu Tsilya-Nil'sena [Parameterization of objects on digital microscopic images of sputum stained by the method of Ziehl-Nielsen]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie* [Siberian medical review], 2017, № 5, pp. 53–59.

### ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Наркевич Артем Николаевич**, заведующий научно-исследовательской лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении, кандидат медицинских наук  
*Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого*  
ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация  
*narkevichart@gmail.com*

**Виноградов Константин Анатольевич**, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики, доктор медицинских наук, профессор

*Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого*

*ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация*

*vinogradov16@yandex.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Narkevich Artem Nikolaevich**, Head of Research Laboratory of Medical Cybernetics and Management in Health Care, Candidate of Medical Sciences

*Krasnoyarsk State Medical University*

*1, Partisana Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation*

*narkevichart@gmail.com*

**Vinogradov Konstantin Anatolevich**, Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Doctor of Medical Sciences, Professor

*Krasnoyarsk State Medical University*

*1, Partisana Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation*

*vinogradov16@yandex.ru*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(<http://discover-journal.ru/guidelines.html>)

В журнале публикуются статьи, научные обзоры и сообщения проблемного и научно-практического характера, представляющие собой результаты завершённых исследований о важнейших достижениях в основных разделах фундаментальных и прикладных исследований, обладающие новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала, а также передовой опыт в области клинической, профилактической медицины, биологии и сельского хозяйства.

### Требования к оформлению статей

Объем рукописи	7-24 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-10.
Поля	все поля – по 20 мм
Шрифт основного текста	Times New Roman
Размер шрифта основного текста	14 пт
Межстрочный интервал	полutorный
Отступ первой строки абзаца	1,25 см
Выравнивание текста	по ширине
Автоматическая расстановка переносов	включена
Нумерация страниц	не ведется
Формулы	в редакторе формул MS Equation 3.0
Рисунки	по тексту
Ссылки на формулу	(1)
Ссылки на литературу	[2, с.5], цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ  
ССЫЛКИ-СНОСКИ ДЛЯ УКАЗАНИЯ  
ИСТОЧНИКОВ**

### Обязательная структура статьи

#### УДК

#### ЗАГЛАВИЕ (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

**Аннотация** (на русском языке)

**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

#### ЗАГЛАВИЕ (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

**Аннотация** (на английском языке)

**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.
2. Цель работы.
3. Материалы и методы исследования.
4. Результаты исследования и их обсуждение.
5. Заключение.
6. Информация о конфликте интересов.
7. Информация о спонсорстве.
8. Благодарности.

#### Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

#### References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала



---

---

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Фамилия, имя, отчество полностью**, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

*Электронный адрес*

*SPIN-код в SCIENCE INDEX:*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Фамилия, имя, отчество полностью**, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

*Электронный адрес*

## AUTHOR GUIDELINES

(<http://discover-journal.ru/en/guidelines.html>)

*In the World of Scientific Discoveries* publishes papers of problematic nature, as well as scientific reviews that reflect the most important achievements in the main fields of both the fundamental and applied research in medicine, biology and agricultural sciences.

### Requirements for the articles to be published

Volume of the manuscript	7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7–10.
Margins	all margins –20 mm each
Main text font	Times New Roman
Main text size	14 pt
Line spacing	1.5 interval
First line indent	1,25 cm
Text align	justify
Automatic hyphenation	turned on
Page numbering	turned off
Formulas	in formula processor MS Equation 3.0
Figures	in the text
References to a formula	(1)
References to the sources	[2, p.5], references are given in a single list at the end of the manuscript in the order in which they appear in the text

**DO NOT USE FOOTNOTES  
AS REFERENCES**

---

---

### Article structure requirements

**TITLE** (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

**Abstract** (in English)

**Keywords:** separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

**1. Introduction.**

**2. Objective.**

**3. Materials and methods.**

**4. Results of the research and Discussion.**

**5. Conclusion.**

**6. Conflict of interest information.**

**7. Sponsorship information.**

**8. Acknowledgments.**

**References**

References text type should be Chicago Manual of Style

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Surname, first name (and patronymic) in full**, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

*E-mail address*

*SPIN-code in SCIENCE INDEX:*

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И БИОЛОГИЯ

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ САХАРНОГО СОРГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	12
<b>Вертикова Е.А., Кузнецова А.Н.</b> .....	12
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ НП «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»	30
<b>Кожакин П.А., Хазиахметов Р.М.</b> .....	30
ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОСТРОЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГНЕЗД БОЛЬШОЙ СИНИЦЫ (PARUS MAJOR L.) И ОБЫКНОВЕННОЙ ГОРИХВОСТКИ (PHOENICURUS PHOENICURUS L.) В УРБАНИЗИРОВАННОМ ЛАНДШАФТЕ Г. МОНЧЕГОРСКА	38
<b>Корякина Т.Н.</b> .....	38
НУКЛЕАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ	64
<b>Сваровская Л.И., Манаков А.Ю., Алтунина Л.К.</b> .....	64
ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ФОНОВЫХ ЭПИФИТНЫХ ВИДОВ БРИО- И ЛИХЕНОБИОТЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ КАК БИОИНДИКАЦИОННЫЙ ПРИЗНАК	75
<b>Злыднев А.А., Онофрейчук О.Н., Анищенко Л.Н.</b> .....	75
ПРЯНЫЕ И АРОМАТИЧЕСКИЕ РАСТЕНИЯ В ПСИХИАТРИИ И НЕВРОЛОГИИ: НАУЧНЫЙ ОБЗОР. ЧАСТЬ I.	90
<b>Беккер Р.А., Быков Ю.В.</b> .....	90
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ РОДА LIGULARIA	124
<b>Реут А.А.</b> .....	124
МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ И ЦВЕТОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИСЛОТОУСТОЙЧИВЫХ МИКОБАКТЕРИЙ КАК ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ МОКРОТЫ, ОКРАШЕННОЙ ПО МЕТОДУ ЦИЛЯ-НИЛЬСЕНА	136
<b>Наркевич А.Н., Виноградов К.А.</b> .....	136
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	151

## CONTENTS

### AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

THE STUDY OF BREEDING LINES OF SWEET SORGHUM FOR COMPLEX FEATURES IN THE LOWER VOLGA REGION <b>Vertikova E.A., Kuznetsova A.N.</b> .....	12
ANALYSIS OF CLIMATIC DATA DYNAMICS IN BUZULUKSKY BOR NATIONAL PARK <b>Kozhakin P.A., Haziahmetov R.M.</b> .....	30
FEATURES GASTOSTOMY AND CHARACTERISTICS OF NESTS OF THE GREAT TIT (PARUS MAJOR L.) AND THE COMMON REDSTART (PHOENICURUS PHOENICURUS L.) IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF THE CITY OF MONCHEGORSK <b>Koryakina T.N.</b> .....	52
NUCLEATION AND FORMATION OF GAS HYDRATES DEPENDING ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF OILS <b>Svarovskaya L.I., Manakov A.Yu., Altunina L.K.</b> .....	64
PIGMENTAL COMPOSITION OF BACKGROUND EPIPHYTIC SPECIES OF BRIO- AND LYCHENOBYOTES OF LARGE CITIES AS BIOINDICATION TISSUE <b>Zlydnev A.A., Onophreychuk O.N., Anishchenko L.N.</b> .....	75
THE SPICY AND AROMATIC HERBS IN PSYCHIATRY AND NEUROLOGY: SCIENTIFIC REVIEW. PART I. <b>Bekker R.A., Bykov Yu.V.</b> .....	90
STUDY OF THE INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS ON SOME SPECIES OF GENUS LIGULARIA <b>Reut A.A.</b> .....	124
MORPHOMETRIC AND COLOR FEATURES ACID-FAST BACILLI AS OBJECTS ON DIGITAL IMAGES OF SPUTUM STAINED BY THE METHOD OF ZIEHL-NIELSEN <b>Narkevich A.N., Vinogradov K.A.</b> .....	136
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	151

Подписано в печать 29.06.2018. Дата выхода в свет 20.07.2018. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 11,25. Тираж 5000 экз. Свободная цена. Заказ ВМНО2906/018. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.