

ISSN 2658-6649

# Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

[www.discover-journal.ru](http://www.discover-journal.ru)



Volume 12, Number 1  
2020

ISSN 2658-6649 (print)  
ISSN 2658-6657 (online)

---

**Siberian Journal of  
Life Sciences  
and Agriculture**

**Том 12, №1, 2020**

---

[www.discover-journal.ru](http://www.discover-journal.ru)

Импакт-фактор  
РИНЦ 2018 = 0,322

Журнал основан  
в 2008 г.

Главный редактор – С.В. Дентовская  
Зам. глав. редактора – Л.Н. Медведев, З.П. Оказова, О.Л. Москаленко  
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 12, №1, 2020**

---

[www.discover-journal.ru](http://www.discover-journal.ru)

RSCI IF (2018) =  
0,322

Founded  
2008

Editor-in-Chief – S.V. Dentovskaya  
Deputy Editors – L.N. Medvedev, Z.P. Okazova, O.L. Moskalenko  
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, 2020  
Научно-Инновационный Центр  
----  
Krasnoyarsk, 2020  
Science and Innovation Center Publishing House

12+

ISSN 2658-6649 (print)  
ISSN 2658-6657 (online)

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

**ПИ № ФС 77 - 71726 от 30.11.2017 г.**

**Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.** Красноярск: Научно-инновационный центр, 2020. Том 12, № 1. 108 с.

*Периодичность – 4 выпуска в год.*

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

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: [editor@discover-journal.ru](mailto:editor@discover-journal.ru)  
<http://discover-journal.ru/>

Подписной индекс в каталоге Почты России "Подписные издания" - ПИ900.  
Подписной индекс в каталоге периодических и сетевых изданий «Сиб-Пресса» – 94089.

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

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2020

### Члены редакционной коллегии

*Анисимов Андрей Павлович*, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе (Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, пос. Оболенск, Серпуховский р-н, Московская обл., Российская Федерация)

*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)

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

*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 ав-

тономное 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 неэкологии 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 и нутрицевтики ГП "Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси" (Гродно), главный научный сотрудник Отдела питания НПЦ 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)

*Пуликов Анатолий Степанович*, доктор медицинских наук, профессор, отличник здравоохранения РФ, главный научный сотрудник группы функциональной морфологии клинического отделения патологии пищеварительной системы у взрос-

лых 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)

*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)

*Тыщенко Елизавета Алексеевна*, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Товароведения и управление качеством» (Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово, 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 агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Российская Федерация)

*Шнайдер Наталья Алексеевна*, доктор медицинских наук, профессор, в.н.с. отделения персонализированной психиатрии и неврологии (Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург, Российская Федерация)

## Editorial Board Members

*Andrey Anisimov*, Doctor of Medicine, Professor, Deputy Director for Science (Federal Service for Supervision in the Sphere of Customers Rights and Human Well-Being Federal State Institution of Science State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology, Obolensk, Moscow Region, Russian Federation)

*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)

*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)

*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. Voyno-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)

*Vasily 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 Professor of the Department of Ecology and Neocology (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)

*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)

*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, Leshnikovo 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)

*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)

*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, Leading Researcher, Department of Personalized Psychiatry and Neurology (V.M. Bekhterev National Research Medical Centre for Psychiatry and Neurology, St. Petersburg, Russian Federation)

**ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ.  
СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

---

**CHEMISTRY. AGRICULTURAL  
AND BIOLOGICAL SCIENCES**

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-11-22

УДК 582.572.8 (470.47)

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ  
И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ПРОРАСТАНИЕ  
СЕМЯН ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ  
ВИДОВ РОДА *TULIPA L.* (LILIACEAE)**

*Адучиева М.Г., Очирова А.С., Гаряева К.М.,  
Убушаева С.В., Лиджиева Н.Ц.*

*Цель.* Выявление влияния температуры и регулятора роста на прорастание семян из видовых популяций *Tulipa. biflora* и *T. biebersteiniana*, произрастающих в природных растительных сообществах.

*Материалы и методы.* Материалом для исследований послужили сборы семян двух видов: *T. biflora* - из 8 природных популяций, *T. biebersteiniana* – из 5 природных популяций в пределах Республики Калмыкия. Для определения всхожести использовали ГОСТ 12038-84.

*Результаты.* Выявлено, что период прорастания всех всхожих семян с момента их замачивания прекращения появления вновь проросших семян в контроле составил у *T. biebersteiniana* только в четырех популяциях 18–30 дней; у *T. biflora* в шести популяциях – 15–23 дня; в некоторых популяциях прорастание не отмечалось. Под влиянием 0,001% раствора гетеросуксина и температуры +2 °С раздельно и при их совместном действии в популяциях *T. biflora* период прорастания всех всхожих семян увеличился на 1–2 дня, в популяциях *T. biebersteiniana* он сократился на 2–10 дней.

У семян из популяций обоих видов в контроле средняя всхожесть равна: у *T. biflora* 3,5%, *T. biebersteiniana* – 4,4%. У *T. biflora* всхожесть семян на фоне 0,001% раствора гетеросуксина и температуры +2 °С увеличилась по срав-

нению с контролем в 6,7 и 16,9 раза соответственно, у *T. biebersteiniana* – в 2,1 и 5,3 раза соответственно. Совместное воздействие низкими температурами и гетероауксином увеличило всхожесть семян в популяциях *T. biflora* в среднем на 23,06%, в популяциях *T. biebersteiniana* – на 13,7% по сравнению с контролем.

**Заключение.** Семена из природных популяций двух видов *Tulipa biebersteiniana* и *T. biflora* на следующий после репродукции год они имеют низкую всхожесть семян – на уровне 3,5–4,4%. При использовании для стратификации семян температуры +2°C и 0,001% раствора гетероауксина отдельно и совместно выявлено, что влияние первого фактора оказалось более эффективным для выведения из покоя семян обоих исследуемых видов.

**Ключевые слова:** тюльпан двуцветковый; тюльпан Биберштейна; популяция; всхожесть семян.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE AND GROWTH REGULATOR ON SPRING OF SEEDS FROM NATURAL POPULATIONS OF SPECIES OF THE GENUS *TULIPA* L. (LILIACEAE)

*Aduchieva M.G., Ochirova A.S., Garyaeva K.M.,  
Ubushaeva S.V., Lidzhieva N.Ts.*

**Background.** Identification of the effect of temperature and growth regulator on seed germination from species populations of *Tulipa biflora* and *T. biebersteiniana*, growing in natural plant communities.

**Materials and methods.** The research material was the collection of seeds of two species: *T. biflora* – from 8 natural populations, *T. biebersteiniana* – from 5 natural populations within the Republic of Kalmykia. To determine germination, GOST 12038-84 was used, adapting the studied types of bulb ephemeroïds.

**Results.** It was revealed that the germination period of all germinating seeds from the moment of their soaking and the appearance of newly sprouted seeds in the control was 18–30 days in *T. biebersteiniana* in only four populations; in *T. biflora* in six populations – 15–23 days; in some populations, germination was not noted. Under the influence of 0.001% solution of heteroauxin and temperature +2°C separately and with their combined action in populations of *T. biflora*, the germination period of all germinating seeds increased by 1–2 days, in populations of *T. biebersteiniana* it decreased by 2–10 days.

*In seeds from populations of both species in the control average germination is equal to: *T. biflora* 3.5%, *T. biebersteiniana* – 4.4%. In *T. biflora* seed germination on the background of 0.001% heteroauxin solution and temperature +2°C increased compared to the control 6.7 and 16.9 times, respectively, in *T. biebersteiniana*-2.1 and 5.3 times, respectively. Combined exposure to low temperatures and heteroauxin increased seed germination in *T. biflora* populations by an average of 23.06%, in *T. biebersteiniana* populations by 13.7% compared to control.*

**Conclusion.** *Seeds from natural populations of two species of *Tulipa biebersteiniana* and *T. biflora* the next year after reproduction they have low seed germination – at the level of 3,5–4,4%. When using a low positive temperature of +2°C and a 0,001% aqueous solution of heteroauxin for stratification of seeds separately and with their combined action, it was revealed that the influence of the first factor was more effective for removing the seeds of both species from dormancy.*

**Keywords:** *two-flowered Tulip; Biberstein Tulip; population; seed germination.*

В качестве исходного материала для интродукции и селекции видов растений выступает их природный генофонд. Природные виды растений, сформировавшиеся в длительном процессе эволюции, имеют резерв наследственной гетерогенности по многим хозяйственно-ценным признакам. Так, природные виды тюльпанов характеризуют зачастую большой красотой цветка в связи с оригинальностью их формы и значительной яркостью по сравнению с селекционными сортами [1]. По мнению И.И. Шамрова [2] род *Tulipa* мало изучен в отношении способов размножения и репродуктивных процессов. Тогда как следует согласиться с тем, что имея знания о биологии репродукции видов данного рода можно пытаться решать и проблемы увеличения и сохранения численности представителей рода в естественных популяциях и их интродукции, включая использование в цветоводстве.

Объектами нашего исследования являются два вида из семейства Liliaceae – тюльпан двуцветковый (*Tulipa biflora* Pall.) и т. Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult.). Опубликованные в литературе сведения об ареале и численности видов – это преимущественно информация, приведенная в Красных книгах [3–6]. И если, по другим видам тюльпанов в литературе можно найти сведения об их онтогенезе, филогении, биохимии и генетике, фитоценотической и эдафической приуроченности, то сведения по виду *T. biflora* незначительны [7–17 и др.].

На сегодняшний день исследуемые виды *Tulipa* подвержены сильному антропогенному прессу, что объясняет их включенность в Красную книгу Российской Федерации [4], а также во многие региональные Красные книги, включая Калмыкию [3,5–6 и др.].

В связи с вышеизложенным, целью исследования является выявление влияния температуры и регулятора роста на прорастание семян из видовых популяций *Tulipa biflora* и *T. biebersteiniana*, произрастающих в природных растительных сообществах.

Материалом для исследований послужили сборы семян обоих видов: *T. biflora* – из восьми природных популяций, *T. biebersteiniana* – из пяти природных популяций в пределах Республики Калмыкия. Для определения всхожести и энергии прорастания использовали межгосударственный стандарт «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» (ГОСТ 12038-84), адаптировав к исследуемым видам дикорастущих луковичных эфемероидов.

Динамику прорастания семян исследуемых видов изучали в контроле и трех вариантах опыта. В контроле проращивание семян производили на фоне отстоянной воды, при комнатной температуре +25°C. В опыте № 1 для проращивания семян использовали водный раствор гетероауксина, при концентрации 0,001% (концентрация рекомендованная производителем), учитывая большое количество исследований, в которых отмечали стимулирующее влияние стимуляторов роста на прорастание семян различных видов растений [18–20]. В опыте № 2 проращивание семян осуществляли на фоне низких положительных температур, при  $t +2^{\circ}\text{C}$ . В опыте № 3 оценивали совместное влияние на прорастание семян 0,001% раствора гетероауксина и температуры +2°C.

В контроле и трех вариантах опыта брали по 50 семян в четырех повторностях, всего объем выборки составил 200 семян для каждой популяции.

Посевные качества семян, как совокупность признаков и свойств, характеризующих пригодность семян для посева, предполагают изучение в первую очередь таких показателей, как энергия прорастания, всхожесть семян. Энергия прорастания или «дружность» прорастания семян у разных видов растений может учитываться в периоды, когда происходит наибольший прирост числа проросших семян. В нашем исследовании у видов *Tulipa* процесс прорастания семян был сильно растянут во времени. Поскольку количество проросших семян у видов *Tulipa* очень мало, особенно в контроле, то в нашем исследовании данный показатель начального роста растений не рассматривали.

Период прорастания всех всхожих семян *Tulipa biebersteiniana* с момента их замачивания в контроле в популяции № 4 составил 18 дней, в популяции № 3 – 20 дней, в популяции № 5 – 29 дней, в популяции № 2 – 30 дней, в популяции № 1 прорастания семян не отмечено. В популяциях данного вида с Ергенинской возвышенности имеется тенденция к увеличению всхожести семян при продвижении с ее северной части к центральной.

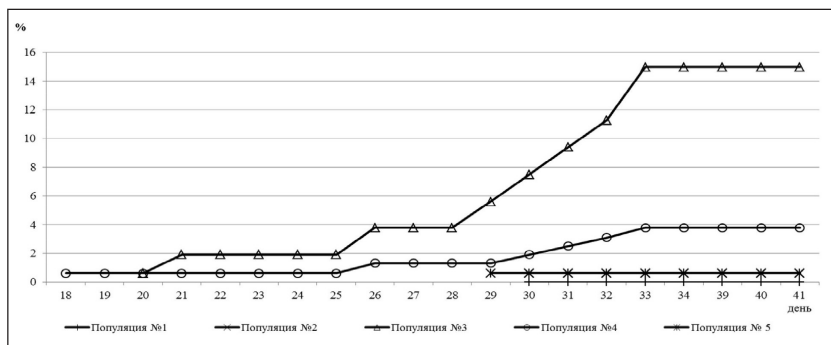


Рис. 1. Прорастание семян в популяциях *Tulipa biebersteiniana* по дням в контроле

У семян *Tulipa biflora* в контроле с момента их замачивания до появления всходов в ценопопуляциях № 1, № 4, и № 5 проходило 15 дней, в ценопопуляции № 2 – 20 дней, в ценопопуляции № 8 – 22 дня, в ценопопуляции № 6 – 23 дня, а в ценопопуляциях № 3 и № 7 прорастания семян не отмечалось.

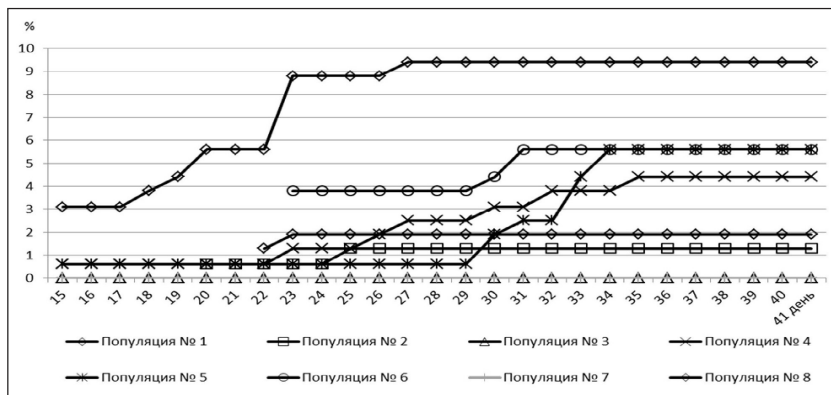


Рис. 2. Прорастание семян в популяциях *Tulipa biflora* по дням в контроле



Исследование динамики прорастания семян из видовых популяций позволило нам сделать рекомендацию, что всхожесть следует определять у вида *T. biflora* на тридцать пятый день, у *T. biebersteiniana* – на сороковой день с момента начала проращивания. В эти сроки во всех популяциях на разных фонах проращивания преимущественно заканчивалось дополнительное прорастание всхожих семян.

Таблица 1.

**Всхожесть (%) семян в ценопопуляциях *Tulipa biflora***

Популяция	Контроль		Опыт № 1		Опыт № 2		Опыт № 3	
	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$
№ 1	9,4	0,44	39,4	2,70	93,8	1,09	74,4	0,94
№ 2	1,3	0,26	10,6	1,36	59,4	2,34	21,9	1,31
№ 3	0,0	0,00	29,4	1,76	75,6	1,51	43,8	2,73
№ 4	4,4	0,68	36,9	3,26	71,9	0,78	41,3	5,08
№ 5	5,6	1,76	20,0	0,65	51,9	1,46	54,5	2,32
№ 6	5,6	0,78	19,4	1,88	51,3	2,49	13,1	2,09
№ 7	0,0	0,00	17,5	4,05	40,6	2,70	15,0	0,65
№ 8	1,9	0,44	11,3	1,42	26,3	1,37	40,0	3,31

У семян из популяций обоих видов в контроле всхожесть невелика и составляет в среднем у *T. biflora* 3,5%, *T. biebersteiniana* – 4,4% (табл. 1, 2).

У *T. biflora* всхожесть семян на фоне 0,001% водного раствора гетероауксина и низкой положительной температуры +2°C увеличилась по сравнению с контролем в 6,7 и 16,9 раза соответственно, у *T. biebersteiniana* увеличение происходило в 2,1 и 5,3 раза соответственно. Таким образом, влияние низкой положительной температуры +2°C оказалось более эффективным для стратификации семян обоих исследуемых видов. При этом семена *T. biflora* легче выводились из состояния покоя, что возможно обусловлено большей холодоустойчивостью данного вида, который в условиях Калмыкии начинает вегетировать раньше других видов тюльпанов и приступает к цветению, как только сходит снег, в первых числах апреля.

Совместное воздействие низкими температурами и гетероауксином увеличило всхожесть семян в популяциях *T. biflora* в среднем на 23,06%, в популяциях *T. biebersteiniana* – на 13,7% по сравнению с контролем, однако не имело кумулятивного эффекта и она была ниже, чем в опыте с использованием низкой температуры.

Таблица 2.

**Всхожесть (%) семян в популяциях *Tulipa biebersteiniana***

Популяция	Контроль		Опыт № 1		Опыт № 2		Опыт № 3	
	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$	%	$S_{\%}$
№ 1	0,0	0,0	5,0	0,91	19,4	0,44	14,2	1,60
№ 2	0,6	0,23	15,6	2,67	40,6	3,62	9,4	1,31
№ 3	13,1	1,64	13,8	1,42	25,0	2,16	26,9	3,48
№ 4	7,5	0,99	6,9	0,78	13,1	1,08	12,5	0,99

**Заключение**

Проведенный анализ биологии прорастания семян из природных популяций двух видов *Tulipa* показал, что на следующий после репродукции год они имеют низкую всхожесть семян, на уровне 3,5–4,4%. При использовании для стратификации семян низкой положительной температуры +2°C и 0,001% водного раствора гетероауксина отдельно и при их совместном действии выявлено, что влияние первого фактора оказалось более эффективным для стратификации семян обоих исследуемых видов.

**Список литературы**

1. Лыу Т.Н. Зависимость изменчивости морфологических признаков растений от окраски околоцветника в ценопопуляции *Tulipa gesneriana* / Т.Н. Лыу, Н.Ц. Лиджиева, Ц.В. Лиджигоряева // Научная мысль Кавказа, Ростов-на-Дону. 2015. № 4 (84). С. 119–123.
2. Шамров И.И. Морфологическая природа семязачатка и эволюционные тенденции его развития у цветковых растений // Ботанический журнал. 2006. Т. 91. №. 11. С. 1601–1635.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
4. Красная книга Краснодарского края. (Растения и грибы) / Отв. ред. С.А. Литвинская. 2-е изд. Краснодар: ООО «Дизайн Бюро № 1», 2007. 640 с.
5. Красная книга Ростовской области: в 2 т. Растения и грибы / Науч. ред. В.В. Федяева. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области, 2014. Т. 2. 344 с.
6. Красная книга Республики Калмыкия: в 2 т. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения растения и грибы / Отв. ред. Н.М. Бакташева. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2014. Т.2. 199 с.
7. Жукова, Л.А. Вопросы онтогенеза растений / Л.А. Жукова. Йошкар-Ола: изд-во МарГУ, 1988. 124 с.
8. Van Raamsdonk L.W.D. Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae). *Plant Syst.*, 1995, *Evol.* 195, pp. 13–44.

9. Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for «all» species of *Tulipa* L. (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 2009, vol. 281, pp. 217–245.
10. Kiani M., Memariani F., Zarghami H. Molecular analysis of species of *Tulipa* L. from Iran based on ISSR markers. *Plant systematics and evolution*, 2012, vol. 298, no. 8, pp. 1515–1522.
11. Christenhusz M.J.M., Govaerts R., David J.C., Hall T., Borland K., Roberts P.S., Tuomisto A., Buerki S., Chase M.W., Fay M.F. Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Bot. J. Linn. Soc.*, 2013, vol. 172, pp. 280–328.
12. Pourkhaloee A. et al. Molecular analysis of genetic diversity, population structure, and phylogeny of wild and cultivated tulips (*Tulipa* L.) by genic microsatellites. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 2018, vol. 59, no. 6, pp. 875–888.
13. Osmani M., Tuna M., Elezaj I.R. Concentration of some metals in soil and plant organs and their biochemical profiles in *Tulipa luanica*, *T. kosovarica* and *T. albatica* native plant species. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 2018, vol. 24, no. 6, pp. 1117–1126.
14. Шилова И.В. Характеристика сообществ с *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae) в Саратовской области / И.В. Шилова, Н.А. Петрова, А.С. Кашин, А.П. Забалуев // Биоразнообразии аридных экосистем. М.: Планета, 2014. С. 106–119.
15. Лыу Т.Н. Фитоценотическая приуроченность *Tulipa biflora* в государственном природном биосферном заповеднике «Черные земли» / Т.Н. Лыу, А.С. Очирова, Н.Ц. Лиджиева, Ж.В. Овадыкова // Научная мысль Кавказа, Ростов-на-Дону. 2015. № 4 (84). С. 115–119.
16. Лыу Т.Н. Эколого-фитоценотическая характеристика сообществ с участием ценопопуляций *Tulipa gesneriana* (Liliaceae) в заповеднике «Черные земли» / Т.Н. Лыу // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 5 (2). С. 308–313.
17. Lidzhiyeva N.C., Lyu T.N., Onkorova N.T., Ochirova A.S., Ovadykova Zh.V. Edafichesky conditions of growth cenopopulation of types of the sort *Tulipa* in the reserve «The Black soil» // Atlantis Press. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), 2019. vol. 1, pp. 616–620.
18. Воскобулова Н.И. Использование регуляторов роста и десикантов в семеноводстве сахарного сорго / Н.И. Воскобулова, А.А. Новикова // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 2 (80). С. 126–130.
19. Воскобулова Н.И. Эффективность использования росторегулирующих препаратов в технологии выращивания зерна кукурузы / Н.И. Воскобулова, А.А. Неверов, А.С. Верещагина // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 2 (90). С. 118–122.

20. Заводчикова Л.Д. Воздействие регуляторов роста на физиологические показатели и урожайность проса / Л.Д. Заводчикова, В.Н. Варавва, С.В. Харитоновна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 1 (5). С. 26–28.

### References

1. Luu T.N., Lidzhieva N.Ts., Lidzhigoryaeva C.V. Zavisimost' izmenchivosti morfologicheskikh priznakov rastenij ot okraski okolocvetnika v cenopopulyacii *Tulipa gesneriana* [The Dependence of the variability of morphological features of plants on the color of perianth in coenopopulations *Tulipa gesneriana*]. *Nauchnaya mysl' Kavkaza* [Scientific thought of Caucasus], 2015, vol.4 (84), pp. 119–123.
2. Shamrov I.I. Morfologicheskaya priroda semyazachatka i evolyutsionnye tendentsii ego razvitiya u tsvetkovykh rasteniy [Morphological nature of ovule and evolutionary tendencies of its development in flowering plants]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical magazine], 2006, vol. 91, no. 11, pp. 1601–1635.
3. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)]. Moscow: KMK Scientific Partnership, 2008. 885 p.
4. *Krasnaya kniga Krasnodarskogo kraya. (Rasteniya i griby)* [Red Book of Krasnodar Territory. (Plants and mushrooms)]. Krasnodar: OPO« Design Bureau № 1», 2007. 640 p.
5. *Krasnaya kniga Rostovskoy oblasti: v 2 t. Rasteniya i griby* [The Red Book of the Rostov region: in 2 tons. Plants and mushrooms]. Rostov-on-Don: Ministry of Natural Resources of the Rostov Region, 2014. vol. 2. 344 p.
6. *Krasnaya kniga Respubliki Kalmykiya: v 2 t. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya rasteniya i griby* [The Red Book of the Republic of Kalmykia: in 2 vol. Rare and endangered plants and mushrooms]. Elista: ZAOr «SPE «Dzhangar», 2014. vol. 2. 199 p.
7. Zhukova, L.A. Voprosy ontogeneza rastenij [Questions of plant ontogenesis] / L.A. Zhukova. Joshkar-Ola: izd-vo MarGU, 1988. 124 p.
8. Van Raamsdonk L.W.D. Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae). *Plant Syst.*, 1995, Evol. 195, pp. 13–44.
9. Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for «all» species of *Tulipa* L. (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 2009, vol. 281, pp. 217–245.
10. Kiani M., Memariani F., Zarghami H. Molecular analysis of species of *Tulipa* L. from Iran based on ISSR markers. *Plant systematics and evolution*, 2012, vol. 298, no. 8, pp. 1515–1522.

11. Christenhusz M.J.M., Govaerts R., David J.C., Hall T., Borland K., Roberts P.S., Tuomisto A., Buerki S., Chase M.W., Fay M.F. Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Bot. J. Linn. Soc.*, 2013, vol. 172, pp. 280–328.
12. Pourkhaloee A. et al. Molecular analysis of genetic diversity, population structure, and phylogeny of wild and cultivated tulips (*Tulipa* L.) by genic microsatellites. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 2018, vol. 59, no. 6, pp. 875–888.
13. M. Osmani, M. Tuna, I.R. Elezaj, Concentration of some metals in soil and plant organs and their biochemical profiles in *Tulipa luanica*, *T. kosovarica* and *T. albanica* native plant species. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 2018, vol. 24, no. 6, pp. 1117–1126.
14. Shilova, I.V., Petrova N.A., Kashin A.S., Zabaluev A.P. Charakteristika soobshchestv s *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae) v Saratovskoj oblasti [Characteristics of communities with *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae) in the Saratov region]. *Bioraznoobrazie aridnyh ekosistem* [Biodiversity of arid ecosystems]. M.: Planeta, 2014, pp. 106–119.
15. Lyu T.N., Ochirova A.S., Lidzhieva N.Ts., Ovadykova Zh.V. Fitotsenoticheskaya priurochennost' *Tulipa biflora* v gosudarstvennom prirodnom biosferenom zapovednike «Chernye zemli» [Phytocenotic Confinement of *Tulipa biflora* in State Nature Biosphere Reserve «Black soil»]. *Nauchnaya mysl' Kavkaza* [Scientific Thought of Caucasus], 2015, no. 4 (84), pp. 115–119.
16. Ngok L.T. Ekologo-fitotsenoticheskaya kharakteristika soobshchestv s uchastiem tsenopopulyatsiy *Tulipa gesneriana* (Liliaceae) v zapovednike «Chernye zemli» [Ecological-phytocenotic characteristic of communities with the participation of cenopopulations of *Tulipa gesneriana* (Liliaceae) in the «Black Lands» reserve]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, vol. 18, no. 5-2, pp. 308–313.
17. Lidzhieva N.C., Lyu T.N., Onkorova N.T., Ochirova A.S., Ovadykova Zh.V. Edafichesky conditions of growth cenopopulation of types of the sort *Tulipa* in the reserve «The Black soil». *Atlantis Press. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST)*, 2019. vol. 1, pp. 616–620.
18. Voskobulova N.I., Novikova A.A. Ispol'zovanie regulyatorov rosta i desikantov v semenovodstve sakharnogo sorgo [The use of growth regulators and desiccants in seed production of sugar sorghum]. *Vestnik myasnogo skotovodstva* [Bulletin of meat cattle breeding], 2013, no 2 (80), pp. 126–130.

19. Voskobulova N.I., Neverov A.A., Vereshchagina A.S. Effektivnost' ispol'zovaniya rostoreguliruyushchikh preparatov v tekhnologii vyrashchivaniya zerna kukuruzy [The effectiveness of the use of growth-regulating drugs in the technology of growing corn grain]. *Vestnik myasnogo skotovodstva* [Bulletin of meat cattle breeding], 2015, no. 2 (90), pp. 118–122.
20. Zavodchikova L.D., Varavva V.N., Kharitonova S.V. Vozdeystvie regulatorov rosta na fiziologicheskie pokazateli i urozhaynost' prosa [The impact of growth regulators on the physiological indicators and yield of millet]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University], 2005, no. 1 (5), pp. 26–28.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Адучиева Марианна Грачевна**, магистрант

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
marianna.aduchieva@yandex.ru*

**Гаряева Кермен Михайловна**, магистрант

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
kermen1@lenta.ru*

**Очирова Александра Сергеевна**, аспирант

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
ochirova.alex@yandex.ru*

**Убушаева Саглара Владимировна**, доцент кафедры агрономии

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
saglara-u@mail.ru*

**Лиджиева Нина Цереновна**, д.б.н., профессор кафедры общей биологии и физиологии  
*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»*  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
*for-lidjieva@yandex.ru*

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

**Aduchieva Marianna Grachevna**, Graduate Student  
*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova*  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
*marianna.aduchieva@yandex.ru*

**Garyaeva Kermen Mikhailovna**, Graduate Student  
*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova*  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
*kermen1@lenta.ru*

**Ochirova Aleksandra Sergeevna**, Postgraduate Student  
*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova*  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
*ochirowa.alex@yandex.ru*  
ORCID: 0000-0001-9924-3368

**Ubushaeva Saglara Vladimirovna**, Candidate of Agriculture, Associate Professor of the Department of Agronomy  
*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova*  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
*saglara-u@mail.ru*

**Lidzhieva Nina Tserenovna**, Doctor of Biology, Professor Department of General Biology and Physiology  
*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova*  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
*for-lidjieva@yandex.ru*  
SPIN-code: -3661-2682  
ORCID: 0000-0003-2668-698X

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-23-33

УДК 582.572.8 (470.47)

## ПЛОТНОСТЬ И ВИТАЛИТЕТНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TULIPA BIFLORA* PALL. (LILIACEAE) В ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Очирова А.С.*

**Цель.** Характеристика плотности и виталитетной структуры ценопопуляций *Tulipa biflora* Pall. (Liliaceae) в Прикаспийской низменности (в пределах Республики Калмыкия).

**Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили две видовые популяции тюльпана двуцветкового, произрастающие в естественных растительных сообществах в Прикаспийской низменности. Выделение онтогенетических состояний отдельных растений тюльпана двуцветкового и учет плотности производили в соответствии с классическими методиками, модифицированными к луковичным эфемероидам.

Оценку жизнеспособности ценопопуляций тюльпана двуцветкового в трехлетний период исследования производили с помощью определения критерия  $Q$  по Ю.А. Злобину и индекса жизнеспособности  $IVC$ .

**Результаты.** Плотность растений тюльпана двуцветкового в популяции № 1 составила в среднем на 0,25 кв.м в 2013 году 26,3, в 2014 году – 15,2, в 2015 году – 10,9 растения. В период исследования плотность растений тюльпана двуцветкового в популяции № 2 была значительно больше, чем в ценопопуляции № 1.

В популяциях тюльпана двуцветкового плотность была наибольшей в первый год исследования и составила в среднем 26,3–29,9 растения на 0,25 кв.м., в два последующих года была она существенно ниже.

Анализ температурных данных и объема осадков в течение марта месяца, предшествующего вегетации растений тюльпана двуцветкового, выявил, что частота растений вида в обеих популяциях была скоррелирована с объемом выпавших осадков.

В двух исследованных ценопопуляциях тюльпана двуцветкового в период исследования частоты разных классов виталитета были характерной для депрессивных ценопопуляций. Принадлежность их к данному вита-



литетному типу подтвердили также вычисленные значения индексов жизнестойкости  $Q$  и  $IVC$ .

**Заключение.** В Прикаспийской низменности в условиях природных фитоценозов плотность растений в ценопопуляциях тюльпана двуцветкового составляла 14,2–29,9 особей на 0,25 кв.м. Популяции тюльпана двуцветкового в Прикаспийской низменности в трехлетний период исследования относились к депрессивному виталитетному типу.

**Ключевые слова:** ценопопуляция; тюльпан двуцветковый; плотность; виталитетная структура популяции.

## DENSITY AND VITALITY STRUCTURE OF POPULATIONS OF *TULIPA BIFLORA* PALL. (LILIACEAE) IN THE CASPIAN LOWLAND

*Ochirova A.S.*

**Background.** The characterization of the density and vitality structure of populations of *Tulipa biflora* Pall. (Liliaceae) in the Caspian lowland (within the Republic of Kalmykia).

**Materials and methods.** Two species populations of the two-flowered Tulip growing in natural plant communities in the Caspian lowland served as the material for the research. Isolation of ontogenetic States of individual Tulip plants and density accounting was performed in accordance with classical methods modified to bulbous ephemeroids.

Assessment of the vitality of the two-flowered Tulip cenopopulations in the three-year period of the study was performed by determining the criterion  $Q$  by Yu. A. Zlobin and the vitality index  $IVC$ .

**Results:** The density of Tulip plants in population № 1 was an average of 0,25 sq. m. in 2013 26,3, in 2014 – 15,2, in 2015 – 10,9 plants. During the study period, the density of Tulip plants in population № 2 was significantly higher than in coenopopulation № 1.

In the populations of the two-flowered Tulip, the density was highest in the first year of the study and averaged 26,3–29,9 plants per 0,25 sq. m., in the next two years it was significantly lower.

The analysis of temperature data and precipitation during March the month preceding the vegetation of Tulip plants revealed that the frequency of plants of the species in both populations was correlated with the amount of precipitation.

*In the two studied coenopopulations of the two-flowered Tulip during the study period, the frequency of different classes of vitality was characteristic of depressive coenopopulations. Their belonging to this vital type was also confirmed by the calculated values of the vitality indices Q and IVC.*

**Conclusion.** *In the Caspian lowland under the conditions of natural phytocenoses, the density of plants in the coenopopulations of the two-flowered Tulip was 14,2–29,9 individuals per 0,25 sq. m. the Populations of the two-flowered Tulip in the Caspian lowland in the three-year period of the study belonged to the depressive vital type.*

**Keywords:** *coenopopulation; two-flowered Tulip; density; vital structure of the population.*

Во флоре Республики Калмыкия особенно подвержены угрозе сокращения численности виды из семейства Лилейные в связи с возрастающим антропогенным воздействием. В числе работ, в которых исследовали биоморфологию, цитологию и популяционную экологию представителей Лилейных [1–9 и др.], мало проведенных в аридных условиях [10].

Объект проведенного исследования – тюльпан двуцветковый (*Tulipa biflora* Pall.), являющийся представителем семейства Liliaceae, подлежит к охране в ряде регионов России [11–13]. В региональной Красной книге [14] тюльпан двуцветковый имеет категорию редкости «редкий вид».

В связи с вышеизложенным, целью исследования явилась характеристика плотности и виталитетной структуры ценопопуляций *Tulipa biflora* Pall. (Liliaceae) в Прикаспийской низменности.

В нашей работе в течение трех лет исследованы две видовые популяции тюльпана двуцветкового, одна из которых, ценопопуляция № 1, входила в состав эфемерово-луковичномятликово – полынного (*Artemisia – Poabulbosa – Ephemerosa*) фитоценоза, другая, ценопопуляция № 2, – в состав луковичномятликово-лерхопопынного (*Artemisia lerchiana – Poa bulbosa*) фитоценоза. Оба сообщества приурочены к бурым пустынно-степным солонцеватым почвам. Поскольку тюльпан двуцветковый является моцентрической биоморфой, счетной единицей в популяции вида считали самостоятельный растительный организм, представляющий собой особь семенной репродукции [15–17].

В пределах фитоценозов, к которым приурочены исследуемые популяции тюльпана двуцветкового, были заложены транссекты из десяти площадок таким образом, чтобы вошли типичные места обитания вида в сообществе [15, 16]. На всех площадках проводили подсчет особей раз-

ных онтогенетических состояний. Плотность рассматривали как среднее для данной популяции число особей на учетной площадке размером 0,5x0,5 кв.м.

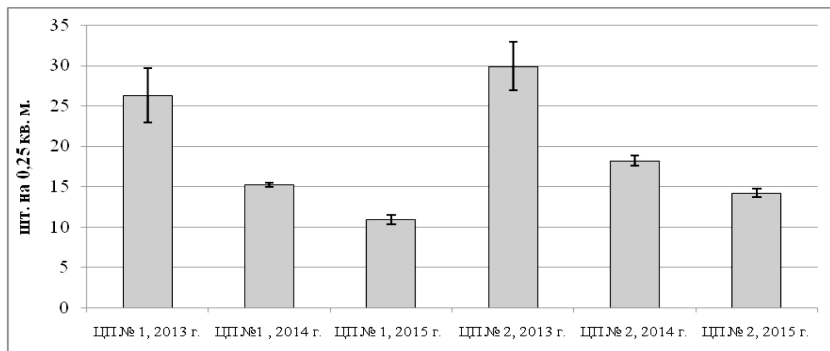
Выделение онтогенетических состояний отдельных растений проводили в соответствии с классическими методиками, модифицированными к луковичным эфемероидам [18, 19].

Оценку виталитетной структуры популяций проводили, используя морфологические признаки растений по методу Ю.А. Злобина [17] с определением критерия Q и через определение индекса жизненности IVC [20], которые позволили затем произвести ранжирование популяций по уровню их жизненности. При вычислении обоих показателей жизненности использовали высоту растений, поскольку данный признак, из всех возможных изучить на живых растениях в естественных условиях произрастания, является одним из наиболее показательных в отношении характеристики виталитета.

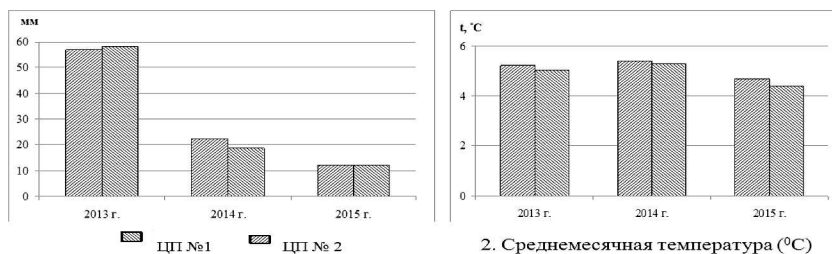
Одной из характеристик популяций растений, позволяющих оценить их состояние является плотность. Плотность растений тюльпана двуцветкового в популяции № 1 в трехлетний период исследования варьировала от 5 до 44 особей, составив в среднем на 0,25 кв.м в 2013 году 26,3, в 2014 году – 15,2, в 2015 году – 10,9 растения. Предельные частоты растений тюльпана двуцветкового на учетных площадках в период исследования в популяции № 2 составили 6–38 особей, обнаружив в среднем на 0,25 кв.м в 2013 году 29,9, в 2014 году – 18,2, в 2015 году – 14,2 растения. В период исследования плотность растений тюльпана двуцветкового в популяции № 2 больше, чем в ценопопуляции № 1.

В популяциях тюльпана двуцветкового плотность была наибольшей в первый год исследования (2013 г.) и составило в среднем 26,3–29,9 растения на 0,25 кв.м. В популяции № 1 на следующий год среднее число растений на учетной площадке уменьшилось на 15,2 ( $t_{diff}=3,32$ , при  $P<0,05$ ), в последний год исследования - на 10,9 ( $t_{diff}=4,57$ , при  $P < 0,05$ ) растений на 0,25 кв.м. В популяции № 2 в сравнении с первым годом исследования это различие было особенно сильно в 2015 г. - 14,2 ( $t_{diff}=5,20$ , при  $P< 0,05$ ) растений (рис. 1).

Поскольку в рассматриваемый трехлетний период исследования основными изменяющимися показателями в окружающей обе популяции среде были погодные условия, то полученные данные по плотности растений были сопоставлены с основными климатическими факторами. Анализ температурных данных и объема осадков в течение марта (месяца предшествующего вегетации растений тюльпана двуцветкового) выявил, что частота растений вида в обеих популяциях коррелирует с объемом выпавших осадков (рис. 2).



**Рис. 1.** Плотность растений (шт./на 0,25 м<sup>2</sup>) в популяциях тюльпана двуцветкового: ЦП – ценопопуляция



1. Среднемесячный объем осадков (мм)

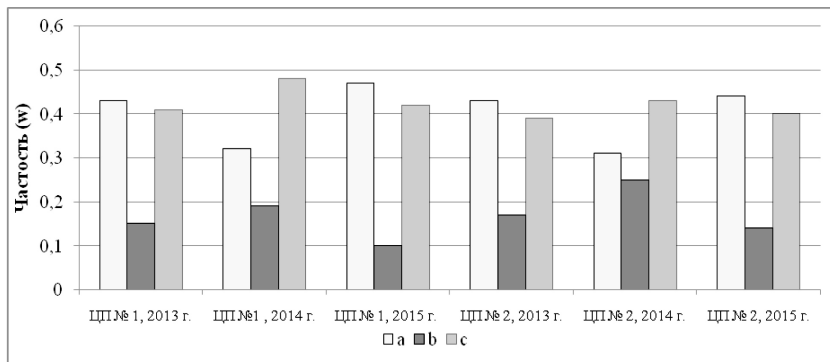
2. Среднемесячная температура (°C)

**Рис. 2.** Среднемесячные объем осадков (мм) и температура (°C) марта в годы исследования в местах произрастания тюльпана двуцветкового по данным метеостанций: ЦП – ценопопуляция

Определению индекса жизнестойкости Q по Ю.А. Злобину [10] предшествовало распределение особей по классам виталитета. В ценопопуляции № 1 тюльпана двуцветкового первый год исследования данное распределение выглядело таким образом: частота класса «а» (высокие растения) достигала 0,43; класса «b» (растения с промежуточным ростом) – 0,15; класса «с» (низкие растения) – 0,41. Индекс жизнестойкости Q в данной ценопопуляции имел в этот год значение 0,29 и он значительно меньше частоты особей в классе «с», что позволило определить виталитетный тип ценопопуляции № 1 как «депрессивный».

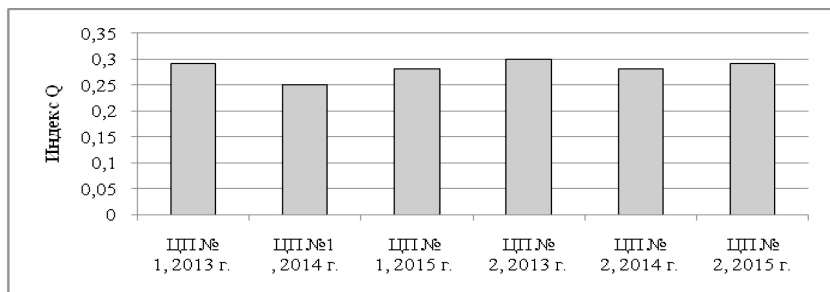
В 2014 году в данной ценопопуляции уменьшилась доля растений класса «а» на 10,6%, в то время как доля особей классов «b» и «с» возросла на 3,9 и 6,6% соответственно, что привело к снижению индекса Q до 0,25, что свидетельствует об еще большем уровне депрессивности популяции.

В последний год исследования по трем классам виталитета отмечалась обратная тенденция в сравнении с 2014 годом: возрастание доли класса «а» на 14,5% и снижение доли растений двух других классов. Это обусловило увеличение индекса жизненности до 0,28, однако популяция сохранила свой депрессивный статус (рис. 3, 4).



**Рис. 3.** Типы виталитетных спектров ценопопуляций тюльпана двуцветкового в годы исследования: ЦП – ценопопуляция

В ценопопуляции № 2 тюльпана двуцветкового в в три года исследования частоты разных классов виталитета были также характерны для депрессивных ценопопуляций: для класса «а» от 0,31 в 2014 году до 0,44 в 2015 году, для класса «б» – от 0,14 в 2015 году до 0,25 в 2014 году, класса «с» – от 0,39 в 2013 году до 0,43 в 2015 году. Значение индекса Q в период исследования в 2015 году возросло в сравнении с двумя предыдущими годами исследования.



**Рис. 4.** Оценка жизненности ценопопуляций тюльпана двуцветкового по размерному спектру Q: ЦП – ценопопуляция

Другой индекс жизнениности – IVC, при его использовании для характеристики виталитетной структуры обеих популяций тюльпана двуцветкового, произрастающих в Прикаспийской низменности, варьировал в период исследования в ценопопуляции № 1 на уровне 0,88–0,91; в ценопопуляции № 2 – 1,09–1,12. При этом в ценопопуляции № 2 во все три года исследований значения индекса IVC большие в сравнении с ценопопуляцией № 1, что свидетельствует, на наш взгляд, о более предпочтительных для вида экологических условий для произрастания растений (рис. 5).

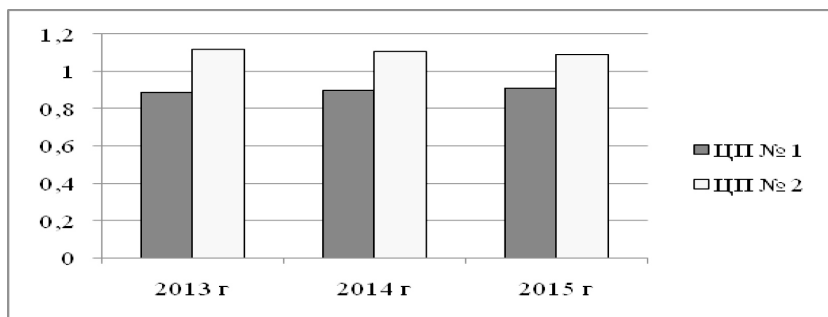


Рис. 5. Оценка жизнениности ценопопуляций тюльпана двуцветкового по индексу виталитета IVC: ЦП – ценопопуляция

### Заключение

В Прикаспийской низменности в условиях природных фитоценозов плотность растений тюльпана двуцветкового ценопопуляциях варьировала от 14,2 до 29,9 особей на 0,25 кв.м. На динамику плотности растений в ценопопуляциях по годам существенное влияние оказывали климатические условия года, особенно объем осадков.

Популяции тюльпана двуцветкового в Прикаспийской низменности в трехлетний период исследования, несмотря на их разную эколого-фитоценологическую принадлежность, относились к депрессивному виталитетному типу.

Полученные данные пополняют базу данных по биологии и экологии тюльпана двуцветкового в аридных условиях, могут стать основой мониторинга состояния данных ценопопуляций.

### Список литературы

1. Мухаметшина Л.В., Муллабаева Э.З., Ишмуратова М.М. Изменчивость морфологических признаков некоторых видов рода *Tulipa* L. на Южном

- Урале // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. №. 5-5. С. 1650–1653.
2. Мухаметшина Л.В., Муллабаева Э.З., Ишмуратова М.М. Особенности биологии и ценопопуляционные характеристики видов рода *Tulipa* L. на Южном Урале // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2015. №. 2. С. 101–108.
  3. Рябинина З.Н., Диденко Е.Н. Популяционные исследования некоторых видов семейства Liliaceae // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 3. №. 15-1. С. 19–23.
  4. Структура ценопопуляций *Tulipa gesneriana* L.(Liliaceae) в Саратовской области / Кашин А.С., Петрова Н.А., Шилова И.В., Корнеев М.Г., Ермолаева Н.Н. // Биоразнообразие аридных экосистем. 2014. С. 86–105.
  5. Kutlunina N.A., Polezhaeva M.A., Permyakova M.V. Morphologic and AFLP analysis of relationships between tulip species *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae) // Russian journal of genetics, 2013, vol. 49, no 4, pp. 401–410.
  6. Shorina N.I., Smirnova O.V. The Population Biology of Ephemerooids // The Population Structure of Vegetation. Springer, Dordrecht, 1985, pp. 225–240.
  7. Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for «all» species of *Tulipa* L. (Liliaceae) // Plant Systematics and Evolution, 2009, vol. 281, pp. 217–245.
  8. Chernysheva O., Bukin Y., Krivenko D. The morphometric characters variability analysis of *Tulipa uniflora* (Liliaceae) in the Angara Region (Irkutsk Oblast, Russia) // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2018, 21 August 2018, vol. 11. P. 00009.
  9. Van Raamsdonk L.W.D., De Vries T. Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae) // Plant Systematics and Evolution, 1995, vol. 195, no. 1-2, pp. 13–44.
  10. Нгок Л.Т., Очирова А.С., Лиджиева Н.Ц. Изменчивость морфологических признаков растений и виталитетная структура ценопопуляций видов рода *Tulipa* (Liliaceae) в заповеднике «Черные земли» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. №. 5-2. С. 314–319.
  11. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
  12. Красная книга Краснодарского края. (Растения и грибы) / Отв. ред. С.А. Литвинская. 2-е изд. Краснодар: ООО «Дизайн Бюро № 1», 2007. 640 с.
  13. Красная книга Ростовской области: в 2 т. Растения и грибы / Науч. ред. В.В. Федяева. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области, 2014. Т. 2. 344 с.

14. Красная книга Республики Калмыкия: в 2 т. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения растения и грибы / отв. ред. Н.М. Бакташева. Элиста: ЗАОР «НПП «Джангар», 2014. Т.2. 199 с.
15. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Отв. ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова. М.: Наука, 1976. 217 с.
16. Ценопопуляций растений / Отв. ред. Т.И. Серебрякова. М.: Наука, 1977. 173 с.
17. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. 1989. 146 с.
18. Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отделение биол. 1960. Т. 65. Вып. 3. С. 77–92.
19. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М.: Наука, 1967. С. 3–8.
20. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iremelica* Boriss. по размерному спектру // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии. 2004. С. 80–85.

### References

1. Mukhametshina L.V., Mullabaeva E.Z., Ishmuratova M.M. Izmenchivost' morfologicheskikh priznakov nekotorykh vidov roda *Tulipa* L. na Yuzhnom Urale [Variability of morphological features of some species of the genus *Tulipa* L. in the southern Urals]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestiya Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences], 2014, V. 16, no. 5-5, pp. 1650–1653.
2. Mukhametshina L.V., Mullabaeva E.Z., Ishmuratova M.M. Osobennosti biologii i tsenopopulyatsionnye kharakteristiki vidov roda *Tulipa* L. na Yuzhnom Urale [Features of biology and cenopopulation characteristics of species of the genus *Tulipa* L. in the southern Urals]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle»* [Bulletin of the Udmurt University. Series «Biology. earth science»], 2015, no. 2, pp. 101–108.
3. Ryabinina Z.N., Didenko E.N. Populyatsionnye issledovaniya nekotorykh vidov semeystva Liliaceae [Population studies of some species of the family Liliaceae]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya Orenburg state agrarian University], 2007, vol. 3, no. 15-1, pp. 19–23.
4. Kashin A.S., Petrova N.A., Shilova I.V., Korneev M.G., Ermolaeva N.N. Struktura tsenopopulyatsiy *Tulipa gesneriana* L.(Liliaceae) v Saratovskoy oblasti [Structure of coenopopulations of *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae) in Saratov



- region]. *Bioraznoobrazie aridnykh ekosistem* [Biodiversity of arid ecosystems], 2014, pp. 86–105.
5. Kutlunina N. A., Polezhaeva M. A., Permyakova M. V. Morphologic and AFLP analysis of relationships between tulip species *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae). *Russian journal of genetics*, 2013, vol. 49, no 4, pp. 401–410.
  6. Shorina N.I., Smirnova O.V. The Population Biology of Ephemeroïds. *The Population Structure of Vegetation*. Springer, Dordrecht, 1985, pp. 225–240.
  7. Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for «all» species of *Tulipa* L. (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 2009, vol. 281, pp. 217–245.
  8. Chernysheva O., Bukin Y., Krivenko D. The morphometric characters variability analysis of *Tulipa uniflora* (Liliaceae) in the Angara Region (Irkutsk Oblast, Russia). *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018, 21 August 2018, vol. 11. P. 00009.
  9. Van Raamsdonk L.W.D., De Vries T. Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 1995, vol. 195, no. 1-2, pp. 13–44.
  10. Lyu T.N., Ochirova A.S., Lidzheva N.Ts. Izmenchivost' morfologicheskikh priznakov rasteniy i vitalitetnaya struktura tsenopopulyatsiy vidov roda *Tulipa* (Liliaceae) v zapovednike «Chernye zemli» [The variability of morphological features in plants and vitality structure of cenopopulations of species of genus *Tulipa* (Liliaceae) in the natural reserve «The Black soil»]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, vol. 1, no. 5 (2), pp. 314–319.
  11. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)]. Moscow: KMK Scientific Partnership, 2008. 885 p.
  12. *Krasnaya kniga Krasnodarskogo kraya. (Rasteniya i griby)* [Red Book of Krasnodar Territory. (Plants and mushrooms)]. Krasnodar: OPO« Design Bureau № 1», 2007. 640 p.
  13. *Krasnaya kniga Rostovskoy oblasti: v 2 t. Rasteniya i griby* [The Red Book of the Rostov region: in 2 tons. Plants and mushrooms]. Rostov-on-Don: Ministry of Natural Resources of the Rostov Region, 2014. vol. 2. 344 p.
  14. *Krasnaya kniga Respubliki Kalmykiya: v 2 t. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya rasteniya i griby* [The Red Book of the Republic of Kalmykia: in 2 vol. Rare and endangered plants and mushrooms]. Elista: ZAOr «SPE «Dzhangar», 2014. vol. 2. 199 p.

15. *Tsenopopulyatsii rasteniy (osnovnye ponyatiya i struktura)* [Cenopopulation of plants (basic concepts and structure)]. M.: Science, 1976. 217 p.
16. *Tsenopopulyatsiy rasteniy* [Cenopopulation of plants]. M.: Science, 1977. 173 p.
17. Zlobin Yu.A. Printsipy i metody izucheniya tsenoticheskikh populyatsiy rasteniy [Principles and methods of studying coenotic plant populations]. 1989. 146 p.
18. Uranov A.A. Zhiznennoe sostoyanie vida v rastitel'nom soobshchestve [The life condition of the species in the plant community]. *Byul. MOIP. Otdelenie biol.* [Bull. of the MOIP. Ser.of Biology], 1960, vol. 65, issue 3, pp. 77–92.
19. Uranov A.A. Ontogenez i vozrastnoy sostav populyatsiy [Ontogeny and age composition of populations]. *Ontogenez i vozrastnoy sostav populyatsiy tsvetkovykh rasteniy* [Ontogeny and age composition of populations of flowering plants]. M.: Science, 1967, pp. 3–8.
20. Ishbirdin A.R., Ishmuratova M.M. K otsenke vitaliteta tsenopopulyatsiy *Rhodiola iremelica* Boriss. po razmernomu spektru [To assess the vitality of coenopopulations of *Rhodiola iremelica* Boriss. on the size spectrum]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy populyatsionnoy biologii* [Fundamental and applied problems of population biology], 2004, pp. 80–85.

#### ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Очирова Александра Сергеевна**, аспирант

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»  
ул. Пушкина, 11. г. Элиста, 358009, Российская Федерация  
ochirowa.alex@yandex.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Ochirova Aleksandra Sergeevna**, Postgraduate Student

*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova  
11, Pushkin str., Elista, 358009, Russian Federation  
ochirowa.alex@yandex.ru  
ORCID: 0000-0001-9924-3368*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-34-47

UDC 637.1

## TYOLOGY OF BUILDINGS FOR DAIRY COWS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

*Tanja Trkulja, Miljan Erbez*

*In this paper, emphasis is on the clarification of existing models of dairy cows building (DBs) designs in Bosnia and Herzegovina (BA) in order to define their typology. The aim is to define the typologies of DBs with regard to existing design patterns and the analysis of the built objects. Several methodological procedures were applied in the collected data analysis. It is necessary to define the criteria for the classification of the DBs types and present a part of the results obtained during the conducted research. The criteria for this classification are: the productive herd size in DBs, base useful surface area of DBs; the form of the DBs base; the height of the DBs facade walls and the existence of roof openings on the DBs. Five main types and thirteen subtypes were marked. Their construction is complex and some design solutions (doors, loft area, height of the walls etc.) significantly determine the possibilities for further development of the farms.*

**Keywords:** *Architecture; Buildings for dairy cows; Construction; Typology; Bosnia and Herzegovina.*

### 1. INTRODUCTION

Within the architectural design methodology, the research process can be described as a search for an appropriate conceptual concept and an architectural solution for buildings of a particular typology. It starts by exploring the contextual conditions and potentials of the subject location on one side and the design parameters on the other side. All typologies of architectural buildings have their own specificities. Some of them are dominant, widespread and common in project practice (for example housing), while some are specific, unattainable and rarely projected. One of these specific typologies is buildings for dairy cows as crucial part of agricultural facilities.

Animals living on farms must feel comfortable, show good reproductive and productive characteristics, and eventually achieve good production. When designing and constructing a barn, it is necessary to pay special attention to the

use of modern technologies and equipment, because well-designed and well-equipped facilities enable high productivity and rationalization of individual work operations (feeding, milking, manure cleaning). Space where animals feel comfortable and where all the technological processes are conducted according to plan represent the starting point of economically justified livestock production (Trkulja, Erbez, 2018).

The level of sustainability of animal production depends on the use of modern housing systems. These systems ensure high productivity and quality of milk and meat and make the robotization of work possible. At the same time, they minimize the negative impact on the environment, including energy inputs by using renewable energy sources and ensuring livestock welfare (Borusiewicz, Mazur, 2017). However, it is necessary to take into account and understand the current practices in housing of domestic animals, as it is not economically justified and expected that each farmer makes a new barn in order to follow all the instructions.

Typologies offer a framework for analysing the technical issues in agricultural production, developing a range of relevant solutions adjusted to the needs and means of different types of farms and planning development operations (Landais, 1998). Typification of farming systems can also be an important tool as a component of an effective methodology for delimitation and categorisation of less-favoured areas (Bignal, McCracken, 1996; Zabbini et al., 2007; Mądry, 2016).

Landais (1998) also suggests that typologies contribute to improving the efficiency of the two basic remits of agricultural advisors. They help carrying out the diagnoses of farm functioning and advising farmers in terms of techno-economy. The comparison of the farm being analysed to other farms which are considered to be viable and of same type is what makes the basis of the advisors' work. Such comparisons involve bodies of techno-economic references indicating the values assumed by a set of variables which describe the structure and performances of a sample of farms in each type. Typologies serve as a frame for organising and structuring the references in the field.

In this paper, emphasis is on the clarification of existing models of DBs designs in BA in order to define their typology with regard to existing realized patterns (realized buildings). The aim of this paper is to define the typologies of DBs with regard to existing performed facilities and conducted analysis. The intention is to point out the possibility of defining the typology for this type of agricultural facilities and to clarify the existing architectural solutions for dairy cows housing in BA.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The research was conducted from December 5, 2013 to March 15, 2014. Totally 76 herds were visited once by a team of trained observers in eighteen municipalities in BA. On seventy farms, cows were tie-housed, and in just six farms in loose housing systems (cubicles or deep straws). Farms consisted of five to one hundred seven dairy cows per herd. Herds were visited between 7:30 a.m. and 3:00 p.m. Herds were located from 90 to 1, 200 meters above sea level, which reflects the actual dispersion of BA dairy sector. The measurement of height, width and length of the DBs was conducted by Laser distance meter PCE-LDM50 with measurement range of 0.05-50 m and accuracy of  $\pm 1.5$  mm. A systematic protocol was used in order to record data on each farm. This protocol was an adapted version of the one used in the Norwegian KUBYGG-project (Simensen et al., 2010).

Several methodological procedures were applied in the analysis of the collected data, which were focused on specific phases. The first part of the research implies the definition and analysis of the criteria for classifying the types of DBs. Based on the collected data all this is explained in the first part of the survey. The processing of collected data is determined by the methods of structural, functional and causal analysis, but also by the application of the induction method, reasoning from particular to general. This is because the types are defined for each criterion, in which the similar DBs are classified. Critical analysis, systematization and evaluation of the collected results of the empirical research indicate the state of the existing DBs in BA. This part of the research is based on the logical argumentation method because the research is based on theoretical clarity and involves the establishment of precisely defined relationships between the criteria.

The second part of the study involves the design of a typology for DBs. First, all the obtained results in the analysis of the criteria by synthesis are related to the basic typology formed on the basis of the number of herds. Then subtypes were formed for each type of DBs using the deduction method, reasoning from general to particular. In order to present the synthesized tabular presentation of the DBs typology, all the DBs have been approached and described individually. The results and contribution of the work are logically presented and argued in the concluding chapter.

## 3. RESULTS

The research results were derived from the analysis of the existing design patterns and built DBs in BA. The criteria for classifying the types of DBs and their analysis were defined first, and then their typology was defined.

### 3.1. Analysis of criteria for classification of DBs' types in BA

In this regard, the criteria for classifying DBs types are:

- productive herd size in the DBs;
- base useful surface area of the DBs (net surface);
- the form of the DBs base;
- the height of the DBs facade walls;
- the existence of roof openings on the DBs.

The basic typology based on the size of the productive herds is defined, while other criteria influence the classification of subtypes of the DBs.

#### 3.1.1. Productive herd size in the DBs

In Table 1, there is a basic DBs typology, which is made according to productive herd size – i.e. number of dairy cows in the herd at the moment of visit.

Table 1.

**Basic typology of DBs according to productive herd size**

Type	Production herd size	Number of DBs
T1	5–10 dairy cows	36
T2	11–20 dairy cows	19
T3	21–30 dairy cows	12
T4	31–50 dairy cows	4
T5	>51 dairy cow	5

This DBs analysis by number of herds primarily affects the conceptualization of the basic typology of the DBs, which defines the five basic types.

#### 3.1.2. Base useful surface area of the DBs

In order to analyze the base useful surface area of DBs (Table 2), the ranges that depend on the number of animals (basic typology) were established.

Table 2.

**Base useful surface area DB according to productive herd size**

Type	Base useful surface area of DBs	The classification of types according to the base useful surface area of DBs = number of DBs
T1	40-254,2 m <sup>2</sup>	40-80m <sup>2</sup> =25; 80-200m <sup>2</sup> =10; =200m <sup>2</sup> =1
T2	46,7-317,5 m <sup>2</sup>	40-120m <sup>2</sup> =12; 120-220m <sup>2</sup> =5; =220m <sup>2</sup> =2
T3	58,1-548 m <sup>2</sup>	60-180m <sup>2</sup> =4; 180-300m <sup>2</sup> =6; =300m <sup>2</sup> =2
T4	132,3-576 m <sup>2</sup>	100-300m <sup>2</sup> =2; 400-600m <sup>2</sup> =2
T5	318,7-2511,3 m <sup>2</sup>	300-500m <sup>2</sup> =3; 1800-2500m <sup>2</sup> =2

### ***3.1.3. The form of the DBs base***

The form of the DBs base implies the relationship between the length and the width of the building and refers to three basic divisions: buildings with square base (ratio about 1:1), buildings with rectangular base (the ratio of 1:1.5 - 1:2.5), and buildings with an elongated rectangular base (the ratio of 1:3 - 1:3.5).

The analysis showed that DBs of up to ten cows mostly have the rectangular base (94% or 34 DBs). Two DBs have the elongated rectangular base (6%). DBs with eleven to twenty cows are also mainly of rectangular base (18 DBs or 95%), while only one DB has an elongated rectangular base (5%).

DBs with twenty-one to thirty cows are again mainly with rectangular base (9 DBs or 75%), two DBs have a square base (17%), while only one DB has an elongated rectangular base (8%). DBs with a square base exist only within this type.

DBs with thirty-one to fifty cows are equally with rectangular (2 DBs or 50%) and an elongated rectangular base (2 DBs or 50%). DBs with more than fifty-one cows are mainly with rectangular base (4 DBs or 80%), while only one DB has an elongated rectangular base (20%).

With the analysis of all the seventy-six DBs, regardless of the number of dairy cows, it is concluded that the DBs with a rectangular base are dominant (88% or 67 DBs). Seven of DBs have elongated rectangular base (9%) and only two DBs (3%) have a square base.

### ***3.1.4. The height of the facade walls of the DBs***

The analysis of the DBs according to the height of the facade walls has also been done within the basic typology according to the number of animals. Three types were defined: low-rise buildings (height 1.8-2.5 m), medium-rise buildings (height 2.5-3.5 m) and high-rise buildings (height 3.5-4.5 m). The analysis shows that small DBs of up to ten cows are mostly low-rise buildings (26 DBs or 72%) and medium-rise buildings (10 DBs or 28%). Dairy buildings with eleven to twenty cows are also mostly low-rise buildings (9 DBs or 47%), medium-rise buildings (7 DBs or 37%) and high-rise buildings (3 DBs or 16%).

Dairy buildings with twenty-one to thirty cows are mostly medium-rise buildings (9 DBs or 75%). Two DBs are low-rise buildings (17%) and only one of them is a high-rise building (8%). Dairy buildings of thirty-one to fifty cows are mostly high-rise buildings (3 DBs or 75%) and one is a medium-rise building (25%).

Dairy buildings with more than fifty-one cows are equally low-rise (2 DBs or 40%) and medium-rise buildings (2 DBs or 40%), while only one is high-rise building (20%). When looking at the analysis of all the seventy-six DBs, regardless of the number of cows, the low-rise buildings are dominant (39 DBs or 51%). These are followed by the medium-rise buildings (29 DBs or 38%) and high-rise buildings (8 DBs or 11%).

### ***3.1.5. The existence of roof openings on the DBs***

Two types of DBs are defined in relation to the existence of roof openings: DBs with roof opening and DBs without a roof opening. The analysis shows that small DBs of up to ten cows are mostly without a roof opening (34 DBs or 94%), while 6% of the DBs are with the roof opening (2 DBs). Dairy buildings with eleven to twenty cows are also mostly without a roof opening (16 DBs or 84%), while 16% are with a roof opening (3 DBs). DBs with twenty-one to thirty cows are equally without a roof opening (6 DBs or 50%) and with a roof opening (6 DBs or 50%). Dairy buildings of thirty-one to fifty cows are also equally without a roof opening (50% or 2 DBs) and with a roof opening (2 DBs or 50%).


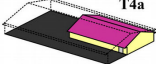
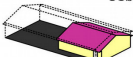
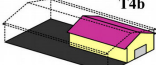
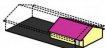
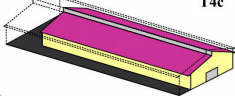
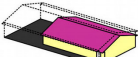
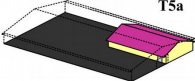
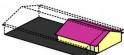
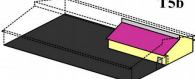
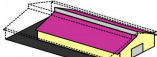
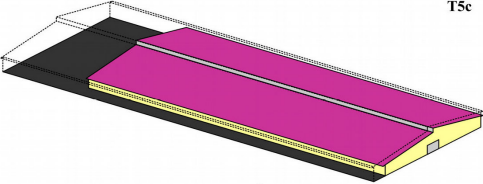
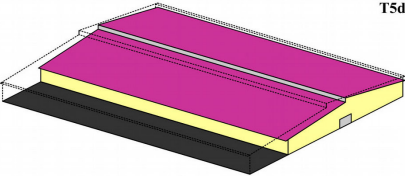
Dairy buildings with more than fifty-one cows are mainly with a roof opening (4 DBs or 80%), while only one DB (20%) is without the roof opening. The analysis performed on seventy-six DBs shows that there are fifty-nine DBs (78%) without the roof opening and seventeen DBs with the roof opening (22%).

### **3.2. Typology of DBs**

The DBs typology has been primarily based on the analysis according to the herd size (excluding calves). Five types have been identified and those were enriched with the characteristics defined by the analyzed criteria. Characteristics are assigned to types in relation to the dominant number of DBs appearing within certain criteria. The table shows the illustrations of types where the DBs are presented with minimal dimensions (for example: for T1a - surface area 40 m<sup>2</sup>, rectangular base 1:1.5, low DB height of facade walls 1.8 m and without roof opening).

The maximal dimensions of DBs are provided with a shaded base surface and a dotted line of the structure of the building (for example: for T1a – 80 m<sup>2</sup> area, rectangular base ratio 1:2.5, low DBs height of facade walls 2.5 m and without roof opening). Synthesis of the DBs types and their basic characteristics are shown in detail in Fig. 1.



<p><b>T1a</b></p>  <p>P=40-80m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=1,8-2,5m; NRW</p>	<p><b>T4a</b></p>  <p>P=100-300m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=1,8-2,5m; NRW</p>
<p><b>T1b</b></p>  <p>P=80-200m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=2,5-3,5m; NRW</p>	<p><b>T4b</b></p>  <p>P=100-300m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=3,5-4,5m; NRW</p>
<p><b>T2a</b></p>  <p>P=40-120m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=1,8-2,5m; NRW</p>	<p><b>T4c</b></p>  <p>P=400-600m<sup>2</sup>; REB 1:3-1:3,5; H=3,5-4,5m; YRW</p>
<p><b>T2b</b></p>  <p>P=120-220m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=2,5-3,5m; NRW</p>	<p><b>T5a</b></p>  <p>P=300-500m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=1,8-2,5m; NRW</p>
<p><b>T3a</b></p>  <p>P=60-180m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=1,8-2,5m; NRW</p>	<p><b>T5b</b></p>  <p>P=300-500m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=2,5-3,5m; YRW</p>
<p><b>T3b</b></p>  <p>P=180-300m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=2,5-3,5m; YRW</p>	<p><b>T5c</b></p>  <p>P=1800-2500m<sup>2</sup>; REB 1:3-1:3,5; H=2,5-3,5m; YRW</p>
	<p><b>T5d</b></p>  <p>P=1800-2500m<sup>2</sup>; RB 1:1,5-1:2,5; H=3,5-4,5m; YRW</p>

**Fig. 1.** Synthesis view and basic characteristics of DBs' types / subtypes (P = useful surface area of the DBs; RB = rectangular base form; REB = rectangular elongated base form; H = height of the facade walls of the DBs; YRW = with roof opening on the DBs; NRW = no roof opening on the DBs).

### 3.2.1. Type 1 (Subtypes T1a and T1b)

Type 1 represents the DBs with a productive herd of five to ten dairy cows. It occurs in two subtypes that differ in the surface of the building and the height of the facade walls. Subtype T1a represents the DBs surface area of 40 to 80

m<sup>2</sup> and low building height of facade walls from 1.8 to 2.5 m. The second one, subtype T1b is buildings of the base area of 80 to 200 m<sup>2</sup> and medium high DBs height of facade walls from 2.5 to 3.5 m. In both subtypes, DBs are with rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5) and without roof opening.

### **3.2.2. Type 2 (Subtypes T2a and T2b)**

Type 2 represents DBs with a productive herd of eleven to twenty dairy cows. It occurs in two subtypes that also differ in the surface of the building and the height of facade walls. Subtype T2a represents DBs surface area of 40 to 120 m<sup>2</sup> and low height of facade walls from 1.8 to 2.5 m. On the other hand, subtype T2b represents DBs surface area of 120 to 220 m<sup>2</sup> and medium-rise building height of facade walls from 2.5 to 3.5 m. In both subtypes, buildings are with rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5) and without a roof opening.

### **3.2.3. Type 3 (Subtypes T3a and T3b)**

Type 3 represents DBs with a productive herd of twenty-one to thirty dairy cows. It occurs in two subtypes that differ in the surface of the building, the height of the facade walls and the existence of the roof opening. Subtype T3a represents the DBs surface of the base of 60 to 180 m<sup>2</sup>, which have a low height of facade walls from 1.8 to 2.5 m and without a roof opening. On the other hand, subtype T3b represents DBs surface area of 180 to 300 m<sup>2</sup>, which are medium-rise high facade walls of 2.5 to 3.5 m and with a roof opening. In both subtypes DBs are with rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5).

### **3.2.4. Type 4 (Subtypes T4a, T4b and T4c)**

Type 4 represents DBs with a productive herd of thirty-one to fifty dairy cows. It occurs in three subtypes, out of which subtype T4a and subtype T4b differ only in height of facade walls, while their other characteristics are the same. Subtype T4a represents low-rise buildings, with the facade walls from 1.8 to 2.5m high, while subtype T4b represents buildings of high facade walls of 3.5 to 4.5m. Both subtypes represent DBs surface area of 100 to 300 m<sup>2</sup>, with a rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5) and without a roof opening. The subtype T4c represents the DBs surface of the base of 400 to 600 m<sup>2</sup>, which are of elongated rectangular base (ratio of width and length 1:3 - 1:3.5) and with the roof opening. These are high buildings with the facade walls of 3.5 to 4.5 m high.

### 3.2.5 Type 5 (Subtypes T5a, T5b, T5c and T5d)

Type 5 includes DBs with a productive herd with more than fifty-one dairy cows and those were dominantly loose housing barns. It appears in four subtypes, of which subtype T5a and subtype T5b have the same surface area of 300 to 500 m<sup>2</sup>, of rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5). Subtype T5a is a low-rise building with the facade walls of 1.8 to 2.5 m high and without a roof opening, while the subtype T5b is a medium-rise building with the facade walls from 2.5 to 3.5 m high and with a roof opening. Subtypes T5c and T5d also have the same surface area, much larger than the previous two subtypes - from 1800 to 2500 m<sup>2</sup> and appear with the roof hole. Objects belonging to subtype T5c have elongated rectangular base (ratio of width and length 1:3 - 1:3.5) with medium height of facade walls - from 2.5 to 3.5 m. The subtype T5d represents buildings of rectangular base (ratio of width and length 1:1.5 - 1:2.5) with high facade walls – from 3.5 to 4.5 m.

## 4. DISCUSSION

The majority of the farms visited in this research were small-scale farms, as it is typical for BA dairy sector (FAO, 2012; Glavić et al., 2017; Erbez et al., 2018). The analysis performed on seventy-six DBs shows that the surface of the DBs base does not depend on the productive herd size. For example, the surface of the base of 130 m<sup>2</sup> has DBs with a herd size of five to thirty-one cows. This points to the fact that in individual stalls with less animals space for cows is also used for other functions (storage of machinery and feedstuffs for example), or to the fact that some DBs have been inadequately built. Similar findings were recorded in Norway, where there were large variations of the size of spaces allocated for lactating cows in free stall barns, with 5.9 to 12.9 m<sup>2</sup> per a barn. Inadequate use of barn space could also be the reason of the inefficiency of small farms (Naess, Stokstad, 2011). Consequently, there is a lack of possibilities for investment (new animals, farm equipment, etc.) and according to Mazur et al. (2015) highest labour inputs.

When analyzing the form of DBs base, there were no special differences among the farms. Majority of the farms were of rectangular shape, which is almost regular approach in DBs construction regarding the farm management. However, this could also be due to better energy performance and heating in cold period of the year in comparison to the square shape (Tuhus-Dubrow, Krarti, 2010; Mokrzecka, 2018), as majority of the visited DBs had longer walls facing the south.

Majority of the DBs were with low or medium-rise buildings (89%). There are several explanations of this. Firstly, the majority of farms were older (tie-

stall housing system was in 92% of farms) and more demanding construction works on farm objects were not usual in private farms in the past. Secondly, the farmers probably thought that low-rise farms have lower energy consumption and thus were warmer in winter period. That is not always good for animals.

Roof openings are not quite common at visited barns in BA, especially the smaller ones. Therefore, this issue deserves better attention, primarily because of the importance of light in the barns since it affects the health of dairy cows. As it is known, the adequate amount of light could increase milk yield (Espinoza, Oba, 2017), but also health of animals (Dahl, Petittclerc, 2003).

In this research, five main types and thirteen subtypes were marked. The construction of the defined types/subtypes is complex and some design solutions (doors, loft area, height of the walls etc.) significantly determine the possibilities for further development of the farms. It is noticed that the number of dairy farms throughout the world has been decreasing while at the same time the number of the cows per herd has been increasing (Marco et al., 2008; Barkema et al., 2015). The authors didn't meet any similar findings in the available researches that deal with the DBs typology. Scientific papers are mainly related to the examination of the environmental impact on dairy farms (Bakken et al., 2017; Galloway et al., 2018), low-input dairy farming (Bijttebier et al., 2017), estimated release of nutrients into the environment on dairy farms (Schiavon et al., 2019), implementation of herd health plans (Blanco-Penedo et al., 2019), smart farming systems (Wolfert et al., 2017), designing agro-ecological farming systems with farmers (Lacombe, Couix, Hazard, 2018), etc. In BA, scientific papers are mainly engaged in the research: improving design of dairy cows housing (Trkulja, Erbez, 2018), indoor climatic status and welfare of dairy cows (Erbez et al., 2016; Važić et al., 2015; Jovović et al., 2014), etc.

## 5. CONCLUSION

It has been confirmed that there are many different approaches in the housing of dairy cows in BA. It can be noted that most farms are built according to the availability of sources, personal perception of constructors and their actual knowledge in the time when DBs were built. There is only a small number of DBs really intended for the purpose of housing of dairy cows and which fulfill the current understanding of dairy cows' welfare.

In this paper, concrete measures of DBs are given, i.e. the proportions of the DBs (base useful surface area, form of the base, height of the facade walls).

The paper also provides an overview of the individual functions that these buildings fulfill in terms of the welfare of animals, such as the existence of roof

openings and access to daylight for animals. Taking into account all the above mentioned, the results of this research offer the starting point and information relevant for the acquisition of the adequate politics, strategies or planned solutions for the reconstruction of facilities, all in order to improve the dairy sector in BA or other countries with the similar situation in the housing of dairy cows. In addition, the typology of DBs can also help define environmentally friendly actions. Further research in this field should be directed to the analysis of the efficiency of milk production, working processes on farms and health and welfare of dairy cows within the defined types and subtypes of DBs. In this way, in the process of architectural design, it is possible to improve the existing patterns and approaches.

## 6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank all the participating farmers for their help during the study. The study was financially supported by the Norwegian HERD programme [grant no. 332160 UU].

## References

1. Bakken A.K., Daugstad K., Johansen A., Hjelkrem A.G. R., Fystro G., Strømman A.H., Korsæth A., 2017. „Environmental impacts along intensity gradients in Norwegian dairy production as evaluated by life cycle assessments,“ *Agricultural Systems* 158(C), 50-60. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.09.001
2. Barkema H.W., Von Keyserlingk M.A.G., Kastelic J.P., Lam T.J.G.M., Luby C., Roy J.P., Kastelic & Kelton D.F., 2015. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science* 98(11), 7426-7445. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>
3. Bignal E.M., McCracken D.I., 1996. Low-intensity farming systems in the conservation of the countryside. *Journal of Applied Ecology* 33(3), 413-424. DOI: 10.2307/2404973
4. Bijttebier J., Hamerlinck J., Moakes S., Scollan N., Van Meensel J., Lauwers L., 2017. Low-input dairy farming in Europe: exploring a context-specific notion. *Agricultural Systems* 156, 43–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.016>
5. Blanco-Penedo I., Sjöström K., Jones P., Krieger M., Duval J., Soest F., Sundrum A., Emanuelson U., 2019. Structural characteristics of organic dairy farms in four European countries and their association with the implementation of animal health plans. *Agricultural Systems*, 173, 244-253. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.008>
6. Borusiewicz A., Mazur K., 2017. Environmental and economic conditioning of the breeding of dairy cattle. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(10), 5824-5832.

7. Dahl G.E., Petitclerc D., 2003. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *Journal of Animal Science* 81(3), 11–17. DOI: 10.2527/2003.81suppl\_311x
8. Erbez M., Važić B., Rogić B., Bøe K.E., Ruud L.E., 2018. Cow cleanliness in dairy herds with tie stall systems in Bosnia and Herzegovina. *Acta agriculturae Slovenica* 112(1), 11-17. DOI: 10.14720/aas.2018.112.1.2
9. Erbez M., Važić B., Boe K.E., Ruud L.E., 2016. Indoor climatic status during winter conditions in dairy herds in Bosnia and Herzegovina. *Acta agriculturae Slovenica*, 108/2, 121-125. doi:10.14720/aas.2016.108.2.6
10. Espinoza O.S., Oba M., 2017. Interaction effect of photoperiod management and dietary grain allocation on productivity of lactating dairy cows. *Canadian journal of animal science* 97(3), 517-525. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0234>
11. FAO, Regional office for Europe and Central Asia. 2012. The meat and dairy sector in Bosnia and Herzegovina. Preparation of IPARD sector analyses in Bosnia and Herzegovina (Contract number 2010/256–560). Rome, Italy: FAO.
12. Galloway, C., Conradie, B., Prozesky, H., Esler, K., 2018. Opportunities to improve sustainability on commercial pasture-based dairy farms by assessing environmental impact. *Agricultural Systems*, 166, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.008>
13. Glavić M., Zenunović A., Budiša A., 2017. The Production, Purchase and Processing of Milk in Bosnia and Herzegovina. *Agro-knowledge Journal* 18(3), 187–198. DOI: 10.7251/AGREN1703187G
14. Jovović V., Rogić B., Važić B., Bøe K.E., Ruud L.E., Erbez M., 2014. Examination of certain parameters affecting dairy cows' welfare in Bosnia and Herzegovina. In D. Kovačević (Ed.) Book of proceedings: *Fifth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2014“* (pp. 854–858). Available Online: [http://www.agrosym.rs.ba/agrosym/agrosym\\_2014/documents/PROCEEDINGS\\_2014.pdf](http://www.agrosym.rs.ba/agrosym/agrosym_2014/documents/PROCEEDINGS_2014.pdf)
15. Lacombe C., Couix N., Hazard L., 2018. Designing agroecological farming systems with farmers: A review. *Agricultural Systems*, 165, 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.06.014>
16. Landais E., 1998. Modelling farm diversity: new approaches to typology building in France. *Agricultural systems*, 58(4), 505-527. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(98\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(98)00065-1)
17. Mądry W., Roszkowska-Mądra B., Gozdowski D., & Hryniewski, R. (2016). Some aspects of the concept, methodology and application of farming system typology. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 19(1). Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume19/issue1/art-12.html>

18. Marco J.L., Cuesta T.S., Resch C.J., Álvarez C.J., 2008. Analysis of layout design models using a multi-criteria function: dairy housing in Galicia (NW Spain). *Transactions of the ASABE* 51(6), 2105-2111. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ISSN 0001-2351.
19. Mazur K., Barwicki J., Majchrzak M., Borek K., Wardal W.J., 2015. Economic analysis of non-litter cattle barns. *Agricultural Engineering* 19(1(153)), 95-106. DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2015.153.110>
20. Mokrzecka M., 2018. Influence of building shape and orientation on heating demand: simulations for student dormitories in temperate climate conditions. E3S Web of Conferences 44, 00117, EKO-DOK 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400117>
21. Næss G., Stokstad G., 2011. Dairy barn layout and construction: Effects on initial building costs. *Biosystems engineering* 109(3), 196-202. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2011.03.005
22. Schiavon S., Sturaro E., Tagliapietra F., Ramanzin M., Bittante G., 2019. Nitrogen and phosphorus excretion on mountain farms of different dairy systems. *Agricultural Systems*, 168(C), 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.10.006>
23. Simensen E., Østerås O., Bøe K.E., Kielland C., Ruud L.E., Næss, G., 2010. Housing system and herd size interactions in Norwegian dairy herds; associations with performance and disease incidence. *Acta Veterinaria Scandinavica* 52, 14. doi:10.1186/1751-0147-52-14
24. Trkulja T., Erbez M., 2018. Improving design of dairy cows housing in Bosnia and Herzegovina“. In: Proceedings of scientific conference with international participation *Contemporary theory and practice in construction XIII*, 510-524. DOI: 10.7251/STP1813510T; ISSN 2566-4484
25. Tuhus-Dubrow D., Krarti M., 2010. Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. *Building and environment*, 45(7), 1574-1581. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.005>
26. Važić B., Batinić V., Savić N., Erbez M., 2015. Characteristics of indoor microclimate status in goat barns in Bosnia and Herzegovina. *Special Issue - Livestock Housing Conference, Journal of Animal Science of Bosnia and Herzegovina*, 43-49. DOI: 10.7251/JAS1502043V
27. Zabbini E., Grandi S., Dallari F., 2007. Relative Remote Rural Areas (RRRA) in developed regions: An analysis of the Emilia-Romagna Region to support policy decision making. 1 – 29. *MPRA Paper* No. 4661, University Library of Munich, Germany. Available Online: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/4661/>

28. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.J., 2017. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems* 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

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

**Tanja Trkulja, Ph.D.**

*University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy*

*1A, Bulevar vojvode Petra, Bojovica 78000, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina*

*tanja.trkulja@aggf.unibl.org*

**Miljan Erbez, Ph.D.**

*Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of Republic of Srpska, Livestock Production Department*

*1, Trg Republike Srpske, 78000, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina*

*miljanerbez@gmail.com*



DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-48-55

UDC 638.2

## HEREDITARY VARIABILITY OF BIOLOGICAL FEATURES OF MULBERRY SILKWORM UNDER DIFFERENT CONDITIONS

*Mirzaeva Arzu Rafail gizi*

*For the study, mulberry silk was used for different feeding seasons (spring, summer, autumn) and adverse environmental conditions (high temperature, low humidity, poor quality feed) using Atlas-1 and Atlas-2 lines.*

*During the study, we calculated the selection and genetic parameters (selection variance (SD), genetic growth (R) and realized heritability ( $h^2R$ ) ratios) of the leading adaptive selection traits in successive generations of the Atlas-1 and Atlas-2 lines.*

*As a result, compared to the line control population, the Atlas 1 line had a higher rate than the Atlas 2 line for the selection variance. Genetic growth was higher in F7 and F8 than the F6 lineage of the Atlas 1 line. The satin 2 line was the lowest in F7 and the highest in F7 and F8 generations.*

*The biological parameters of both lines have a high barometric mass due to the hereditary coefficient, the barrel curtain mass is moderate, and the survival barrel silence is even lower.*

*Generally, both lines have the ability to be inherited by biological indicators. The results from our selection experiments confirmed our theoretical provisions and made it clear that adaptive breeding carried out under pessimistic feeding of all generations would be beneficial.*

**Keywords:** *Mulberry silk: hybrid; environmental factors; seasonal feeding; heritability; biological symptoms.*

## НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ

*Мирзаева Арзу Рафаил кызы*

*Исследование проводилось в различные периоды кормления (весна, лето, осень) и основывалось на неблагоприятные условия окружающей среды (высокая температура, низкая влажность, низкое качество корма) с использованием линий тутового шелкопряда Атлаз-1 и Атлаз-2.*

*В ходе исследования были выполнены расчеты ведущих признаков адаптивного отбора, селекционных и генетических параметров (селекционных дифференциалов ( $SD$ ), генетического воспроизводства ( $R$ ) и реализованной наследственности ( $h^2R$ )) в последовательных поколениях линий Атлаз-1 и Атлаз-2.*

*В результате, по сравнению с контрольной популяцией линии, линия Атлаз-1 имела более высокую скорость, чем линия Атлаз-2, для дисперсии выбора. Генетический рост был выше у  $F7$  и  $F8$ , чем у линии  $F6$  линии Атлаз-1. Линия Атлаз-2 была самой низкой в  $F7$  и самой высокой в поколениях  $F7$  и  $F8$ .*

*Биологические параметры обеих линий по коэффициенту наследственности были; масса живого кокона высокая, масса вуали кокона средняя, шелко-вистость живого кокона низкая, даже опускается до минусового показателя.*

*Как правило, обе линии обладают способностью наследоваться по биологическим показателям. Результаты наших селекционных экспериментов подтвердили предложенные нами теоретические положения и дали понять, что адаптивное разведение, путем вскармливания всех поколений в пессимистических условиях, будет полезным.*

**Ключевые слова:** *тутовый шелкопряд; гибрид; факторы экологической среды; сезонное питание; наследственность; биологический признак.*

## **Introduction**

Creation of breeds and hybrids adapted to climatic conditions, high-yielding and high-quality, local gene-pool and common commercial breeds and hybrids with global breeding intentions is important for our state today.

In modern agricultural animals breeding and intercultural duplication is used mainly as a traditional method. As a result, it is considered to be an effective method for the breeding of animal species. In modern agricultural animals breeding and intercultural duplication is used mainly as a traditional method. As a result, it is considered to be an effective method for the breeding of animal species.

The development of a new organism that results from a combination of two different sexes is accelerated, enhanced, and more productive, also called heterozygosity. In silkworm, heterozygous force and hybridization are widely used. Even silk is one of the most commonly used industries, which have grown from hybridization to extensive manufacturing and industrial scale (Nacheva, Tzenov, Petkov, 2004).

Increasing the productivity of mulberry silkworm breeds is achieved by breeders in the process of their selection, mainly by selection for biological features and sometimes for technological reasons. It is known that the selection effect directly depends on the value of the genetic parameter called the heri-

tability factor. However, this genetic parameter is not a constant quantity that remains constant. Changing the feeding conditions of the parent and offspring of mulberry silkworm's results in a change in the value of this genetic parameter, which in turn cause a change in the selection effect. It is worth noting that the impact of feeding on parents and offspring of mulberry silkworm on the hereditary coefficient of quantitative traits of mulberry silkworms, including biological ones, is one of the few issues that have been studied. For example, in Uzbekistan, the first study on the inheritance ratios for the control population based on our literature data began in the 70s of the last century on the inherited economic quantities of mulberry silkworms in the former Soviet Union. For the first time in the former USSR U. Nasirillayev (Nasirillaev, 1985) and in Azerbaijan under the leadership of U. Nasirillayev B. Abbasov (Abbasov, 2000) studied the hereditary biological characteristics of cocoon.

### Methodology and material

In practice of every three years, in spring, summer, and autumn seasons, from the 1st day of the fourth age until the end of feeding, the temperature in the greenhouse is 28–30°C (norm 23–24°C) and relative humidity is 50–55% (norm 70–75). % is kept low. By the age of 1 to 3 years, mulberry silk was fed 6 times a day (7–8 times) and 4 times (5 times the norm) during the fourth age.

As for both selection experiments, line selection of the line Atlas-1 and Atlas-2 started from the 1st generation and continued through the 8th generation, and we used “control populations” to determine the genetic effect of the selection (Mirzoeva, Karaev, Seidova, 2018; Stahl, Rush, Schiller, Vahal, 1973; Petkov, Petkov Z., Greiss, 2003).

Generation of offspring was made from unfavorable feeding options in each line, and biological indicators were determined.

On the basis of the numerical material obtained from the experiment, the inheritance coefficients of the biological productive traits of both lines were determined (Table 1–2).

The coefficient of actual inheritance is determined by the following formula (Stahl, Rush, Schiller, Vahal, 1973);

$$h_R^2 = \frac{R}{SD} = \frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_0}{\bar{X}_1 - \bar{X}_0}$$

- here the actual (real) selective effect of R activity is the difference between the mean values of the children of the selected and unselected parents ( $R = \bar{V}_1 - \bar{V}_0$ );

Difference in SD between the selection variance or the mean of the selected parent group and population ( $SD = \bar{X}_1 - \bar{X}_0$ );

In our analysis, we are guided by the following genetic clauses: It is known that the genetic effect of selection for any quantitative trait ( $R$ ), that is, the genetic increase in trait in the offspring, is the average phenotypic value of the offspring (Range). The genetic increase in trait in the offspring should be equal to the difference in the average phenotypic value ( $X_{par}$ ) of the offspring ( $X_{par}$ ) in the offspring, which is mathematically expressed by  $R = X_{offs} - X_{par}$  formula (Kenzhaev, 1981; Nasirillaev, 1985).

Our researchers have often conducted this experiment from F1 to F5. However, since many hybrids have lost their heterozygosity after the F5 generation, we have passed our experiment from F5 to F8, since the generation of mulberry silk breeds is expected to produce at least 9–12 generations which causes some indicators to change.

**Results of the study:** From our experience we can say the same.

First, the heritability of the biological traits of mulberry silkworms is adversely affected by environmental deterioration, including deterioration of feed quality.

Second, the reduction of hereditary ratios is more strongly influenced by the nutritional conditions of the parents and offspring, and in the summer and autumn compared with the spring.

Third, the heritability of the biological trait depends on the degree of tolerance to adverse environmental conditions of the breed or hybrid that is attributed to the various environmental factors, including the quality of the feed.

We used the “control population” method to accurately determine the genetic effect of the sampling on both lines.

Table 1.

**Leading selection symptoms in successive generations of the Atlas-1 line selection and genetic parameters. (selection differentials, genetic growth and realized heritability ratios)**

Signs of selection	The parents' generation			The offspring			h <sup>2</sup> R
	X <sub>pop</sub>	X <sub>ch</sub>	SD	X <sub>GNP</sub>	X <sub>SP</sub>	R	
	F <sub>5</sub>			F <sub>6</sub>			
DBK	1,86	1,98	0,12	2,07	2,15	0,08	0,666
BPK	441	475	34	462	478	16	0,470
DBI	23,73	24,00	0,27	22,39	22,22	-0,17	-0,629
	F <sub>6</sub>			F <sub>7</sub>			
DBK	2,15	2,35	0,20	1,86	2,02	0,16	0,800
BPK	478	525	47	440	470	30	0,800
DBI	22,22	22,34	0,31	23,30	23,30	0,10	0,322
	F <sub>7</sub>			F <sub>8</sub>			

End of the Table 1.

DBK	2,02	2,15	0,13	1,87	2,04	0,07	0,538
BPK	470	510	40	433	458	25	0,626
DBI	23,30	23,73	0,43	23,17	22,40	0,23	0,534

DBK-age cocoon weight, BPK-barrel curtain mass, DBI-age cocoon silk.

Table 2.

**Leading selection symptoms in successive generations of the Atlas-2 line selection and genetic parameters. (selection differentials, genetic growth and realized heritability ratios)**

Signs of selection	The parents' generation			The offspring			h <sup>2</sup> R
	X <sub>pop</sub>	X <sub>ch</sub>	SD	X <sub>GNP</sub>	X <sub>SP</sub>	R	
	F <sub>5</sub>			F <sub>6</sub>			
DBK	1,86	1,95	0,06	2,12	2,12	0,00	0,600
BPK	432	465	18	492	480	-10	-0,555
DBI	23,22	23,84	0,18	22,73	22,60	-0,13	-0,07
	F <sub>6</sub>			F <sub>7</sub>			
DBK	2,12	2,27	0,15	1,95	2,06	0,11	0,733
BPK	480	525	45	456	490	34	0,755
DBI	22,60	23,12	0,52	23,43	23,78	0,35	0,670
	F <sub>7</sub>			F <sub>8</sub>			
DBK	2,06	2,22	0,16	1,98	2,09	0,11	0,687
BPK	490	500	10	463	468	5	0,500
DBI	23,78	22,52	-1,26	23,41	22,30	-1,11	-0,880

DBK-age cocoon weight, BPK-barrel curtain mass, DBI-age cocoon silk.

From the data, it is clear from the data that the selection of lines Atlas-1 and Atlas-2 over the 5th generation, the differential selection bar weighs 0.12 and 0.06 g per barrel mass, 34 and 18 mg per barrel mass, and 0.27% and 0.18% respectively. As it can be seen, the biological signs of the Atlas-1 line are, to some degree, higher than that of the Atlas-2 line. Selection differentials obtained from the 6th generation selection of lines Atlas-1 and Atlas-2 are 0.20 and 0.15 g for the mass of the live cocoon, 47 and 45 mg for the barrel mass, and 0% for the silica silk density. , 31 and 0.52% respectively. As it can be seen, the biological signs of the Atlas-1 line are higher than the selection bias mass of the Atlas-2 line, while the Atlas-2 line is higher for the Atlas-1 line. In the latter generation, it is clear that in the 7th generation, the differential selection of the lines Atlas-1 and Atlas-2 was 0.13 and 0.16 g, respectively, for the mass of the barrel, 40 and 10 mg for the barometric mass, and the silica of the live bar. 0.43 and -1.26%.

As it can be seen, the biological signs of the Atlas-1 line are, to some degree, higher or lower than that of the Atlas-2 line. Even with the selection differential, the silica of the living bar decreased by 1.26%.

Under the influence of the selection of Atlas 1 line on the 5th generation, the 6th generation of the cocoon is 0.08 g for the average mass of the live cocoon, 16 mg for the average barrel curtain, and 0.17% for the cocoon silk. Atlas 2 did not increase with the average mass of the live cocoon, the average mass of the barrel curtain was 10 mg, and the genetic barrel was 0.13%. Under the influence of the sampling of the 6th generation of Atlas-1 lines, the 7th generation of lines had a genetic increase of 0.16 g per barrel average weight, 30mm per barrel average mass, and 0.10% for live barrel silk. There was an absolute genetic increase in saturation of line 2 satellites by 0.11g to the average mass of the cocoon, to 34 mg per barrel mass, and to 0.35% for the survival of silica. Under the influence of the sampling of the 7th generation of satin-1 lines, the average mass of the live cocoon in the 8th generation of the lines is 0.07g, the average mass of the barrel is 25mg, the live barrel silk is 0.23%, the thickness of the barrel is 0%. There was a genetic increase of 11g, the average mass of the barrel curtain was 5mg, and the silkworm was 1.11%.

The data in Table 1-2 show that in the 6th generation of the Atlas-1 line, the hereditary coefficient was 0.666 g according to the mass of the live cocoon, 0.470 mg for the barrel mass, and 0.629% for the live barrel silk. Atlas 2, there was an increase of 0.600kg per cocoon mass, a decrease of 0.55mg per barrel mass, and a reduction of -0.007% for silica barrel. In the 6th generation of both lines, we observed a legacy of succession. In the 7th generation of the Atlas-1 line, the hereditary coefficient was 0.800 g for the mass of the live cocoon, 0.800 mg for the barrel curtain mass, and 0.322% for the cocoon silk mass. Atlas 2 was 0.733 g for the mass of the live cocoon, 0.755 mg per barrel mass, and 0.670% for the cocoon silica. In the 8th generation of the Atlas-1 line, the hereditary coefficient was 0.538g for the mass of the live cocoon, 0.625mg for the barrel mass, and 0.534% for the cocoon silk. In Atlas 2, there was a decrease of 0.677 kg by the mass of the live cocoon, 0.500 mg by the mass of the barrel curtain, and by 0.880% on the silica of the live cocoon.

## Result

There are enough lines for both lines to pass through their biological characteristics. The Atlas 1 line had higher performance. Based on the results of our experience, we propose that the creation of new breeds (reducing the feed rate, increasing the temperature in the greenhouse, reducing relative humidity, etc.) to feed in unfavorable conditions. In this case, biological characteristics of the descendants of individ-

uals selected during the spring and spring-autumn seasons of the next generation, in particular, the inheritance coefficients of the leading selection trait will remain quite high, but the cost of changing the selection as a result of selection increases with phenotypic variability of biological traits in adverse conditions.

As a result, the genetic effect of selection on all seasons will increase significantly and be fully realized. This will reduce the cost of creating new breeds and improving existing breeds and reduce costs for the process.

Thus, how artificially unfavorable it is during the seasons, due to changes in the content of mulberry leaves, and whether the heat is too high or too hot during the seasons increases the phenotypic variability of all biological traits.

### References

1. Abbasov B.G. *Seleksionno-geneticheskie parametry khozyaystvenno-poleznykh priznakov rayonirovannykh porod tutovogo shelkopryada Azad i Gyandzha 1* [Selection and genetic parameters of economically useful traits of the regional silkworm breeds Azad and Ganja 1]. Kirovobad, 1975, pp. 81–91.
2. Abbasov B.Kh. *Izuchenie ekologicheskoy ustoychivosti porod i gibridov tutovogo shelkopryada otnositel'no obshchey produktivnosti kokona* [Cotton production of silk fabric relative to the overall productivity of the cocoon]. Baku, 2000. XV, pp. 49–55.
3. Kenzhaev B. *Nasleduemost' khozyaystvenno-tsennykh priznakov tutovogo shelkopryada v razlichnykh usloviyakh vykormki* [Inheritance of economically valuable mulberry silkworms in various feeding conditions]. Tashkent, 1981. 24 p.
4. Mirzoeva A.R., Karaev V.Kh., Seidova G.A. *Agrarnaya Nauka Azerbaydzhana*. 2018, №5, pp. 119–121.
5. Nasirillaev U.N. *Geneticheskie osnovy otbora tutovogo shelko-pryada* [Genetic basis for the selection of silkworm]. Tashkent: Fan, 1985. 60 p.
6. Shtal' V., Rash D., Shiller R., Vakhal Ya. *Populyatsionnaya genetika dlya zhivotnovodov-seleksionerov* [Population genetics for livestock breeders]. M.: Kolos, 1973, 439 p.
7. Nacheva Y., Tzenov P., Petkov N. Study on the heterosis and its components in hybrids between monobivoltine and polyvoltine strains of silkworm (*Bombyx mori* L.) with reference to the weight characteristic. *Bulgarian J. of Agric. Sci.*, 2004, N 6, pp. 741–744.
8. Petkov N., Petkov Z., Greiss H. Manifestation of heterosis and inheritance of productive characters in simple and complex silkworm *Bombyx mori* L. hybrid combinations II. Shell weight and shell ratio. *Bulgarian J. of Agric. Sci.*, 2003, V. 9. N 3, pp. 385–389.

### Список литературы

1. Аббасов Б.Г. Селекционно-генетические параметры хозяйственно-полезных признаков районированных пород тутового шелкопряда Азад и Гянджа 1: дис. ... канд. биол. наук. Кировобад, 1975. С. 81–91.
2. Аббасов Б.Х. Изучение экологической устойчивости пород и гибридов тутового шелкопряда относительно общей продуктивности кокона. Баку, 2000. XV. С. 49–55.
3. Кенжаев Б. Наследуемость хозяйственно-ценных признаков тутового шелкопряда в различных условиях выкормки: Автореф. дис..канд.с.-х.наук, Ташкент, 1981. 24 р.
4. Мирзоева А.Р., Караев В.Х., Сеидова Г.А. Изучение воздействия факторов экологической среды на гибриды тутового шелкопряда // Аграрная Наука Азербайджана. 2018, №5. С. 119–121.
5. Насириллаев У.Н. Генетические основы отбора тутового шелкопряда. Ташкент: Фан, 1985. 60 с.
6. Шталь В., Раш Д., Шиллер Р., Вахал Я. Популяционная генетика для животноводов-селекционеров. М.: Колос, 1973, 439 с.
7. Nacheva Y., Tzenov P., Petkov N. Study on the heterosis and its components in hybrids between monobivoltine and polyvoltine strains of silkworm (*Bombyx mori* L.) with reference to the weight characteristic // Bulgarian J. of Agric. Sci., 2004, N 6, pp. 741–744.
8. Petkov N., Petkov Z., Greiss H. Manifestation of heterosis and inheritance of productive characters in simple and complex silkworm *Bombyx mori* L. hybrid combinations II. Shell weight and shell ratio // Bulgarian J. of Agric. Sci., 2003, V. 9. N 3, pp. 385–389.

### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Mirzaeva Arzu Rafail gizi**, scientific worker

*Institute of Genetic Resources of Azerbaijan National Academy of Sciences, Department of Genetic Resources of Agricultural Animals  
155, Azadlig Ave., Baku, AZ 1106, Azerbaijan  
mirzyevaa@bk.ru*

### ДАнные ОБ АВТОРЕ

**Мирзаева Арзу Рафаил кызы**, научный сотрудник

*Институт Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук  
Азербайджана, Отдел генетических ресурсов сельскохозяйственных  
животных  
пр. Азадлыг 155, г. Баку, AZ 1106, Азербайджан  
mirzyevaa@bk.ru*



НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ  
И СООБЩЕНИЯ  
SCIENTIFIC REVIEWS  
AND REPORTS

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-56-59

UDC 632.952

FUNGICIDAL ACTIVITY  
OF COLLOIDAL COPPER PARTICLES  
OBTAINED ON THE BASIS OF THE EXTRACT  
OF THE ALCHEMILLA VULGARIS

*Kozlova V.N., Nikishina M.B.,  
Ivanova E.V., Atroshchenko Yu.M.*

*The effect of colloidal particles on the growth of phytopathogen fungi of various taxonomic classes was studied.*

**Keywords:** *colloidal copper particles; fungicides; fungi-phytopathogens.*

ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ  
КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ  
НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА МАНЖЕТКИ  
ОБЫКНОВЕННОЙ

*Козлова В.Н., Никишина М.Б.,  
Иванова Е.В., Атрощенко Ю.М.*

*Изучено влияние коллоидных частиц меди на рост грибов-фитопатогенов различных таксономических классов.*

**Ключевые слова:** *коллоидные частицы меди; фунгициды; грибы-фитопатогены.*

The problem of environmentally friendly agriculture is currently becoming increasingly relevant. One way to solve this problem is to use metal colloids obtained from plant extracts as biologically active preparations. It is known that copper nanoparticles exhibit pronounced biological activity [1]. In the present work, the fungicidal activity of a colloidal solution, including copper and extract of *Alchemilla vulgaris*, was investigated.

The starting aqueous plant extract was prepared in a Soxhlet extractor. The weight of a sample of plant material was 50 g, the volume of water was 250 ml. To obtain a colloidal solution, 8.5 ml of the filtered extract was added dropwise to 50 ml of a solution of copper nitrate ( $C = 0.001 \text{ mol / L}$ ) at room temperature, with constant stirring. The color of the solution became darker after 10 minutes of reaction, which indicated the development of copper nanoparticles. To study the effect of concentration on the biological activity of colloidal copper, three solutions were prepared by dilution: the initial solution (**1**), dilution 10 times (**2**), dilution 100 times (**3**), and dilution 1000 times.

The fungicidal activity of the test substance was studied *in vitro* on seven phytopathogen fungi of various taxonomic classes, which are the causative agents of the most common diseases for the main types of agricultural plants in the central zone of Russia. Fungi were used: *V. inaequalis* – the causative agent of scab apple trees, *R. solani* – the causative agent of rhizoctonia, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* – causative agents of fusarium cereal crops, *B. sorokiniana* – the causative agent of root rot, *S. sclerotiorum* – the causative agent of white rot, *P. ostreatus* – the causative agent of yellow mixed rot of tree trunks.

Fungicidal activity was determined by the method [2]. Fungal mycelium was measured on the 3rd day after sowing. The effect of the drug on the radial growth of mycelium was studied in three dilutions. The percentage of inhibition of mycelial growth was calculated by Abbott from the time of sowing. The experiment was repeated three times. The analysis data are presented in table 1.

Table 1.

**Fungicidal activity of *Alchemilla vulgaris* extract and colloidal solutions of copper based on it**

Phytopathogenic fungi	Mycelium growth inhibition rate, %				
	<i>Alchemilla vulgaris</i> extract	Solutions of $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , $C = 10^{-3} \text{ mol / l}$	Colloidal solution № 1	Colloidal solution № 2	Colloidal solution № 3
<i>F. moniliforme</i>	-33	17	0	17	0
<i>F. oxysporum</i>	25	25	25	38	25
<i>V. inaequalis</i>	-67	0	-33	0	0

End of the table 1.

<i>R. solani</i>	-300	0	-67	0	-67
<i>B. sorokiniana</i>	-140	20	-20	20	0
<i>P. ostreatus</i>	86	86	86	86	86
<i>A. alternata</i>	-75	-25	-300	-50	-100

Thus, the fungicidal activity analysis data presented in Table 1 illustrate the high fungistaticity of all test samples with respect to *P. ostreatus*. The percentage of inhibition of mycelial growth in all experiments with this phytopathogen fungus is 86%. To a lesser extent, growth inhibition of *F. oxysporum* mycelium occurs. The decrease in the growth rate of this fungus when treated with all the studied solutions varies from 25 to 38%. In all other cases, both the plant extract and the synthesized colloidal solutions of copper do not significantly affect the growth of fungi – phytopathogens, and in some cases even stimulate the growth of mycelium.

### References

1. Gul'chenko S.I., Gusev A.A., Zakharova O.V. *Vestn. Tamb. un-ta. Ser. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki*. 2014. Vol. 19, no. 5, pp. 1397–1399.
2. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu fungitsidnoy aktivnosti novykh soedineniy* [Guidelines for determining the fungicidal activity of new compounds]. Cherkasy: NIITEKHIM, 1984. 34 p.
3. *Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikov, razreshennykh k primeneniyu na teritorii Rossiyskoy Federatsii* [The state catalog of pesticides and agrochemists approved for use on the territory of the Russian Federation], part 1. M.: Agrorus, 2018. 957 p.

### Список литературы

1. Гульченко С.И., Гусев А.А., Захарова О.В. Перспективы создания антибактериальных препаратов на основе наночастиц меди // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1397–1399.
2. Методические рекомендации по определению фунгицидной активности новых соединений. Черкассы: НИИТЭХИМ. 1984. 34 с.
3. Государственный каталог пестицидов и агрохимиков, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, часть 1. М.: Агрорус, 2018. 957 с.

### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Kozlova Valeria Nikolaevna**

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
valeri.kozlova5@yandex.ru*

**Nikishina Maria Borisovna**, Ph.D., Associate Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
mata-67@mail.ru

**Ivanova Evgenia Vladimirovna**, Ph.D., Associate Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
omela005@gmail.com

**Atroshchenko Yuri Mikhailovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
reaktiv@tspu.ru

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Козлова Валерия Николаевна**

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
valeri.kozlova5@yandex.ru

**Никишина Мария Борисовна**, к.х.н., доцент

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
mata-67@mail.ru

**Иванова Евгения Владимировна**, к.х.н., доцент

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
omela005@gmail.com

**Атрошенко Юрий Михайлович**, д.х.н., профессор

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
reaktiv@tspu.ru

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-60-63

UDC 633.88

## THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF COLLOIDAL COPPER PARTICLES OBTAINED BY “GREEN SYNTHESIS” BASED ON THE EXTRACT OF THE ALCHEMILLA VULGARIS

*Kozlova V.N., Nikishina M.B.,  
Ivanova E.V., Atroshchenko Yu.M.*

*The effect of colloidal copper particles on the germination energy and biometric parameters of wheat seedlings was studied.*

**Keywords:** *colloidal copper particles; growth regulators; germination energy.*

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ «ЗЕЛЕННОГО СИНТЕЗА» НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА МАНЖЕТКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

*Козлова В.Н., Никишина М.Б.,  
Иванова Е.В., Атрощенко Ю.М.*

*Изучено влияние коллоидных частиц меди на энергию прорастания и биометрические показатели проростков пшеницы.*

**Ключевые слова:** *коллоидные частицы меди; регуляторы роста; энергия прорастания.*

The materials presented in the article describe the effect of colloidal copper particles synthesized on the basis of the *Alchemilla vulgaris* extract on the germination energy and biometric parameters of wheat seedlings. It is known that colloidal copper particles exhibit pronounced biological activity, including bacteriostatic and bactericidal action [1]. Copper nanoparticles were obtained by the method of “green synthesis” by reducing copper nitrate to metal. Extracts from the *Alchemilla vulgaris* were used as reducing agents. The recovery involves biologically active substances contained in plants, namely tannins, flavonoids, anthracene derivatives, coumarins, terpenoids, polysaccharides.

The starting aqueous plant extract was prepared in a Soxhlet extractor. The weight of a sample of plant material was 50 g, the volume of water was 250 ml.

Further, on the basis of the initial solution by dilution, three extracts of different degrees of dilution were obtained (table 1).

Table 1.

**Preparation of aqueous extracts of ordinary cuffs of varying degrees of dilution**

№ plant extracts	Power dilution
1	Source extract
2	10-fold dilution
3	100-fold dilution

To obtain a colloidal solution, 8.5 ml of the filtered initial extract was added dropwise to 50 ml of a solution of copper nitrate ( $C = 0.001 \text{ mol / L}$ ) at room temperature, with constant stirring. The color of the solution became darker after 10 minutes of reaction, which indicated the development of copper nanoparticles. To study the effect of concentration on the biological activity of colloidal copper, three solutions were prepared by dilution: the initial solution (**1**), dilution 10 times (**2**), dilution 100 times (**3**), and dilution 1000 times.

The effect on seed germination energy is one of the indicators of the stimulating activity of any drug. Wheat seeds were chosen as the object of study because of their optimal size, short germination time, and high stress resistance. Data on the study of germination energy are presented in table 2.

Table 2.

**Wheat germination energy**

Seed treatment	Germination energy, %		
	3 days after soaking	6 days after soaking	9 days after soaking
Colloid № 1	76,7	93,3	93,3
Colloid № 2	76,7	76,7	93,3
Colloid № 3	83,3	83,3	83,3
H <sub>2</sub> O	93,3	93,3	100
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	66,7	73,3	96,7
Extract № 1	73,3	73,3	83,3
Extract № 2	80,0	93,3	93,3
Extract № 3	73,3	83,3	93,3

The data presented in table 2 show that neither the original extracts nor the synthesized colloids show a significant ability to stimulate the processes of seed germination. The highest rates of germination energy are observed in the experiment with water.

Biometric indicators recorded on the 9th day after the start of treatment allow us to evaluate the biological activity of the tested drugs in relation to the

growth processes that occur in plants at the initial stage of development. The sizes of wheat shoots treated with different compositions are presented in table 3.

Table 3.

### Biometry of wheat plants

	Colloid № 1	Colloid № 2	Colloid № 3	H <sub>2</sub> O	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Extract № 1	Extract № 2	Extract № 3
Shoot height, cm	11,3±0,9	12,0±1,6	15,6±1,3	21,4±4,5	14,2±1,3	14,3±1,4	14,3±1,4	14,35±1,1

The data in table 3 show that the extracts of the *Alchemilla vulgaris*, as well as colloidal solutions of copper obtained on the basis of these extracts, inhibit the growth processes in the shoots of wheat in the early stages.

### References

1. Gul'chenko S.I., Gusev A.A., Zakharova O.V. *Vestn. Tamb. un-ta. Ser. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki*. 2014. Vol. 19, no. 5, p. 1397–1399.
2. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu fungitsidnoy aktivnosti novykh soedineniy* [Guidelines for determining the fungicidal activity of new compounds]. Cherkasy: NIITEKHIM, 1984. 34 p.
3. *Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikov, razreshennykh k primeneniyu na teritorii Rossiyskoy Federatsii* [The state catalog of pesticides and agrochemists approved for use on the territory of the Russian Federation], part 1. M.: Agrorus, 2018. 957 p.

### Список литературы

1. Гульченко С.И., Гусев А.А., Захарова О.В. Перспективы создания антибактериальных препаратов на основе наночастиц меди // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1397–1399.
2. Методические рекомендации по определению фунгицидной активности новых соединений. Черкассы: НИИТЭХИМ. 1984. 34 с.
3. Государственный каталог пестицидов и агрохимиков, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, часть 1. М.: Агрорус, 2018. 957 с.

### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Kozlova Valeria Nikolaevna**

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
valeri.kozlova5@yandex.ru*

**Nikishina Maria Borisovna**, Ph.D., Associate Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
mata-67@mail.ru

**Ivanova Evgenia Vladimirovna**, Ph.D., Associate Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
omela005@gmail.com

**Atroshchenko Yuri Mikhailovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University*  
7, Mendeleevskaya Str., Tula, 300041, Russian Federation  
reaktiv@tspu.ru

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Козлова Валерия Николаевна**

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
valeri.kozlova5@yandex.ru

**Никишина Мария Борисовна**, к.х.н., доцент

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
mata-67@mail.ru

**Иванова Евгения Владимировна**, к.х.н., доцент

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
omela005@gmail.com

**Атрошенко Юрий Михайлович**, д.х.н., профессор

*Тульский государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого*  
ул. Менделеевская, 7, Тула, 300041, Российская Федерация  
reaktiv@tspu.ru



DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-64-70

УДК 504.062

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХЛОРИД-ИОНАМИ МАЛЫХ РЕК НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА

*Алагулов Д.А., Иванова А.В.*

*Важное значение в оценке экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе представляют концентрации химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях, которые характеризуют техногенные потоки загрязняющих веществ в районах нефтепромыслов. Хлоридное загрязнение малых рек приводит к их накоплению в донных отложениях. Высокие концентрации хлорид-ионов в поверхностных водах и донных отложениях негативно воздействуют на речную экосистему.*

**Ключевые слова:** реки; поверхностные воды; донные отложения; хлориды; загрязнение.

## ASSESSMENT OF CHLORIDE ION POLLUTION OF SMALL RIVERS IN THE NIZHNEVARTOVSK REGION

*Alagulov D.A., Ivanova A.V.*

*The importance in assessing the environmental situation in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug is represented by the concentration of chemicals in surface waters and bottom sediments, which characterize the technogenic flows of pollutants in the areas of oil fields. Chloride pollution of small rivers leads to their accumulation in bottom sediments. High concentrations of chloride ions in surface waters and bottom sediments adversely affect the river ecosystem.*

**Keywords:** rivers; surface waters; bottom sediments; chlorides; pollution.

### **Введение**

Ханты-Мансийский автономный округ является одним из главных регионов, где ведутся разведка и добыча углеводородного сырья, которые непосредственно сопровождаются весьма значительным техногенным

воздействием на окружающую среду. Освоение месторождений углеводородного сырья приводит к изменению биотопов в результате блокирования болотного стока, загрязнению высокоминерализованными водами, вследствие накоплению в экосистемах токсичных и ядовитых элементов. Хлориды хорошо растворяются в воде, образуют с ней систему взаиморастворимых жидкостей. Это стойкие, неразлагающиеся и несорбирующиеся вещества, обладающие высокой миграционной способностью. Поэтому хлориды могут распространяться в водотоках на значительные расстояния и образовывать большие по протяженности и по площади области загрязнения, с последующим их накоплением в донных отложениях.

### **Цель исследования**

Оценка загрязнения малых рек хлорид-ионами.

### **Материалы и методы исследования**

В ходе исследования была проведена оценка загрязнения хлорид-ионами поверхностных вод и донных отложений исследуемой реки Нижневартовского района. В ходе исследования были отобраны пробы поверхностных вод и донных отложений исследуемой реки.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Значения хлоридов в исследованных пробах поверхностных вод исследуемой реки небольшие, по сравнению с ПДК (300 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 1), и колеблются от 1 мг/дм<sup>3</sup> (фоновая точка 1 В) до 2,8 мг/дм<sup>3</sup> на территории антропогенного воздействия. Фоновые показатели в течении периода исследования не изменились – 1 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения зафиксированы в летне-осенний период исследования в точках 2В, 3В, 4В – 1,4-2,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация хлоридов, в пробах донных отложений, взятых на исследуемой реке находится в диапазоне 10–382 мг/кг. В фоновой точке (1В) содержание хлоридов в донных отложениях равна 10 мг/кг, а в контрольных точках (2В, 3В, 4В) – 136–385 мг/кг (рис. 2).

Исследования показывают, что концентрация хлоридов в донных отложениях увеличивается вниз по течению реки. Максимальные значения хлоридов 382 мг/кг приходится на территорию интенсивного воздействия нефтяного хозяйства на окружающую среду (3В), и на территории выхода реки из лицензионного участка происходит некоторое уменьшение значения хлоридов – 275 мг/кг (4В).

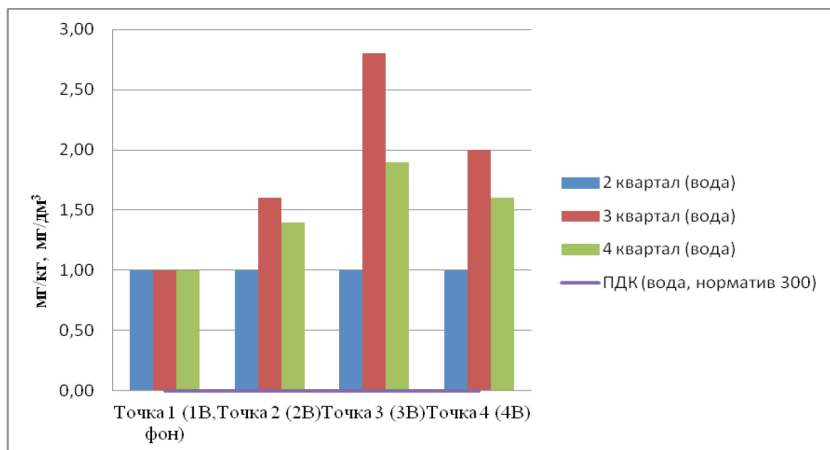


Рис. 1. Содержание хлоридов в поверхностных водах, мг/дм<sup>3</sup>

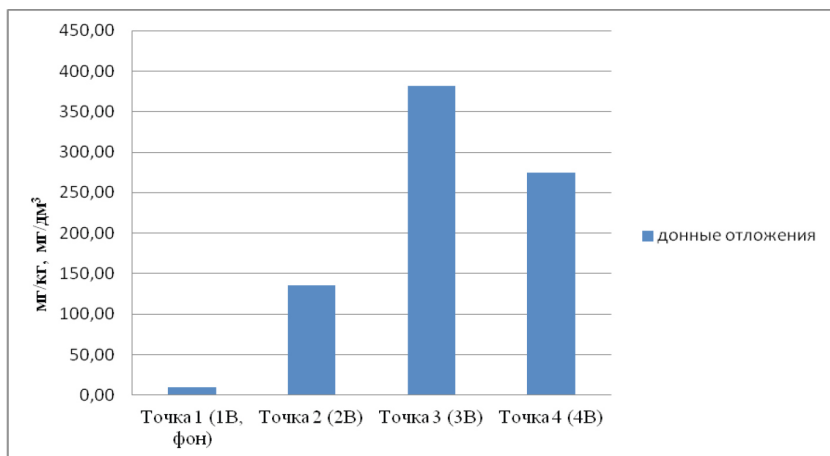


Рис. 2. Содержание хлоридов в донных отложениях, мг/кг

### Заключение

Результаты исследований по содержанию хлоридов в поверхностных водах исследуемой реки показывают, что превышение нормативов не наблюдается. Полученные результаты свидетельствуют, что в донных отложениях происходит накопление хлоридов, особенно на территории нефтегазового месторождения.

*Список литературы*

1. Александрова В.В., Левкова А.Н., Логинов Д.Н., Иванов В.Б. Анализ и прогноз миграции антропогенных примесей в пробах донных отложений поверхностных вод Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. № 9 (4-2). 180–186.
2. Александрова В.В. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод (на примере Нижневартовского района Тюменской области): Монография. Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2009. 92 с.
3. Александрова В.В. Анализ корреляционной зависимости выживаемости и плодовитости тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* с химическим составом воды // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2013. № 3. С. 60–63.
4. Александрова В.В. Определение качества природных вод методом биотестирования в полевых условиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (3). С. 897–899.
5. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. №2-2. С. 12–20.
6. Александрова В.В., Иванов В.Б., Иванов Н.А., Марач В.С. Оценка качества воды озер Нижневартовского района по критерию выживаемости *Daphnia magna* // В мире научных открытий». 2017. Т. 9. № 1-2. С. 36–41.
7. Александрова В.В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод. Нижневартовск, 2013.
8. Александрова В.В., Иванов Н.А., Марач В.С., Иванов В.Б. Оценка токсичности вод озер Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 2-2. С. 53–57.
9. Александрова В.В., Логинов Д.Н., Войтова В.А. Корреляционный анализ миграции антропогенных примесей в донных отложениях методом химического анализа // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 4-2. С. 186–191.
10. Волков И.М., Ряхин М.С., Белоусов С.Н., Александрова В.В., Иванов В.Б. Обеспечение экологической безопасности проектных решений на территории лицензионных участков недропользователей с применением наилучших доступных технологий // Нефтяное хозяйство. 2018. № 2. С.109–112.
11. Иванов В.Б., Усманов И.Ю., Александрова В.В., Иванов Н.А., Болотин К.И., Иванова Л.Г., Копылов Е.О. Количественные и качественные критерии преобразования и самовосстановления природных комплексов в ре-

- зультате загрязнения нефтепродуктами // В мире научных открытий. 2017. Т. 9 (1-2). С. 56–65.
12. Иванов В.Б., Усманов И.Ю., Александрова В.В., Иванов Н.А., Калиновская Е.А. Оценка воздействия нефтешламовых амбаров на верховые болотные почвы // В мире научных открытий. 2017. Т. 9 (1-2). С. 66–71.
  13. Иванов В.Б., Федоренко Л.З., Иванова Л.Г. Оценка сезонной динамики качества поверхностных вод по критерию плодovitости *Ceriodaphnia affinis* // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 1-2. С. 38–45.
  14. Иванов В.Б., Долгих А.Ю. Оценка экологического состояния водного объекта // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. № 3-2. С. 21–28.
  15. Левкова А.Н., Иванов В.Б. Эколого-химический анализ состояния донных отложений малых рек Нижневартовского района в зоне воздействия нефтедобывающей промышленности // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2017. С. 355–360.
  16. Толкачева В.В. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования (на примере Нижневартовского района) : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Омск: ОмГПУ, 2004. 22 с.
  17. Усманов И.Ю., Иванов В.Б., Иванов Н.А. Самовосстановление экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 6: Материалы международной конференции. Тольятти: Анна, 2018. С. 303–305.
  18. Шорникова Е.А. Диагностика состояния экосистем водотоков на лицензионных участках нефтяных месторождений Среднего Приобья // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2007. №1. <http://ogbus.ru/article/view/diagnostika-sostoyaniya-ekosistem-vodotokov-na-licenzionnykh-uchastkax-neftyanykh-mestorozhdenij-srednego-priobya>
  19. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I. Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bioindication and Chemical Analysis // *Vegetos: An International Journal of Plant Research*. 2016. Vol. 29. № 2, pp. 47–50.

### References

1. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Loginov D.N., Ivanov V.B. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2017. №9 (4-2), pp. 180–186.

2. Aleksandrova V.V. *Primenenie metoda biotestirovaniya v analize toksichnosti prirodnih i stochnyh vod (na primere Nizhneartovskogo rajona Tyumenskoj oblasti)* [Application of the bioassay method in the analysis of toxicity of natural and waste waters (for example, Nizhneartovsk district of the Tyumen region)]. Nizhneartovsk: Izd-vo NGGU, 2009. 92 p.
3. Aleksandrova V.V. *Vestnik Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. № 3, pp. 60–63.
4. Aleksandrova V.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2013. V. 15. № 3 (3), pp. 897–899.
5. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Ivanova A.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. №2-2, pp. 12–20.
6. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Ivanov N.A., Marach V.S. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 1-2, pp. 36–41.
7. Aleksandrova V.V. *Biotestirovanie kak sovremennyy metod ocenki toksichnosti prirodnih i stochnyh vod* [Biotesting as a modern method for assessing the toxicity of natural and waste waters]. Nizhneartovsk, 2013.
8. Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Marach V.S., Ivanov V.B. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 2-2, pp. 53–57.
9. Aleksandrova V.V., Loginov D.N., Vojtova V.A. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 4-2, pp. 186–191.
10. Volkov I.M., Ryahin M.S., Belousov S.N., Aleksandrova V.V., Ivanov V.B. *Neftyanoe hozjajstvo*. 2018. № 2, pp. 109–112.
11. Ivanov V.B., Usmanov I.Yu., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Bolotin K.I., Ivanova L.G., Kopylov E.O. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V.9 (1-2), pp. 56–65.
12. Ivanov V.B., Usmanov I.Yu., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Kalinovskaya E.A. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9 (1-2), pp. 66–71.
13. Ivanov V.B., Fedorenko L.Z., Ivanova L.G. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2018. V. 10. № 1-2, pp. 38–45.
14. Ivanov V.B., Dolgih A.Yu. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. № 3-2, pp. 21–28.
15. Levkova A.N., Ivanov V.B. *XIX Vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [XIX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of the Nizhneartovsk State University]. Nizhneartovsk: Izd-vo NVGU, 2017, pp. 355–360.
16. Tolkacheva V.V. *Analiz toksichnosti prirodnih vod metodom biotestirovaniya* [The analysis of the toxicity of natural waters by the bioassay method (on the example of the Nizhneartovsk region)]. Omsk: OmGPU, 2004. 22 p.

17. Usmanov I.YU., Ivanov V.B., Ivanov N.A. *Ekologicheskie problemy bassejnov krupnyh rek – 6: Materialy mezhdunarodnoj konferencii* [Ecological problems of large river basins – 6: Materials of an international conferenc]. Tol'yatti: Anna, 2018, pp. 303–305.
18. Shornikova E.A. *Neftegazovoe delo*. 2007. №1. <http://ogbus.ru/article/view/diagnostika-sostoyaniya-ekosistem-vodotokov-na-licenziionnyx-uchastkax-neftyanyx-mestorozhdenij-srednego-priobya>
19. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bioindication and Chemical Analysis. *Vegetos: An International Journal of Plant Research*. 2016. Vol. 29. № 2, pp. 47–50.

#### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Алагулов Денис Андреевич**, студент

*ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»  
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация*

**Иванова Ангелина Вячеславовна**, студент

*ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»  
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация  
karatazh@mail.ru*

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

**Alagulov Denis Andreevich**, student

*Nizhnevartovsk State University  
56, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation*

**Ivanova Angelina Vyacheslavovna**, student

*Nizhnevartovsk State University  
56, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation  
karatazh@mail.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-71-78

УДК 574.24

## АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ОТ УРОВНЯ pH ВОДЫ

*Александрова В.В., Иванов В.Б., Войтова В.А.*

*В основу исследования положены экотоксикологические эксперименты, с использованием тест-объекта Ceriodaphnia affinis. Исследовалось влияние количества химических веществ на тест-объект Ceriodaphnia affinis, а так же проводился анализ зависимости результатов токсикологических экспериментов от уровня pH воды.*

*Цель исследования* заключается в исследовании влияния количества химических веществ на тест-объект Ceriodaphnia affinis, а так же анализ зависимости результатов токсикологических экспериментов от уровня pH воды.

*Материалы и методы исследования.* В течении двух лет с 2018 по 2019 год проводилось токсикологическое исследование проб воды реки Обь в 10 точках отбора проб (точки 1-10), параллельно проводился химический анализ проб воды и определение уровня pH.

*Заключение.* Экологическое состояние исследованных рек Нижневартовского района на основании полученных химических и токсикологических анализов позволяет говорить о их удовлетворительном состоянии, реки преимущественно загрязнены железом и марганцем, поверхностные воды Нижневартовского района преимущественно кислые, что во многом объясняется природным происхождением. Корреляционную зависимость плодovitости тест-объектов с уровнем pH воды рек Обь в районе города Нижневартовска можно охарактеризовать как низкую.

*Ключевые слова:* тест-объект; Ceriodaphnia affinis; метод биотестирования; pH воды; химические вещества.

## ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN THE RESULTS OF TOXICOLOGICAL EXPERIMENTS AND THE pH LEVEL OF WATER

*Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Vojtova V.A.*

*The research is based on ecotoxicological experiments using the test object Ceriodaphnia Affinis. We studied influence of various amounts of chemical*



*substances on the Ceriodaphnia affinis was studied and analyzed dependence of toxicological experiments results on the water pH level.*

***The goal of the research** is to study the effect of various amounts of chemicals on the Ceriodaphnia affinis, as well as to analyze the dependence of the results of toxicological experiments on the pH level of water.*

***Research Materials & Methods.** During two years, i.e. from 2018 to 2019, the toxicological testing of water samples from the Ob river was carried out at 10 sampling points (points 1-10), at the same time a chemical analysis of water samples and determination of the pH level was performed.*

***Conclusion.** The ecological condition of the studied rivers of the Nizhneartovskiy district on the basis of the received chemical and toxicological analyses allows to draw a conclusion about their satisfactory condition, the rivers are mainly polluted with iron and manganese, the surface waters of the Nizhneartovskiy district are mainly acidic, which is largely explained by their natural origin. The correlation dependence of the test objects fertility on the water pH level in the Ob river close to the City of Nizhneartovsk can be characterized as low.*

***Keywords:** test object; Ceriodaphnia affinis; bioassay method; pH of water; chemicals.*

## **Введение**

Исследование воздействия нефтегазодобывающей промышленности на окружающую среду на основе изучения состояния поверхностных вод и донных отложений в зоне воздействия имеет большую актуальность [5, 6, 10, 11, 13].

Оценка качества природных и сточных вод в настоящее время проводится по результатам химических анализов проб воды, а так же по результатам биотестирования проб воды в лабораторных условиях. И тот, и другой метод имеет ряд недостатков. Недостатками оценки качества природных и сточных вод по результатам химического анализа является то, что для разных регионов характерна фоновая концентрация разных химических веществ, природные объекты регионов характеризуются своими особенностями, к примеру, воды рек Нижнеартвовского района преимущественно кислые [7, 8, 9, 13].

**Цель исследования** заключается в исследование влияния количества химических веществ на тест-объект Ceriodaphnia affinis, а так же анализ зависимости результатов токсикологических экспериментов от уровня pH воды.

### **Материалы и методы исследования**

В течении двух лет с 2018 по 2019 год проводилось токсикологическое исследование проб воды реки Обь в 10 точках отбора проб (точки 1-10), параллельно проводился химический анализ проб воды и определение уровня pH.

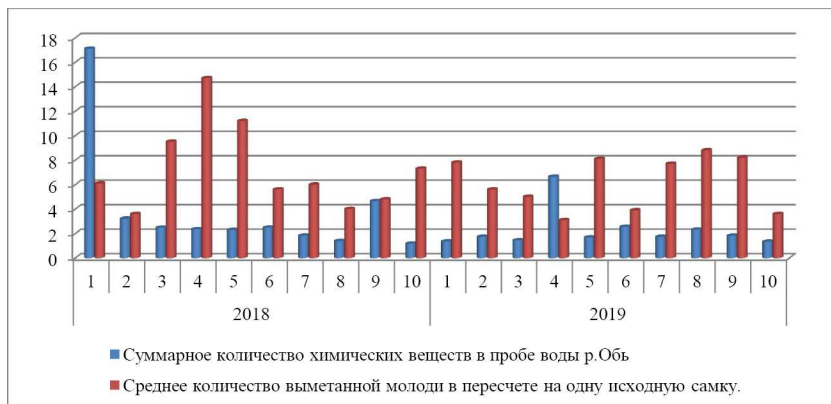
### **Результаты исследования и их обсуждение**

Биотестирование, как интегральный метод оценки токсичности водной среды, является дополнением к химическому анализу, однако интерпретация результатов биотестирования, как по показателю выживаемости, так и по показателю плодовитости сложна [1, 3, 4]. Анализ влияния pH воды на плодовитость тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* проводили с помощью корреляционного анализа [2, 3].

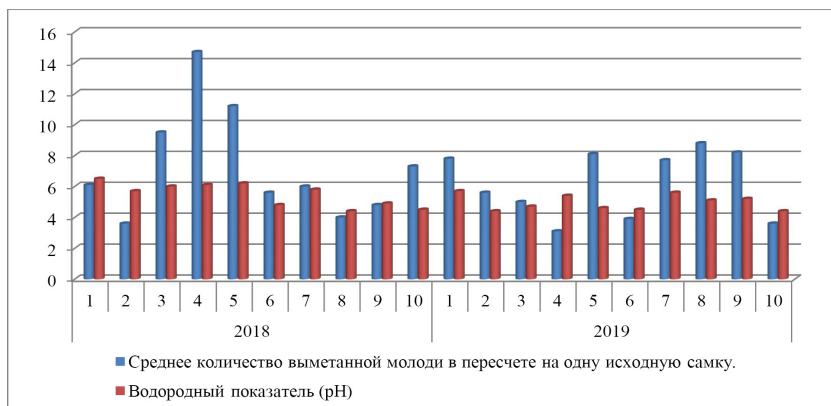
Четкой закономерности спада и повышения плодовитости лабораторной культуры цереодафний в период исследования в 2018 г. и 2019г. не отмечено, показатели каждого года отличаются своими особенностями. На рис. 1 мы наблюдаем первый пик подъема плодовитости в 2018 году в точке №1, где количество химических веществ достигло максимальных значений, затем в точках №2–8 последовал планомерный спад веществ, достигнув минимума в точке №10. Наиболее значительный уровень плодовитости тест-объектов зафиксированы в точках №3–5, где в точке №4 было произведено наибольшее количество молоди, при том, что уровень химических веществ планомерно снижался до минимальных значений.

В точке №9 мы наблюдаем равное отношение химических веществ на среднее количество молоди. 2019 год характеризуется практически схожими значениями суммарного количества химических веществ со значениями 2018 года, где максимальный пик зафиксирован в точке №4, при этом показатели количества молоди тест-объектов относительно стабильны. Следовательно, колебания плодовитости у тест-объектов могут быть обусловлены не только токсическим воздействием химических веществ, но и генетическими и внутривидовыми факторами.

Пробы воды реки Обь содержали такие вещества как: железа (растворенная форма), ионы аммония, марганец (растворенная форма), нефтепродукты, хлорид-ионы. В токсикологических экспериментах исследовали суммарное содержание всех найденных, при химическом анализе воды, минеральных веществ.



**Рис. 1.** Влияние суммарного количества химических веществ на среднее количество выметанной молоди в пересчет на одну исходную самку в пробах воды реки Обь (точки исследования 1-10)



**Рис. 2.** Влияние уровня водородного показателя (pH) на среднее количество выметанной молоди в пересчете на одну исходную самку в пробах воды р.Обь (точки исследования 1-10)

Учитывая то, что воды рек Нижневартовского района преимущественно кислые, мы также выявили закономерность влияния уровня pH на среднее количество выметанной молоди тест-объектов. На рис. 2 показана динамика значений водородного показателя в 2018 и 2019 году, в 2018 году показатель pH от 6,5 до 4.4 ед., что дает положительную реакцию на количество выметанной молоди (в точках №3-5). Относительно схожие

значения зафиксированы и в 2019 году, где также в пробах воды отмечен низкий уровень рН, минимальные значения которого замечены лишь в 30% случаях (в точках №4,6 и 10), здесь показатель рН = 5,4 и 4,4 ед.

Корреляционная зависимость токсичности по критериям плодovitости тест-объекта *Ceriodaphnia affinis*, с рН воды реки Обь составила  $r = 0,42$ , данную зависимость можно охарактеризовать как низкую.

### **Заключение**

Экологическое состояние исследованных рек Нижневартовского района на основании полученных химических и токсикологических анализов позволяет говорить о их удовлетворительном состоянии, реки преимущественно загрязнены железом и марганцем, поверхностные воды Нижневартовского района преимущественно кислые, что во многом объясняется природным происхождением. Корреляционную зависимость плодovitости тест-объектов с уровнем рН воды рек Обь в районе города Нижневартовска можно охарактеризовать как низкую.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-44-860006.*

### **Список литературы**

1. Александрова В.В., Левкова А.Н., Логинов Д.Н., Иванов В.Б. Анализ и прогноз миграции антропогенных примесей в пробах донных отложений поверхностных вод Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. № 9 (4-2). 180–186.
2. Александрова В.В. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод (на примере Нижневартовского района Тюменской области): Монография. Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2009. 92 с.
3. Александрова В.В. Анализ корреляционной зависимости выживаемости и плодovitости тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* с химическим составом воды // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2013. № 3. С. 60–63.
4. Александрова В.В. Определение качества природных вод методом биотестирования в полевых условиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (3). С. 897–899.
5. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. №2-2. С. 12–20.

6. Александрова В.В., Иванов В.Б., Иванов Н.А., Марач В.С. Оценка качества воды озер Нижневартовского района по критерию выживаемости *Daphnia magna* // В мире научных открытий". 2017. Т. 9. № 1-2. С. 36–41.
7. Александрова В.В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод. Нижневартовск, 2013.
8. Александрова В.В., Иванов Н.А., Марач В.С., Иванов В.Б. Оценка токсичности вод озер Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 2-2. С. 53–57.
9. Александрова В.В., Логинов Д.Н., Войтова В.А. Корреляционный анализ миграции антропогенных примесей в донных отложениях методом химического анализа // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 4-2. С. 186–191.
10. Волков И.М., Ряхин М.С., Белоусов С.Н., Александрова В.В., Иванов В.Б. Обеспечение экологической безопасности проектных решений на территории лицензионных участков недропользователей с применением наилучших доступных технологий // Нефтяное хозяйство. 2018. № 2. С. 109–112.
11. Иванов В.Б., Долгих А.М., Логинов А.М., Иванова Л.Г. Проблема добычи углеводородов и рекультивации нефтезагрязненных земель на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 3-2. С. 28–36.
12. Левкова А.Н., Иванов В.Б. Эколого-химический анализ состояния донных отложений малых рек Нижневартовского района в зоне воздействия нефтедобывающей промышленности // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2017. С. 355–360.
13. Усманов И.Ю., Иванов В.Б., Иванов Н.А. Самовосстановление экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 6: Материалы международной конференции. Тольятти: Анна, 2018. С. 303–305.

### References

1. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Loginov D.N., Ivanov V.B. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2017. №9 (4-2), pp. 180–186.
2. Aleksandrova V.V. *Primenenie metoda biotestirovaniya v analize toksichnosti prirodnyh i stochnyh vod (na primere Nizhnevartovskogo rajona Tyumenskoj oblasti)* [Application of the bioassay method in the analysis of toxicity of natural and waste waters (for example, Nizhnevartovsk district of the Tyumen region)]. Nizhnevartovsk: Izd-vo NGGU, 2009. 92 p.

3. Aleksandrova V.V. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. № 3, pp. 60–63.
4. Aleksandrova V.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2013. V. 15. № 3 (3), pp. 897–899.
5. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Ivanova A.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. №2-2, pp. 12–20.
6. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Ivanov N.A., Marach V.S. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 1-2, pp. 36–41.
7. Aleksandrova V.V. *Biotestirovanie kak sovremennyy metod ocenki toksichnosti prirodnyh i stochnykh vod* [Biotesting as a modern method for assessing the toxicity of natural and waste waters]. Nizhnevartovsk, 2013.
8. Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Marach V.S., Ivanov V.B. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 2-2, pp. 53–57.
9. Aleksandrova V.V., Loginov D.N., Vojtova V.A. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 4-2, pp. 186–191.
10. Volkov I.M., Ryahin M.S., Belousov S.N., Aleksandrova V.V., Ivanov V.B. *Neftyanoe hozjajstvo*. 2018. № 2, pp. 109–112.
11. Ivanov V.B., Dolgikh A.M., Loginov A.M., Ivanova L.G. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2018. V. 10. № 3-2, pp. 28–36.
12. Levkova A.N., Ivanov V.B. *XIX Vserossiyskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [XIX All-Russian Scientific and Practical Conference of the Nizhnevartovsk State University]. Nizhnevartovsk: Izd-vo NVGU, 2017, pp. 355–360.
13. Usmanov I.Yu., Ivanov V.B., Ivanov N.A. *Ekologicheskie problemy basseynov krupnykh rek – 6: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [Ecological problems of large river basins – 6: Materials of an international conference]. Tol'yatti: Anna, 2018, pp. 303–305.

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Александрова Виктория Викторовна**, доцент кафедры экологии, к.б.н.  
ФГБОУ ВО «Нижневартровский государственный университет»  
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация  
aleksandrovavv2006@yandex.ru

**Иванов Вячеслав Борисович**, доцент кафедры экологии, к.п.н.  
ФГБОУ ВО «Нижневартровский государственный университет»  
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация  
karatazh@mail.ru

**Войтова Виктория Александровна**, ведущий инженер отдела химизации  
производственных процессов  
*АО «Самотлорнефтегаз – Роснефть»*  
*ул. Ленина, 4, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация*  
*voitovava@mail.ru*

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

**Aleksandrova Viktoria Viktorovna**, Associate Professor  
*Nizhnevartovsk State University*  
*56, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation*  
*aleksandrovavv2006@yandex.ru*  
*ORCID: 0000-00034948-2912*

**Ivanov Vyacheslav Borisovich**, Associate Professor  
*Nizhnevartovsk State University*  
*56, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation*  
*karatazh@mail.ru*  
*ORCID: 0000-0001-6617-4634*

**Vojtova Viktoria Aleksandrovna**, Lead Engineer of the Production Process  
Chemization Department  
*Rosneft, Samotlorneftegaz JSC*  
*4, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation*  
*voitovava@mail.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-79-83

УДК 661.72

## НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛОВОГО ЭФИРА 3-(4'-НИТРОФЕНИЛ) ГИДРАЗОНА-2,3,4-ТРИОКСОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ

*Волкова Д.С., Рот Е.В.*

*Разработан новый способ получения этилового эфира 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты – удобного синтона для получения азотфункционализированных гетероциклических соединений и подтверждено его строение методами масс-спектрометрии.*

**Ключевые слова:** азосочетание;  $\beta$ -дикарбонильные соединения; ВЭЖХ; масс-спектрометрия; ТСХ.

## A NEW METHOD FOR THE SYNTHESIS OF 3-(4'-NITROPHENYL) HYDRAZONE-2,3,4-TRIOXOPENTANOIC ACID ETHYL ESTER

*Volkova D.S., Root E.V.*

*A new method has been developed for the preparation of 3-(4'-nitrophenyl)-hydrazone-2,3,4-trioxopentanoic acid ethyl ester; a convenient synthon for producing nitrogen-functionalized heterocyclic compounds, and its structure has been proved by mass spectrometry.*

**Keywords:** azocoupling;  $\beta$ -dicarbonyl compounds; HPLC; mass-spectrometry; TLC.

Поиск новых методов синтеза азотфункционализированных соединений и гетероциклов, проявляющих биологическую активность, является важной задачей для синтетической органической химии. Классические методы прямого введения азотсодержащей функциональной группы в ядро гетероцикла не всегда осуществимы из-за ограничения применения реак-



ций электрофильного замещения. Поэтому удобным методом получения азотфункционализированных гетероциклов являются различные циклоконденсации с использованием в качестве синтонов азотфункционализированных  $\beta$ -дикарбонильных соединений [1]. Авторы [2] указывают на биологическую активность эфиров 3-алкилгидразонов-2,3,4-триоксоалкановых кислот, которые проявляют противомикробное действие в отношении штаммов кишечной палочки *Escherichia coli* и золотистого стафилококка *Staphylococcus aureus*.

Этиловый эфир 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты был получен в результате трехкомпонентной одnoreакторной конденсации ацетона с диэтилоксалатом в присутствии гидрида натрия и последующим азосочетанием с солью нитрофенилдиазония [3]. Но в ходе этой реакции используется пожаровзрывоопасный реагент – гидрид натрия.

Мы предлагаем альтернативный, безопасный, исключаящий использование гидрида натрия, метод получения этилового эфира 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты, основанный на азосочетании диазониевой соли соответствующего ариламина с этиловым эфиром 2,4-дионпентановой кислоты [схема 1].

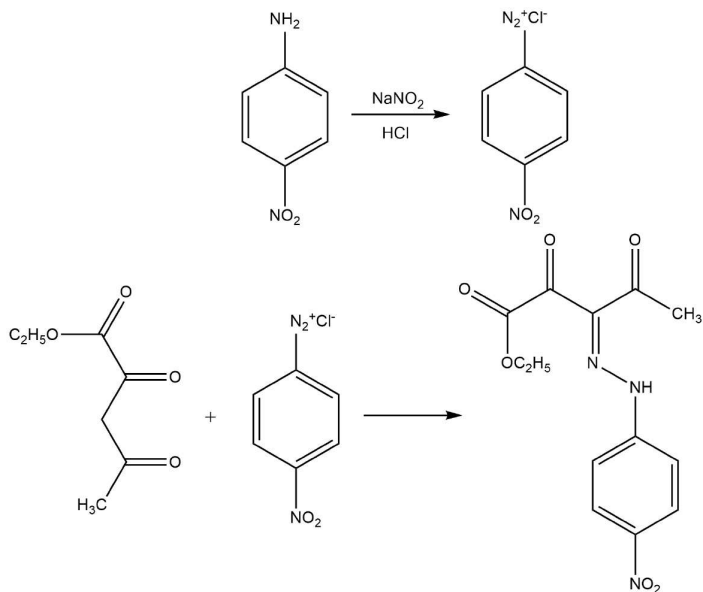


Схема 1.

Для этого готовят пара-нитрофенилдиазоний хлорид из пара-нитроанилина и эквивалентного количества нитрита натрия в 3-х кратном избытке соляной кислоты при температуре не превышающей 0°C. После чего проводят азосочетание полученного пара-нитрофенилдиазоний хлорида с этиловым эфиром ацетилпировиноградной кислоты в спиртово-ацетатном буферном растворе, не допуская разогрева выше 0°C. Затем реакционную массу разбавляют трехкратным количеством ледяной воды. Образовавшийся осадок желтого цвета отфильтровывают,  $T_{пл}=130^{\circ}\text{C}$ , что соответствует литературным данным [2, 3].

Чистоту и индивидуальность продукта проверяли методом ТСХ. Для этого использовали пластинки марки ПТСХ-П-В-УФ, элюент – гексан: этилацетат в соотношении 1:1, проявление проводили в ультрафиолетовом свете.

Для идентификации этилового эфира 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты использовали масс-спектрометрию с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии [4].

Регистрация масс-спектра проводилась на квадрупольном приборе Shimadzu LC/MS-2020 с колонкой RAPTOR ARC-18 100 (диаметр 2,1 мм, зернистость 0,1 мм, длина 100 мм) в изократическом режиме при температуре 35°C в термостатируемой колонке. Масс-спектры записывали при прямом вводе образца с концентрацией 0,02 мг/мл в метиловом спирте и элюата, подаваемого хроматографом со скоростью 0,001 см<sup>3</sup>/мин. Для получения интенсивного пика были подобраны следующие условия масс-детектирования: положительная и отрицательная поляризации, напряжение электроспрея 6000 В, потенциал декластеризации и потенциал ввода – 60 В при давлении газа завесы 5,0 л/мин и газа распыления 5,0 л/мин. Диапазон сканирования составлял 20-500 Да

В масс-спектре этилового эфира 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты имеется молекулярный ион соответствующий рассчитанному ( $m/z$  307), и 4 фрагмента с высокой интенсивностью ( $m/z$  295, 279, 200, 111). Основываясь на «азотном правиле», нечетная молекулярная масса соединения свидетельствует о наличии нечетного количества атомов азота в структуре. Ион ( $M+1$ ) с интенсивностью 14,44% от молекулярного пика предполагает наличие в молекуле 13 атомов углерода, 3 атома азота и 6 атомов кислорода, что соответствует структуре полученного соединения с брутто-формулой  $\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_6$  [5].

Таким образом предложен альтернативный способ получения этилового эфира 3-(4'-нитрофенил)гидразона-2,3,4-триоксопентановой кислоты – удобного синтона для получения азотфункционализированных гетероциклических соединений.

### Список литературы

1. Семиченко Е.С., Рот Е.В., Покровский Л.М., Субоч Г.А. Циклоконденсация 2-аминоиндола с 3-арилгидразоами 2,3,4-пентантриона // ЖОРХ. 2007. Т. 43. № 3. С. 406–408.
2. Левенец Т.В. Синтез и противомикробная активность эфиров 3-арилгидразо-2,4-диоксоалкановых кислот / Т.В. Левенец, В.О. Козьминых // Хим.-фарм. журн. 2013. Т. 47. № 10. С. 25–29.
3. Левенец Т.В. Синтез, строение и рН-индикаторные свойства этилового эфира 3-(4-нитрофенил)гидразо-2,4-диоксопентановой кислоты / Т.В. Левенец, Е.В. Листопад, В.О. Козьминых // Актуальные проблемы биологии, химии, физики: материалы Междунар. заочной науч.-практ. конф. Новосибирск, 2011. С. 126–129.
4. Яшин Я., Яшин А. Основные тенденции развития хроматографии после 110-летия со дня ее открытия М.С. Цветом. М.: ООО «Интерлаб», 2014. С. 11.
5. Бочкарев В.Н., Поливанов А.Н., Фалько В.С. Масс-спектры положительных и отрицательных ионов линейных метил фенилсилоксанов // Журнал общей химии. 1978. Т. 48. С. 858–861.

### References

1. Semichenko E.S., Root E.V., Pokrovskiy L.M., Suboch G.A. *Zhurnal organicheskoy khimii*. 2007. V. 43. № 3, pp. 406–408.
2. Levenets T.V., Koz'minykh V.O. *Khim.-farm. zhurn*. 2013. V. 47. № 10, pp. 25–29.
3. Levenets T.V., Listopad E.V., Koz'minykh V.O. *Aktual'nye problemy biologii, khimii, fiziki: materialy Mezhdunar. zaочноy науч.-prakt. конф.* [Actual problems of biology, chemistry, physics: materials of the International correspondence scientific.-practical. conf.]. Novosibirsk, 2011, pp. 126-129.
4. Yashin Ya., Yashin A. *Osnovnyye tendentsii razvitiya khromatografii posle 110-letiya so dnya ee otkrytiya M. S. Tsvetom* [The main trends in the development of chromatography after the 110th anniversary of its discovery by M.S. Tsvet]. M.: ООО «Interlab», 2014. P. 11.
5. Bochkarev V.N., Polivanov A.N., Fal'ko V.S. *Zhurnal obshchey khimii*. 1978. V. 48, pp. 858–861.

### ДАнные об авторах

**Волкова Дарья Сергеевна**, студент

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева*

---

*просп. имени газеты Красноярский Рабочий, 31, г. Красноярск,  
660037, Российская Федерация  
dasha\_21\_dasha@mail.ru*

**Роот Евгений Владимирович**, к.х.н.

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева  
просп. имени газеты Красноярский Рабочий, 31, г. Красноярск,  
660037, Российская Федерация  
rootev@mail.ru*

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

**Volkova Daria Sergeevna**, student

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarsk Worker ave., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
dasha\_21\_dasha@mail.ru*

**Root Evgeny Vladimirovich**, Ph.D.

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarsk Worker ave., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
rootev@mail.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-84-91

УДК 504.062

## ДИНАМИКА МИГРАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В МАЛЫХ РЕКАХ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА

*Иванова А.В.*

*В исследовании рассмотрена миграция химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек Нижневартовского района. На основе данных химического анализа проб поверхностных вод и донных отложений за двенадцатилетний период, с 2007 по 2018 годы, был проведен статистический анализ всех исследованных показателей.*

**Ключевые слова:** реки; поверхностные воды; донные отложения; химические вещества; статистический анализ.

## DYNAMICS OF MIGRATION OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES IN SMALL RIVERS OF THE NIZHNEVARTOVSK REGION

*Ivanova A.V.*

*The study examined the migration of chemicals in surface waters and bottom sediments of small rivers in the Nizhnevartovsk region. Based on the data of chemical analysis of surface water samples and bottom sediments for a twelve-year period, from 2007 to 2018, a statistical analysis of all the studied indicators was carried out.*

**Keywords:** rivers; surface waters; bottom sediments; chemicals; statistical analysis.

### **Введение**

Интенсивная добыча нефти в Западной Сибири приводит к нарушению естественного состояния экосистемы Обь-Иртышского бассейна. В результате антропогенных нагрузок на водоемы и водосборы: прокладка и реконструкция нефте- и газопроводов, зарегулирование речного стока, рост безвозвратного водопотребления и др. – происходит разрушение

водных экосистем. При ландшафтно-геохимических исследованиях гидрографическая сеть рассматривается как основной блок, через который проходят потоки природных и техногенных веществ. Динамика химического состава поверхностных вод и донных отложений является индикатором экологической обстановки территории, что определяет значимость гидрохимических исследований речных систем.

### **Цель исследования**

Оценка миграции химических веществ, содержащихся в поверхностных водах и донных отложениях малых рек Нижневартовского района с использованием методов статистического анализа.

### **Материалы и методы исследования**

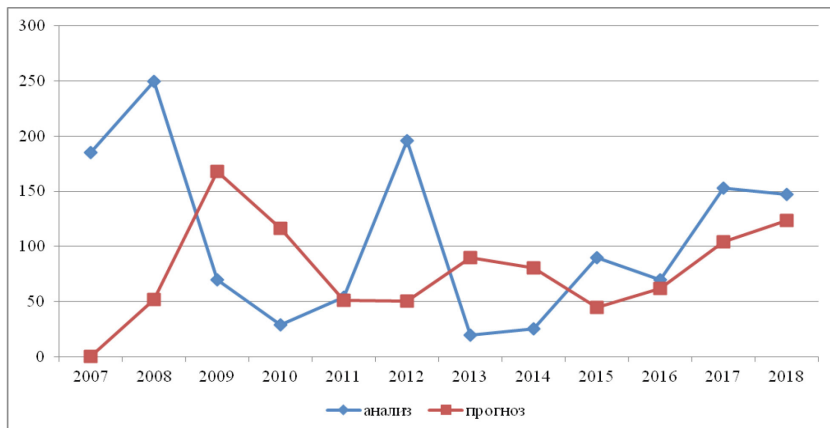
На основе данных многолетнего химического анализа проб донных отложений, с 2007 по 2018 годы, был проведен статистический анализ исследованных показателей. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ *Statistica* и *Excel*.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

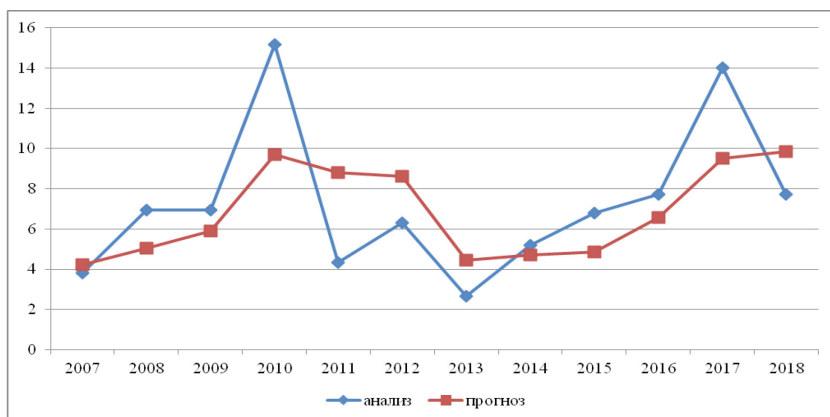
Анализ миграции химических веществ в пробах донных отложений методом скользящей средней, говорит о периодических изменениях концентраций веществ в донных отложениях (рис. 1). В донных отложениях зарегистрированы резкие пики и спады концентраций химических веществ: максимальные пики отмечены в 2008 и 2012 году, минимальные концентрации веществ в 2010, 2013 и 2014 годах. В целом прогноз изменения химического состава донных отложений методом скользящей средней показал изменение количества веществ за двенадцатилетний период в диапазоне от 23 до 250 мг/кг, в 2008 году этот показатель составил 250 мг/кг, в 2018 – 148 мг/кг.

Прогноз миграции химических веществ в донных отложениях методом скользящей средней за исследуемый период показывает, что с 2007 по 2011 гг. наблюдаются резкие изменения концентраций веществ, а далее кривая имеет сглаженный вид по сравнению с фактическими показателями. Фактическое суммарное количество химических веществ в донных отложениях в несколько раз превышает аналогичные показатели веществ в поверхностной воде, что связано с переходом химических веществ из воды в донные отложения в результате физических процессов самоочищения воды. В накоплении веществ в донных отложениях прослеживается

периодичность, обусловленная сезонными и многолетними колебаниями режима водоемов.



**Рис. 1.** Анализ и прогноз миграции химических веществ в пробах донных отложений исследованных рек методом скользящей средней



**Рис. 2.** Анализ и прогноз миграции химических веществ в пробах поверхностных вод исследованных рек методом скользящей средней

Анализ миграции химических веществ в пробах поверхностных вод методом скользящей средней за период с 2007 г. по 2018 год, говорит о значительном колебании суммарного количества химических веществ (рис. 2). С 2007 по 2010 год суммарное количество химических веществ

увеличивалось, с 2010 по 2013 уменьшалось, затем опять увеличивалось. Пики концентрации веществ отмечаются в 2010, 2017 годах, с 2010 года по 2013 год отмечается снижение концентраций веществ в пробах воды рек Нижневартовского района, в 2017 году регистрируется значительное повышение, к 2018 году идет спад концентрации химических веществ.

«Кривая» прогноза миграции химических веществ в пробах воды методом скользящей средней за двенадцатилетний период (2007–2018 год), имеет более сглаженный вид, в сравнении с фактическими показателями. Принято считать, что антропогенное воздействие усиливается с каждым годом и количество загрязнителей растет, как видно из прогноза, методом скользящей средней за 12-летний период исследования, концентрации химических веществ в воде рек Нижневартовского района изменяется волнообразно. Что объясняется процессами самоочищения в экосистемах.

Степень корреляционной зависимости количества химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек северной части Нижневартовского района характеризуется как положительная средняя, и составила  $r=0,62955$ .

### **Заключение**

Результаты проведенного нами исследования показывают, что речные системы Нижневартовского района, протекающие по территории лицензионных участков, активно подвергаются промышленному воздействию со стороны нефтегазодобывающей отрасли. Промышленные площадки и автодороги на лицензионных участках оказывают техногенное воздействие на поверхностные воды и донные отложения малых рек Нижневартовского района. Анализ и прогноз миграции химических веществ в пробах воды и донных отложений исследованных рек методом скользящей средней за двенадцатилетний период (2007–2018 год), говорит о значительном колебании суммарного количества химических веществ. В пробах воды и донных отложениях зарегистрированы резкие пики и спады концентраций химических веществ, в целом динамика имеет волнообразный характер.

### ***Список литературы***

1. Александрова В.В., Левкова А.Н., Логинов Д.Н., Иванов В.Б. Анализ и прогноз миграции антропогенных примесей в пробах донных отложений поверхностных вод Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. № 9 (4-2). 180–186.



2. Александрова В.В. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод (на примере Нижневартовского района Тюменской области): Монография. Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2009. 92 с.
3. Александрова В.В. Анализ корреляционной зависимости выживаемости и плодовитости тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* с химическим составом воды // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2013. № 3. С. 60–63.
4. Александрова В.В. Определение качества природных вод методом биотестирования в полевых условиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (3). С. 897–899.
5. Александрова В.В., Левкова А.Н., Иванова А.В. Анализ и прогноз миграции химических веществ в поверхностных водах и донных отложениях малых рек // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. №2-2. С. 12–20.
6. Александрова В.В., Иванов В.Б., Иванов Н.А., Марач В.С. Оценка качества воды озер Нижневартовского района по критерию выживаемости *Daphnia magna* // В мире научных открытий». 2017. Т. 9. № 1-2. С. 36–41.
7. Александрова В.В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод. Нижневартовск, 2013.
8. Александрова В.В., Иванов Н.А., Марач В.С., Иванов В.Б. Оценка токсичности вод озер Нижневартовского района // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 2-2. С. 53–57.
9. Александрова В.В., Логинов Д.Н., Войтова В.А. Корреляционный анализ миграции антропогенных примесей в донных отложениях методом химического анализа // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 4-2. С. 186–191.
10. Волков И.М., Ряхин М.С., Белоусов С.Н., Александрова В.В., Иванов В.Б. Обеспечение экологической безопасности проектных решений на территории лицензионных участков недропользователей с применением наилучших доступных технологий // Нефтяное хозяйство. 2018. № 2. С. 109–112.
11. Иванов В.Б., Усманов И.Ю., Александрова В.В., Иванов Н.А., Болотин К.И., Иванова Л.Г., Копылов Е.О. Количественные и качественные критерии преобразования и самовосстановления природных комплексов в результате загрязнения нефтепродуктами // В мире научных открытий. 2017. Т. 9 (1-2). С. 56–65.
12. Иванов В.Б., Усманов И.Ю., Александрова В.В., Иванов Н.А., Калиновская Е.А. Оценка воздействия нефтешламowych амбаров на верховые болотные почвы // В мире научных открытий. 2017. Т. 9 (1-2). С. 66–71.

13. Иванов В.Б., Калиновская Е.А., Иванов Н.А., Александрова В.В., Усманов И.Ю. Геохимическая оценка воздействия шламовых амбаров на верховые болотные почвы // В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 2-2. С. 23–28.
14. Иванов В.Б., Федоренко Л.З., Иванова Л.Г. Оценка сезонной динамики качества поверхностных вод по критерию плодовитости *Ceriodaphnia affinis* // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 1-2. С. 38–45.
15. Иванов В.Б., Долгих А.Ю. Оценка экологического состояния водного объекта // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. № 3-2. С. 21–28.
16. Левкова А.Н., Иванов В.Б. Эколого-химический анализ состояния донных отложений малых рек Нижневартовского района в зоне воздействия нефтедобывающей промышленности // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2017. С. 355–360.
17. Толкачева В.В. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования (на примере Нижневартовского района) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Омск: ОмГПУ, 2004.
18. Толкачева В.В. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования (на примере Нижневартовского района) : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Омск: ОмГПУ, 2004. 22 с.
19. Усманов И.Ю., Иванов В.Б., Иванов Н.А. Самовосстановление экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 6: Материалы международной конференции. Тольятти: Анна, 2018. С. 303–305.
20. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bio-indication and Chemical Analysis // Vegetos: An International Journal of Plant Research. 2016. Vol. 29. № 2, pp. 47–50.

### References

1. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Loginov D.N., Ivanov V.B. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2017. №9 (4-2), pp. 180–186.
2. Aleksandrova V.V. *Primenenie metoda biotestirovaniya v analize toksichnosti prirodnyh i stochnykh vod (na primere Nizhnevarтовского rajona Tyumenskoj oblasti)* [Application of the bioassay method in the analysis of toxicity of natural and waste waters (for example, Nizhnevarтовsk district of the Tyumen region)]. Nizhnevarтовsk: Izd-vo NGGU, 2009. 92 p.

3. Aleksandrova V.V. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. № 3, pp. 60–63.
4. Aleksandrova V.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2013. V. 15. № 3 (3), pp. 897–899.
5. Aleksandrova V.V., Levkova A.N., Ivanova A.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. №2-2, pp. 12–20.
6. Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Ivanov N.A., Marach V.S. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 1-2, pp. 36–41.
7. Aleksandrova V.V. *Biotestirovanie kak sovremennyy metod ocenki toksichnosti prirodnyh i stochnyh vod* [Biotesting as a modern method for assessing the toxicity of natural and waste waters]. Nizhnevartovsk, 2013.
8. Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Marach V.S., Ivanov V.B. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 2-2, pp. 53–57.
9. Aleksandrova V.V., Loginov D.N., Vojtova V.A. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 4-2, pp. 186–191.
10. Volkov I.M., Ryahin M.S., Belousov S.N., Aleksandrova V.V., Ivanov V.B. *Neftyanoe hozyajstvo*. 2018. № 2, pp. 109–112.
11. Ivanov V.B., Usmanov I.Yu., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Bolotin K.I., Ivanova L.G., Kopylov E.O. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V.9 (1-2), pp. 56–65.
12. Ivanov V.B., Usmanov I.Yu., Aleksandrova V.V., Ivanov N.A., Kalinovskaya E.A. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9 (1-2), pp. 66–71.
13. Ivanov V.B., Kalinovskaya E.A., Ivanov N.A., Aleksandrova V.V., Usmanov I.Yu. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. V. 9. № 2-2, pp. 23–28.
14. Ivanov V.B., Fedorenko L.Z., Ivanova L.G. *V mire nauchnyh otkrytij*. 2018. V. 10. № 1-2, pp. 38–45.
15. Ivanov V.B., Dolgih A.Yu. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. № 3-2, pp. 21–28.
16. Levkova A.N., Ivanov V.B. *XIX Vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [XIX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of the Nizhnevartovsk State University]. Nizhnevartovsk: Izd-vo NVGU, 2017. P. 355-360.
17. Tolkacheva V.V. *Analiz toksichnosti prirodnykh vod metodom biotestirovaniya (na primere Nizhnevartovskogo rayona)* [The analysis of the toxicity of natural waters by the bioassay method (on the example of the Nizhnevartovsk region)]. The dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Omsk: OmGPU, 2004.
18. Tolkacheva V.V. *Analiz toksichnosti prirodnykh vod metodom biotestirovaniya* [The analysis of the toxicity of natural waters by the bioassay method (on the example of the Nizhnevartovsk region)]. Omsk: OmGPU, 2004. 22 p.

19. Usmanov I.Yu., Ivanov V.B., Ivanov N.A. *Ekologicheskie problemy bassejnov krupnyh rek – 6: Materialy mezhdunarodnoj konferencii* [Ecological problems of large river basins – 6: Materials of an international conferenc]. Tol'yatti: Anna, 2018, pp. 303–305.
20. Ivanov V.B., Alexandrova V.V., Usmanov I.Yu., Scherbakov A.V., Yumagulova E.R., Ivanov N.A., Chibrikov O.V. Comparative Evaluation of Migrating Anthropogenic Impurities in Ecosystems of the Middle Ob Region through Bioindication and Chemical Analysis. *Vegetos: An International Journal of Plant Research*. 2016. Vol. 29. № 2, pp. 47–50.

#### **ДАнные ОБ АВТОРЕ**

**Иванова Ангелина Вячеславовна, студент**

*ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»  
ул. Ленина, 56, г. Нижневартовск, 628605, Российская Федерация  
karatazh@mail.ru*

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

**Ivanova Angelina Vyacheslavovna, student**

*Nizhnevartovsk State University  
56, Lenin St., Nizhnevartovsk, 628605, Russian Federation  
karatazh@mail.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-1-92-97

УДК 51-7

## QSPR МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЬДЕГИДОВ

*Осипов А.Л., Трушина В.П., Осипов Ф.Л.*

*В статье исследуются QSPR модели предсказания теплоемкости химических веществ семейства альдегидов. Исследование параметра теплоемкости осуществляется с помощью разработанных моделей с использованием следующих факторов: топологических индексов; структурных дескрипторов; информационного индекса, связанного с функцией Шеннона. Проведены вычислительные эксперименты, показывающие высокую эффективность предложенных QSPR зависимостей.*

**Ключевые слова:** *предсказание; брутто-формула; топологические индексы; структурные дескрипторы; информационный индекс; альдегиды; регрессионный анализ; теплоемкость.*

## QSPR SIMULATION OF HEAT CAPACITY OF ALDEHYDES

*Osipov A.L., Trushina V.P., Osipov F.L.*

*The article explores QSPR models for predicting the heat capacity of chemicals in the aldehyde family. The study of the heat capacity parameter is carried out using the developed models using the following factors: topological indices; structural descriptors; information index associated with the Shannon function. Computational experiments were performed showing the high efficiency of the proposed QSPR dependencies.*

**Ключевые слова:** *prediction; gross formula; topological indices; structural descriptors; information index; aldehydes; regression analysis; heat capacity.*

### **Введение**

Одной из наиболее актуальных задач в химических исследованиях является проблема моделирования параметра теплоемкости с помощью QSPR моделей. Информация о теплоемкости химических веществ нуж-

на для: вычисления тепловых балансов; проектирования теплообменной аппаратуры; расчета химического равновесия; определения энтропии вещества. Изучение механизмов теплоемкости химического вещества несет важную информацию о строении его молекул.

Незнание параметра теплоемкости существенно ограничивает практическую применимость химических веществ. В связи с этим в анализе QSPR зависимостей лучше разрабатывать статистические модели и информационные системы с базами химических соединений, обладающих параметром теплоемкости для определенных классов химических веществ.

Актуальность статьи заключается в конструировании новых QSPR моделей для предсказания параметра теплоемкости с учетом топологических и структурных дескрипторов, а также информационного индекса. В работе для моделирования параметра теплоемкости  $C_p$ , предлагаются дескрипторы, вычисление которых требуют знаний только структурной формулы химических соединений класса альдегидов.

### Методы исследования

В качестве научных исследований используются методы: хемоинформатики, количественной связи структура – свойство; программирования; теории графов; моделирования и прогнозирования.

### Результаты исследования

В качестве экспериментальной выборки были взяты 24 химических вещества из семейства альдегидов [1, с. 241] с рассчитанными топологическими индексами.

В таблице 1 представлены альдегиды с рассчитанными топологическими индексами, структурными дескрипторами и информационным индексом. Индекс Рандича обозначается  $\chi$ , Валабана –  $J$ , Харари –  $H$ , Винера –  $W$ , Шеннона –  $I$ .

Таблица 1.

Выборка альдегидов

Брутто-формула	$\chi$	$J$	$H$	$W$	$I$	Количество $CH_2$
$C_2H_4O$	1,41	1,63	2,5	4	1,477733	0
$C_3H_6O$	1,91	1,97	4,33	10	1,394096	1
$C_4H_8O$	2,41	2,19	6,42	20	1,329252	2
$C_5H_{10}O$	2,91	2,34	8,7	35	1,280385	3
$C_6H_{12}O$	3,41	2,45	11,15	56	1,242608	4

Окончание табл. 1.

C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	3,91	2,53	13,74	84	1,212573	5
C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	4,41	2,6	16,46	120	1,188102	6
C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	4,91	2,65	19,26	165	1,167756	7
C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	5,41	2,69	22,22	220	1,15055	8
C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	5,91	2,73	25,24	286	1,135791	9
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O	6,41	2,76	28,34	364	1,122977	10
C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	6,91	2,78	31,52	455	1,111737	11
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O	7,41	2,81	34,77	560	1,101789	12
C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	7,91	2,83	38,09	680	1,092915	13
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	8,41	2,85	41,47	816	1,084945	14
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O	8,91	2,86	44,91	969	1,077743	15
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	9,41	2,88	48,41	1140	1,071199	16
C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O	9,91	2,89	51,95	1330	1,065225	17
C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	10,41	2,9	55,55	1540	1,059746	18
C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O	10,91	2,91	59,2	1771	1,054701	19
C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O	11,41	2,92	62,89	2024	1,050039	20
C <sub>23</sub> H <sub>46</sub> O	11,91	2,93	66,62	2300	1,045717	21
C <sub>24</sub> H <sub>48</sub> O	12,41	2,94	70,4	2600	1,041697	22
C <sub>25</sub> H <sub>50</sub> O	12,91	2,95	74,21	2925	1,037948	23

В статье в качестве информационного индекса  $I$  используется величина, вычисляемая по формуле  $I = -\sum_{i=1}^N \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$ , где  $n_i$  – число атомов  $i$ -го сорта, а  $N$  – общее число атомов в молекуле. Индекс  $I$  программно вычислялся по брутто-формуле. В качестве структурного дескриптора использовался фактор, показывающий количество фрагментов  $CH_2$  в молекуле химического соединения.

В работе [1, с. 238] представлена QSPR модель предсказания параметра теплоемкости на основе топологических индексов  $C_v = 0,817 - 1,034J + 0,0001W + 9,182\chi$ . Параметры модели следующие: коэффициент детерминации  $R^2 = 1$ ; стандартная ошибка  $SD = 0,267$ ; критерий Фишера  $F = 108300$ ; средняя абсолютная ошибка в %  $MAPE = 0,3845$ ; средняя абсолютная ошибка  $MAE = 0,1435$ .

В статье разработаны следующие QSPR модели предсказания параметра теплоемкости, представленные в таблице 2.

Таблица 2.

**Характеристики моделей для предсказания теплоемкости**

Модель	$R^2$	$F$	$SD$	$MAPE$	$MAE$
$C_V = -2,431 + 9,193I + 5,484 CH_2 - 0,273H$	1	115077,9	0,2586	0,3687	0,1367
$C_V = 64,09 - 39,2974I + 1,2259H$	1	18905,2	0,7813	1,7429	0,5816
$C_V = 10,14 + 4,5031CH_2 - 0,0069H$	1	140386,5	0,2868	0,4727	0,1344
$C_V = 0,0344I + 1,2238CH_2 - 0,1934H$ для стандартизированных переменных	1	120831,8	0,2361	0,0037	0,1367
$C_V = 4,01 \cdot I^{0,1261} \cdot CH_2^{-0,1194} \cdot H^{0,8609}$	1	29514,6	0,2438	0,4125	0,1519

Из анализа приведенных моделей видно, что стандартная ошибка у трех приведенных выше моделей лучше, чем в работе [1, с. 238]. Более того эти модели более просты в вычислительном отношении. Расчет по моделям проводился с помощью MS Excel и статистического пакета SPSS [2, с. 57].

**Обсуждение**

Предлагаемая методология на основе количественной связи «структура молекул – свойства» позволяет достаточно эффективно предсказывать теплоемкость по достаточно просто вычисляемым факторам. Поэтому разработанные QSPR модели можно рекомендовать для практического использования.

**Заключение**

Предложены QSPR модели для исследования взаимосвязи параметра теплоемкости альдегидов от структурных, топологических и информационных факторов. Проведено сравнение разработанных моделей с уже существующими подходами. Среди предложенных моделей выбраны наилучшие.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Информация о спонсорстве.** Спонсорская поддержка отсутствует.

**Список литературы**

1. Alaghebandi A. QSPR modeling of heat capacity, thermal energy and entropy of aliphatic aldehydes by using topological indices and MLR method / Alaghe-



- bandi A., F. Shafiei // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. Vol 7. No 2. 2016, pp. 235–251.
2. Бюль А., Цефель П. *SPSS: искусство обработки информации*. СПб: Диа-СофтЮП, 2005. 608 с.

### *References*

1. Alaghebandi A., Shafiei F. QSPR modeling of heat capacity, thermal energy and entropy of aliphatic aldehydes by using topological indices and MLR method. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. Vol 7. No 2. 2016, pp. 235–251.
2. Byul' A., Cefel' P. *SPSS: искусство обработки информации* [SPSS: the art of information processing]. SPb: DiaSoftYUP. 2005. 608 p.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Осипов Александр Леонидович**, доцент, кандидат технических наук  
*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный университет экономики и управления*  
ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, 630099, Российская Федерация  
[alosip@mail.ru](mailto:alosip@mail.ru)

**Трушина Вероника Павловна**, старший преподаватель  
*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный университет экономики и управления*  
ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, 630099, Российская Федерация  
[veronika07-92@mail.ru](mailto:veronika07-92@mail.ru)

**Осипов Федор Леонидович**, доцент, кандидат педагогических наук  
*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный университет экономики и управления*  
ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, 630099, Российская Федерация  
[alosip@mail.ru](mailto:alosip@mail.ru)

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Osipov Alexander Leonidovich**, Associate Professor, Candidate of Technical sciences  
*Novosibirsk State University of Economics and Management*  
56, Kamenskaya str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation  
[alosip@mail.ru](mailto:alosip@mail.ru)

**Trushina Veronica Pavlovna**, Senior Teacher

*Novosibirsk State University of Economics and Management  
56, Kamenskaya str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation  
veronika07-92@mail.ru*

**Osipov Fedor Leonidovich**, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences

*Novosibirsk State University of Economics and Management  
56, Kamenskaya str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation  
alosip@mail.ru*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

Научно-практический рецензируемый журнал **Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture** издается с целью пропаганды фундаментальных и фундаментально-прикладных региональных достижений в области медицины, химии, биологии, сельского хозяйства и смежных дисциплин на территории Российской Федерации и за рубежом.

### 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>)

**Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture** is a multi-field dedicated peer reviewed scientific journal designed to promote both fundamental and applied regional achievements in the field of medicine, chemistry, biology, agriculture and related sciences on the territory of the Russian Federation and abroad.

### 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

### ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДОВ РОДА <i>TULIPA L.</i> (LILIACEAE) <b>Адучиева М.Г., Очирова А.С., Гаряева К.М., Убушаева С.В., Лиджиева Н.Ц.</b> .....	11
ПЛОТНОСТЬ И ВИТАЛИТЕТНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ <i>TULIPA BIFLORA PALL.</i> (LILIACEAE) В ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <b>Очирова А.С.</b> .....	23
TYPOLOGY OF BUILDINGS FOR DAIRY COWS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA <b>Tanja Trkulja, Miljan Erbez</b> .....	34
НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ <b>Мирзаева Арзу Рафаил кызы</b> .....	48
<b>НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ</b>	
ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА МАНЖЕТКИ ОБЫКНОВЕННОЙ <b>Козлова В.Н., Никишина М.Б., Иванова Е.В., Агрощенко Ю.М.</b> .....	56
БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ «ЗЕЛЕННОГО СИНТЕЗА» НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА МАНЖЕТКИ ОБЫКНОВЕННОЙ <b>Козлова В.Н., Никишина М.Б., Иванова Е.В., Агрощенко Ю.М.</b> .....	60



---

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХЛОРИД-ИОНАМИ МАЛЫХ РЕК НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА <b>Алагулов Д.А., Иванова А.В.</b> .....	64
АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ОТ УРОВНЯ pH ВОДЫ <b>Александрова В.В., Иванов В.Б., Войтова В.А.</b> .....	71
НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛОВОГО ЭФИРА 3-(4'-НИТРОФЕНИЛ)ГИДРАЗОНА-2,3,4-ТРИОКСОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ <b>Волкова Д.С., Роот Е.В.</b> .....	79
ДИНАМИКА МИГРАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В МАЛЫХ РЕКАХ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА <b>Иванова А.В.</b> .....	84
QSPR МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЬДЕГИДОВ <b>Осипов А.Л., Трушина В.П., Осипов Ф.Л.</b> .....	92
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	98

## CONTENTS

### CHEMISTRY. AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND GROWTH REGULATOR ON SPRING OF SEEDS FROM NATURAL POPULATIONS OF SPECIES OF THE GENUS <i>TULIPA L.</i> (LILIACEAE) <b>Aduchieva M.G., Ochirova A.S., Garyaeva K.M., Ubushaeva S.V., Lidzhieva N.Ts.</b> .....	11
DENSITY AND VITALITY STRUCTURE OF POPULATIONS OF <i>TULIPA BIFLORA PALL.</i> (LILIACEAE) IN THE CASPIAN LOWLAND <b>Ochirova A.S.</b> .....	23
TYOLOGY OF BUILDINGS FOR DAIRY COWS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA <b>Tanja Trkulja, Miljan Erbez</b> .....	34
HEREDITARY VARIABILITY OF BIOLOGICAL FEATURES OF MULBERRY SILKWORM UNDER DIFFERENT CONDITIONS <b>Mirzaeva Arzu Rafail gizi</b> .....	48
<b>SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS</b>	
FUNGICIDAL ACTIVITY OF COLLOIDAL COPPER PARTICLES OBTAINED ON THE BASIS OF THE EXTRACT OF THE <i>ALCHEMILLA VULGARIS</i> <b>Kozlova V.N., Nikishina M.B., Ivanova E.V., Atroshchenko Yu.M.</b> .....	56
THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF COLLOIDAL COPPER PARTICLES OBTAINED BY “GREEN SYNTHESIS” BASED ON THE EXTRACT OF THE <i>ALCHEMILLA VULGARIS</i> <b>Kozlova V.N., Nikishina M.B., Ivanova E.V., Atroshchenko Yu.M.</b> .....	60

---

ASSESSMENT OF CHLORIDE ION POLLUTION OF SMALL RIVERS IN THE NIZHNEVARTOVSK REGION <b>Alagulov D.A., Ivanova A.V.</b> .....	64
ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN THE RESULTS OF TOXICOLOGICAL EXPERIMENTS AND THE pH LEVEL OF WATER <b>Aleksandrova V.V., Ivanov V.B., Vojtova V.A.</b> .....	71
A NEW METHOD FOR THE SYNTHESIS OF 3-(4'-NITROPHENYL) HYDRAZONE-2,3,4-TRIOXOPENTANOIC ACID ETHYL ESTER <b>Volkova D.S., Root E.V.</b> .....	79
DYNAMICS OF MIGRATION OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES IN SMALL RIVERS OF THE NIZHNEVARTOVSK REGION <b>Ivanova A.V.</b> .....	84
QSPR SIMULATION OF HEAT CAPACITY OF ALDEHYDES <b>Osipov A.L., Trushina V.P., Osipov F.L.</b> .....	92
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	145



Подписано в печать 31.03.2020. Дата выхода в свет 08.06.2020. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 7,69. Тираж 5000 экз. Свободная цена. Заказ SJLSA113/019. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.