

ISSN 2658-6649

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

www.discover-journal.ru



Volume 12, Number 5
2020

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

**Siberian Journal of
Life Sciences
and Agriculture**

Том 12, №5, 2020

www.discover-journal.ru

Импакт-фактор
РИНЦ 2019 = 0,562

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, №5, 2020

www.discover-journal.ru

RSCI IF (2019) =
0,562

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, № 5. 202 с.

Периодичность – 6 выпусков в год.

Журнал включен в библиографическую и реферативную базу данных Scopus, Реферативный журнал и базы данных ВИНИТИ 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
<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 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)

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-11-15

УДК 51-7

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ АДАМАНТАНА

Осипов А.Л., Трушина В.П.

В статье исследуются QSPR модели предсказания липофильности химических веществ семейства адамантанов. Исследование параметра липофильности осуществляется с помощью разработанных нелинейных моделей с использованием абсолютной энтропии. Проведены вычислительные эксперименты, показывающие высокую эффективность предложенных QSPR зависимостей.

Ключевые слова: предсказание; липофильность; абсолютная энтропия; регрессионный анализ; QSPR.

PREDICTION OF LIPOPHILIC PROPERTIES OF ADAMANTANE DERIVATIVES

Osipov A.L., Trushina V.P.

The article explores QSPR models for predicting the lipophilicity of chemicals in the adamantane family. The study of the lipophilicity parameter is carried out using the developed nonlinear models using absolute entropy. Computational experiments have been performed, showing the high efficiency of the proposed QSPR dependencies.

Ключевые слова: prediction; lipophilicity; absolute entropy; regression analysis; QSPR.

Введение

Гидрофобные взаимодействия (липофильность) действуют в водной среде и имеют энтропийную природу. Поэтому изучение липофильности через абсолютную энтропию является весьма перспективным направлением для производных адамантана, которые обладают ярко выраженной биологической активностью. Актуальность статьи заключается в конструировании новых QSPR моделей для предсказания параметра ли-

пофильности с учетом только одного фактора, а именно, абсолютной энтропии (S).

Методы исследования

Методы исследований включают: хемоинформатику, корреляционную зависимость между структурой и лекарственными свойствами (QSPR); программирование; моделирование и прогнозирование.

Результаты исследования

В качестве экспериментальной выборки были взяты 24 химических вещества из семейства адамантанов [1, с. 133], представленные в таблице 1 своими физико-химическими параметрами.

Таблица 1.

Выборка производных адамантана

| № | $\log P$ | S |
|----|----------|-----------|
| 1 | 0,52 | 1474,3408 |
| 2 | 0,47 | 1474,3408 |
| 3 | 2,7 | 1769,8676 |
| 4 | 3,19 | 1906,2354 |
| 5 | 3,19 | 1906,2354 |
| 6 | 2,86 | 2253,4610 |
| 7 | 2,99 | 2203,7482 |
| 8 | 3,26 | 1806,2676 |
| 9 | 3,26 | 1806,2676 |
| 10 | 3,53 | 1816,0776 |
| 11 | 2,44 | 300,8960 |
| 12 | 1,69 | 333,3600 |
| 13 | 2,03 | 365,8340 |
| 14 | 1,55 | 606,2600 |
| 15 | 1,04 | 479,6580 |
| 16 | 1,45 | 437,9920 |
| 17 | 1,83 | 470,4680 |
| 18 | 1,42 | 559,8670 |
| 19 | 1,67 | 424,0180 |
| 20 | 1,63 | 370,0910 |
| 21 | 1,92 | 402,5660 |
| 22 | 0,92 | 462,3600 |
| 23 | 1,21 | 494,8340 |
| 24 | 1,55 | 422,7340 |

В работе [1, с. 134] представлена QSPR модель предсказания параметра липофильности на основе фактора, связанного с абсолютной энтропией $\log P = 10,29 - 0,038S + 0,00004S^2$. Параметры модели следующие: объем выборки $n = 16$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,96$; стандартная ошибка $SD = 0,37$; критерий Фишера $F = 146,72$. В этой работе выявлено, что коэффициент в модели при S^2 значим и находится в пределах $[0,000033; 0,000048]$, причем сам коэффициент равен $0,0004$ и не попадает в этот интервал. Скорее всего он равен $0,00004$ и модель имеет вид $\log P = 10,29 - 0,038S + 0,00004S^2$. Данная модель неэффективно предсказывает параметр липофильности для семейства адамантанов. Для первых десяти соединений она дает очень высокие показатели липофильности, например, для соединения с номером шесть, предсказанное значение липофильности оказалось равным $127,7819$ (реальное значение равно $2,86$). Для других девяти соединений предсказанные значения находились в интервале от 41 до 120 , хотя истинные значения липофильности были меньше $3,6$.

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

Таблица 2.

Характеристики моделей для предсказания липофильности

| Модель | R^2 | F | SD | n |
|---|-------|--------|-------|-----|
| $\log P = 7,2131 - 0,02292S + 0,000022S^2$ для элементов выборки со значением энтропии $S < 1000$ | 0,566 | 7,179 | 0,284 | 14 |
| $\log P = -40,1696 + 0,04375S + 0,000011S^2$ для элементов выборки со значением энтропии $S < 1000$ | 0,969 | 107,77 | 0,228 | 10 |
| $\log P = 0,15897 * S^{0,3871}$ | 0,634 | 32,91 | 0,459 | 21 |

Первые две модели можно записать в следующем виде $\log P = \begin{cases} 7,2131 - 0,02292S + 0,000022S^2, & \text{если } S < 1000 \\ -40,1696 + 0,04375S + 0,000011S^2, & \text{если } S > 1000 \end{cases}$. Из анализа моделей видно, что стандартная ошибка у двух приведенных выше моделей лучше, чем в работе [1, с. 134]. Для соединения с номером шесть прогнозное значение по моделям оказалось равным $2,56$ и $3,156$. Расчет по моделям проводился с помощью MS Excel и статистического пакета SPSS [2, с. 57].

Обсуждение

Предлагаемая методология на основе QSPR позволяет эффективно предсказывать липофильность для семейства адамантанов по достаточно

простым моделям. Представленные QSPR модели можно рекомендовать для практического использования.

Заключение

Предложены модели для исследования взаимосвязи параметра липофильности семейства адамантанов через их абсолютную энтропию. Проведено сравнение полученных моделей с уже существующими подходами.

Информация о конфликте интересов. Отсутствие конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Коноваленко С.П., Исаев П.П. Прогнозирование гидрофобных свойств биофармацевтических препаратов // Известия ЮФУ. Технические науки. №9 (110). 2010. С. 131–135.
2. Бюль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. СПб: ДиаСофтЮП. 2005. 608 с.

References

1. Konovalenko S.P., Isaev P.P. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*. №9 (110). 2010, pp. 131–135.
2. Bul A., Zefel P. *SPSS: iskustvo obrabotki informatsii* [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

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

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*

Trushina Veronica Pavlovna, senior teacher

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

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-16-21

УДК 616.34-008.1/7-009.1-053.2 (470.56)

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭТИОЛОГИИ И КЛИНИКИ СИНДРОМА РАЗДРАЖЕННОГО КИШЕЧНИКА У ДЕТЕЙ

Малеева Н.П., Кацова Г.Б.

Проблема синдрома раздраженного кишечника (СРК) является одной из самых актуальных в детской гастроэнтерологии. Цель исследования определить распространенность, этиологическую структуру, клинику СРК в зависимости от возраста. Обследовано 200 детей от 5 до 16 лет посетивших амбулаторный прием у гастроэнтеролога. Полученные результаты позволили сформировать дифференцированный подход к клинике в зависимости от этиологических факторов и возраста детей с СРК. Данное исследование позволяет проводить раннюю профилактику СРК, оптимизировать план обследования и рациональную терапию.

Ключевые слова: дети; синдром раздраженного кишечника; распространенность; этиология; клиника.

CURRENT ASPECTS OF THE ETIOLOGY AND CLINIC OF IRRITABLE BOWEL SYNDROME IN CHILDREN

Maleeva N.P., Katsova G.B.

The problem of irritable bowel syndrome (IBS) is one of the most urgent in pediatric gastroenterology. The aim of the study is to determine the prevalence, etiological structure, and clinic of IBS depending on age. We examined 200 children from 5 to 16 years old who attended an outpatient appointment with a gastroenterologist. The results obtained made it possible to form a differentiated approach to the clinic depending on etiological factors and the age of children with IBS. This study allows for early prevention of IBS, optimization of the examination plan and rational therapy.

Keywords: children; irritable bowel syndrome; prevalence; etiology; clinic.

Нарушением моторной функции сопровождается большинство заболеваний желудочно-кишечного тракта как верхних, так и нижних его отделов. Нарушение моторики, связанное с патологическим процессом, носит органический характер. В других случаях моторика является следствием нарушения регуляции со стороны нервной и эндокринной систем и протекает без органической патологии желудочно-кишечного тракта и является функциональным нарушением [1, с. 8]. Функциональные нарушения в среднем сохраняются от 6 до 12 месяцев и носят благоприятный характер, по истечению данного времени могут переходить в органические заболевания. На примере СРК часто можно видеть трансформацию его в хронический колит [2, с. 102].

Цель работы: Определить этиологическую структуру синдрома раздраженного кишечника (СРК) в зависимости от возраста.

Материалы и методы: Обследовано 200 детей с различной гастроэнтерологической патологией в возрасте от 5 до 16 лет, посетивших амбулаторный прием у гастроэнтеролога. Дети были распределены на 2 возрастные группы: 5–12 лет – 102; 12–16 лет – 98 детей. Проведен анализ анамнеза, кал на патогенную микрофлору, определение маркеров ОКИ, кал на дисбактериоз, консультация психоневролога, при необходимости ФГДС, RRS, ЭЭГ.

Результаты: Результаты клинического обследования выявили, что на амбулаторном приеме дети распределялись по нозологическим формам следующим образом 25% обострение хронического гастрита, 16% – хронический гастрит в стадии ремиссии, 31% – функциональные заболевания желудочно-кишечного тракта (дисфункция сфинктера Одди гастро-эзофагальный рефлюкс, дуодено-гастральный рефлюкс); 28% – СРК.

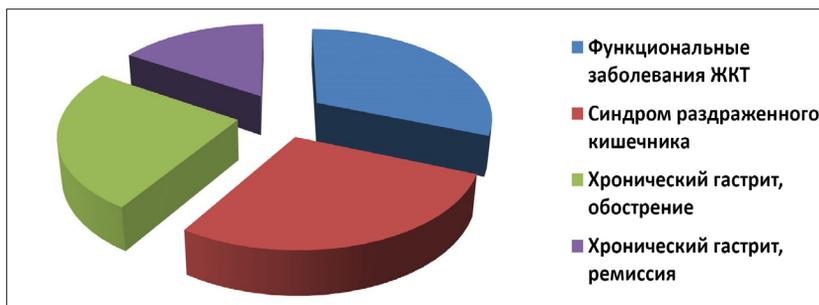


Рис. 1. Распределение детей по нозологическим заболеваниям на амбулаторном приеме гастроэнтеролога

У 56 (28%) обследованных детей был выявлен СРК. У 21(37%) этот синдром возник после перенесенных стрессовых ситуаций: проблемы в семье, связанные с гиперопекой ребенка, самоутверждение на фоне пубертатного периода, асоциальным поведением родителей и других членов семьи, коллективе: связанные с лидерскими амбициями ребенка, подавлением и непониманием ребенка в классе и учителями, не желанием ребенка заниматься навязанными ему видами деятельности; экзамены; плохая успеваемость. 14 (66%) детей этой группы были старше 12 лет. У 35 (63%) детей диагностирован СРК постинфекционной природы. Из них у 19 (34%) была выявлена патогенная микрофлора: сальмонелла 9 (48%), дизентерийная палочка 5 (26%), патогенная кишечная палочка 5 (26%).

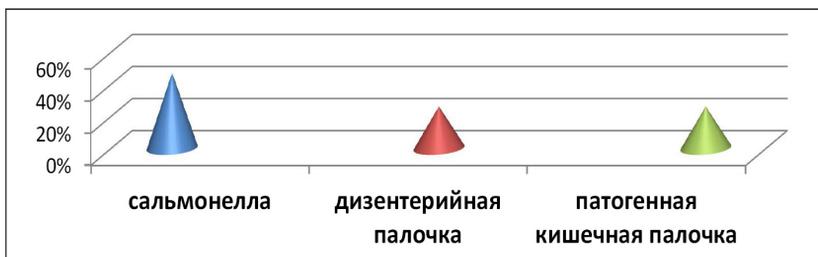


Рис. 2. Количественное распределение патогенной микрофлоры при постинфекционном синдроме раздраженного кишечника

У 16 (29%) обследуемых детей был выявлен избыточный рост кишечной микрофлоры с наличием клебсиеллы 7 (43,8%%), золотистого стафилококка 4 (25%%), протей 3 (18,7%%), цитробактера 2 (12,5%).

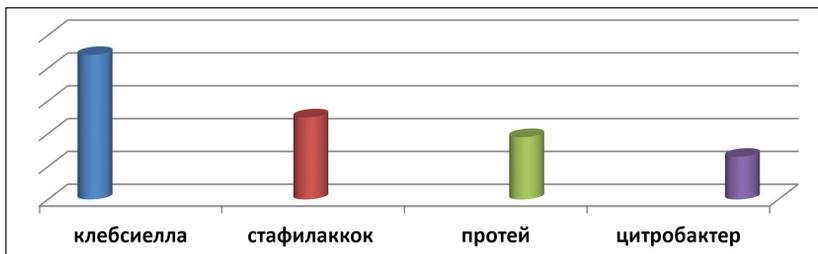


Рис. 3. Количественное распределение условно патогенной микрофлоры при постинфекционном синдроме раздраженного кишечника

Сочетание различных условно-патогенных возбудителей зарегистрировано у 70% больных с СРК. Снижение бифидофлоры ниже нормы за-

регистрировано у 21 (38%), лактофлоры кишечника у 13 (24%) больных с СРК.

Жалобы, предъявляемые детьми с СРК, имели отличия в зависимости от характеристики этого синдрома, так при психогеннообусловленном СРК боли в животе схваткообразного характера отмечались у 20% больных; зависимость стула от приема пищи с последующим облегчением у 28%; связь болей в животе с раздражающим агентом у 18%; изменение стула: понос или запор у 20%; головные боли, повышение давления в ответ на действие раздражающего фактора 14%; сочетание симптомов зарегистрировано у 82% детей.

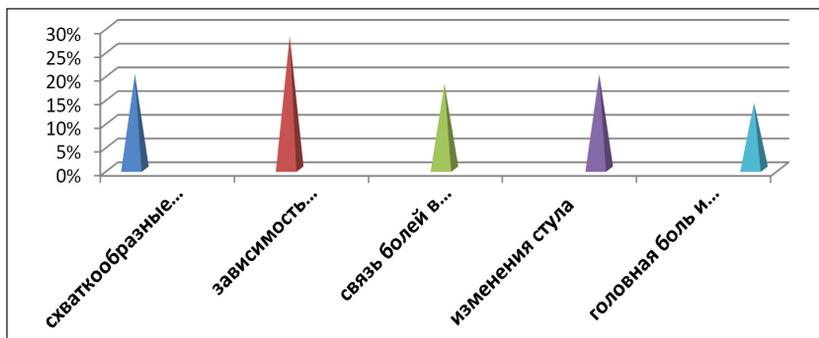


Рис. 4. Клинические симптомы психогеннообусловленного синдрома раздраженного кишечника

Клинические проявления постинфекционного СРК при наличии антигенов патогенной микрофлоры и наличии в крови антител к острой кишечной инфекции в низких титрах характеризовались болями в животе у 36% больных детей, ложными позывами на дефекацию (16%), запорами (16%), жидким с умеренным количеством слизи (16%), субфебрильной температурой (16%). Сочетание клинических симптомов имело место у 71% детей с СРК (рис. 5). При наличии в кишечнике условно-патогенной микрофлоры постинфекционный СРК клинически характеризовался следующим образом: боли в животе ноющего характера у (19%) детей этой группы, облегчение боли после акта дефекации (31%), снижение массы тела более 7% от исходной (12%), кожные высыпания по типу аллергической крапивницы (13%), жидкий стул без примесей слизи 1–3 раза в сутки (25%). И сочетание клинических симптомов имело место у 88% детей этой группы (рис. 6).

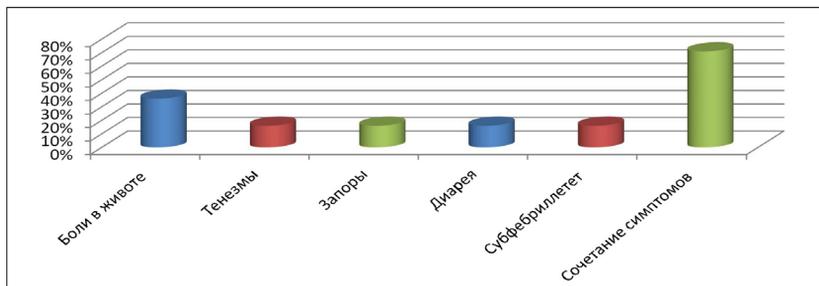


Рис. 5. Клинические проявления постинфекционного СРК при наличии патогенной микрофлоры.

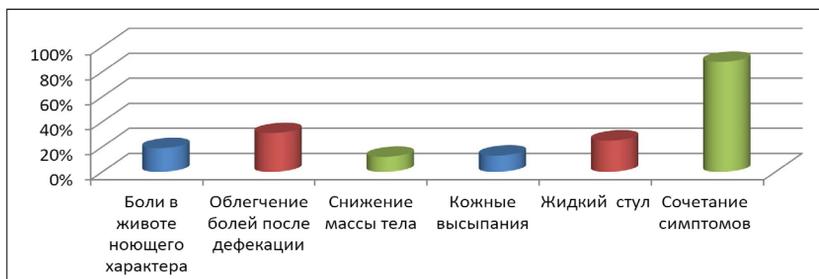


Рис. 6. Клинические проявления постинфекционного СРК при наличии условно-патогенной микрофлоры.

Дифференцированный подход к жалобам имеет большое значение для правильной постановки диагноза и выбора оптимальной схемы лечения.

Выводы

1. У детей от 5 до 12 лет СРК в основном носит постинфекционный характер и проявляется наличием как патогенной, так и условно-патогенной микрофлоры.

2. У детей старше 12 лет СРК является отражением стрессовых ситуаций и является психогеннообусловленным.

3. У всех больных детей с постинфекционным СРК имело место снижение как бифидо так и лактофлоры.

4. Клиническая картина СРК определяется видом этого синдрома.

5. Дифференцированный подход к клинике, обязательным и дополнительным методам обследования больного дает возможность выбора оптимальной терапии.

Список литературы

1. Кучумова С.Ю. Патогенетическое и клиническое значение кишечной микрофлоры у больных с синдромом раздраженного кишечника: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2016. 195 с.
2. Ивашкин В.Т., Маев И.В., Шептулин А.А. и др. Резолюция Экспертного совета «Как улучшить результаты лечения больных с функциональной диспепсией и синдромом раздраженного кишечника?» // Рос. журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2016. № 2. С. 101–104.

References

1. Kuchumova S.Yu. *Patogeneticheskoe i klinicheskoe znachenie kischechnoy mikroflory u bol'nykh s sindromom razdrzhennogo kischechnika* [Pathogenetic and clinical violation of intestinal microflora in patients with irritable bowel syndrome]: Dis. ... kand. med. nauk. M., 2016. 195 p.
2. Ivashkin V.T., Maev I.V., Sheptulin A.A. et al. *Ros. zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii*. 2016. № 2, pp. 101–104.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Малеева Нина Петровна, к.м.н., доцент кафедры сестринского дела
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» МЗ РФ
ул. Советская, 6, г. Оренбург, 460001, Российская Федерация
ninamaleeva@list.ru

Кацова Галина Борисовна, к.м.н., доцент кафедры сестринского дела
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» МЗ РФ
ул. Советская, 6, г. Оренбург, 460001, Российская Федерация

DATA ABOUT THE AUTHORS

Maleeva Nina Petrovna, Ph.D., Associate Professor at the Department of Nursing
Orenburg State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation
6, Sovetskaya str., Orenburg, 460001, Russian Federation
ninamaleeva@list.ru

Katsova Galina Borisovna, Ph.D., Associate Professor at the Department of Nursing
Orenburg State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation
6, Sovetskaya str., Orenburg, 460001, Russian Federation

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-22-31

УДК 574.34:582.572.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ *TULIPA BIEBERSTEINIANA* SCHULT. ET SCHULT. (*LILIACEAE*) В УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

*Анжаев Н.О., Борлыков С.Х.,
Овадыкова Ж.В., Лиджиева Н.Ц.*

В статье приведены данные по изучению изменчивости морфологической структуры растений в популяциях *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. (*Liliaceae*), произрастающих в пределах двух крупных геоморфологических структур Республики Калмыкия – Прикаспийской низменности и Долине Маныча. В Долине Маныча видовая популяция № 1 произрастала в составе разнотравно-злакового (*Poaceae-Mixteherbosa*) сообщества и ценопопуляцию № 2 в составе разнотравно-типчаково-полынного (*Artemisia austriaca-Festuca valesiaca-Mixteherbosa*) сообщества, произрастающих на лугово-каштановых почвах. В Прикаспийской низменности видовая популяция № 3 входила в состав эфемерово-луковичномятликового (*Poa bulbosa-Ephemerosa*) сообщества; ценопопуляцию № 4 в состав эфемерово-луковичномятликово-лерхопопынное (*Artemisia lerceana-Poa bulbosa-Ephemerosa*) сообщества, которые произрастают бурых пустынно-степных солонцеватых почвах.

Растения из ценопопуляций *T. biebersteiniana*, произрастающих в Долине Маныча, имели большие значения признаков, чем ценопопуляции с Прикаспийской низменности. В ценопопуляциях *T. biebersteiniana* наибольшее значение всех признаков растений отмечали в 2017 году, наименьшее – в 2016 году, что свидетельствует о более благоприятных для роста и развития растений погодных условиях в этот год.

В ценопопуляциях *T. biebersteiniana* девять морфологических признаков, характеризующих вегетативную и генеративную сферу растений варьировали в 2016 на высоком и среднем уровнях изменчивости, в 2017 году – преимущественно на высоком уровне изменчивости.

Ключевые слова: тюльпан Биберштейна; ценопопуляция; изменчивость морфологических признаков; охрана растений.

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF PLANTS IN *TULIPA BIEBERSTEINIANA* SCHULT. ET SCHULT. (*LILIACEAE*) COENOPOPULATIONS IN KALMYKIA

*Anzaev N.O., Borlikov S.H.,
Ovadykova Zh.V., Lidzhieva N.Ts.*

*The article presents data on the study of the variability of the morphological structure of plants in populations of *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. (Liliaceae), growing within two large geomorphological structures of the Republic of Kalmykia – the Caspian lowland and the Manych Valley. In the Manych Valley, the species population № 1 grew as part of a mixed-grass (Poaceta-Mixteherbosa) community and coenopopulation № 2-as part of a mixed-grass-type-wormwood (*Artemisia austriaca-Festuca valesiaca-Mixteherbosa*) community on meadow-chestnut soils. In the Caspian lowland, the species population № 3 was part of the ephemeral-bulbous dwarf (*Poa bulbosa-Ephemerosa*) communities and coenopopulation № 4 in the ephemeral-bulbous-dwarf-lerchopolyn (*Artemisia lercheana-Poa bulbosa-Ephemerosa*) communities on brown desert-steppe saline soils.*

*Plants from the coenopopulations of *T. biebersteiniana* growing in the Manych Valley had higher values of traits than coenopopulations from the Caspian lowland. In the coenopopulations of *T. biebersteiniana*, the highest value of all plant traits was noted in 2017, and the lowest value was noted in 2016, which indicates that the weather conditions of this year are more favorable for plant growth and development.*

*In the coenopopulations of *T. biebersteiniana*, nine morphological features that characterize the vegetative and generative spheres of plants varied in 2016 at high and medium levels of variability, in 2017 – mainly at a high level of variability.*

Keywords: *Tulipa biebersteiniana*; cenopopulation; variability of morphological features; plant protection

Введение

Углубление знаний по популяционной экологии и биологии вида будет способствовать формированию представлений о механизмах, которые обеспечивают устойчивость ценопопуляций в природных растительных со-

обществах [1]. Особенно актуальной эта проблема становится для видов, отнесенных к числу редких и исчезающих, поскольку поможет объективно оценить состояние популяций таких видов, выработать рекомендации по их охране. Во флоре Калмыкии представители семейства Лилейные относятся к числу особенно уязвимых из-за возрастающего антропогенного воздействия. Проведен ряд популяционных исследований некоторых видов рода *Tulipa* [2–4 и др.], однако для аридных условий работы в данном направлении начаты сравнительно недавно [5–7].

Цель исследования стало выявление внутривидовой изменчивости морфологической структуры растений ценопопуляций *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. (*Liliaceae*), произрастающих в пределах двух крупных геоморфологических структур Республики Калмыкия – Прикаспийской низменности и Долине Маныча.

Материалы и методы исследования

Объект нашего исследования – луковичный эфемероид *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. (тюльпан Биберштейна) – один из трех видов тюльпанов, произрастающих в Республике Калмыкия. Вид отнесён к числу охраняемых во многих регионах России [8, 9, 10 и др.]. В Красной книге Калмыкии [11] вид имеет категорию редкости III – «средкий вид».

Популяции *Tulipa biebersteiniana* исследовали в пределах двух крупных геоморфологических структур Калмыкии – Прикаспийской низменности и Долине Маныча. В Долине Маныча видовая популяция № 1 произрастала в составе разнотравно-злакового (*Poaceae-Mixteherbosa*) сообщества и ценопопуляцию № 2 в составе разнотравно-типчачково-полынного (*Artemisia austriaca-Festuca valesiaca-Mixteherbosa*) сообщества, произрастающих на лугово-каштановых почвах. В Прикаспийской низменности видовая популяция № 3 входила в состав эфемерово-луковичномятликового (*Poa bulbosa-Ephemerosa*) сообщества; ценопопуляцию № 4 в состав эфемерово-луковичномятликово-лерхопопынное (*Artemisia lercheana-Poa bulbosa-Ephemerosa*) сообщества, которые произрастают бурых пустынно-степных солонцеватых почвах.

Принадлежность исследуемого вида к моцентрической биоморфе позволила использовать в качестве единицы учета в ценопопуляции вида отдельное растение – особь семенного воспроизведения [12]. В пределах популяции брали случайную выборку из 30 и более растений в средне генеративном возрастном состоянии для учета морфологических признаков генеративных и вегетативных органов. Изменчивость признака оценивали

с помощью коэффициента вариации (C_v , %). При этом уровень варьирования признака определяли по Г.И. Зайцеву [13]. Для статистической обработки данных использовали программы MS EXCEL, 2007 и STATISTIKA 7.0.

Результаты исследования

При характеристике морфологической структуры особей *T. biebersteiniana* изучали изменчивость 9 морфологических признаков. Высота растений в первый год исследования варьировала на среднем уровне изменчивости ($C_v = 17,3-19,5\%$), во второй год в ценопопуляциях с Долины Маныча варьировали на высоком уровне ($C_v = 18,7$ и $19,2\%$).

Анализ высоты растений в ценопопуляциях *T. biebersteiniana* выявил, что в период проведения исследований в ценопопуляции № 1 она больше, чем в трех других исследованных ценопопуляциях. Так в 2016 году высота растений в данной ценопопуляции была больше по сравнению с ценопопуляцией №2 на 24,6 мм ($t_{diff} = 3,24$, при $P < 0,05$), с ценопопуляцией № 3 – на 30,5 мм ($t_{diff} = 3,66$, при $P < 0,01$), с ценопопуляцией № 4 – на 40,0 мм ($t_{diff} = 2,99$, при $P < 0,01$) (табл. 1).

Таблица 1.

Изменчивость высоты растения (мм) в ценопопуляциях *Tulipa biebersteiniana*

| Ценопопуляция | Год | \bar{x} | S_x | S_x | C_v | S_{cv} | min | max |
|---------------|------|-----------|-------|-------|-------|----------|-----|-----|
| № 1 | 2016 | 152,3 | 5,70 | 35,10 | 19,5 | 2,07 | 114 | 252 |
| | 2017 | 244,5 | 12,14 | 51,42 | 25,1 | 4,95 | 148 | 302 |
| № 2 | 2016 | 140,0 | 5,58 | 27,33 | 18,1 | 2,81 | 90 | 198 |
| | 2017 | 208,9 | 10,45 | 38,61 | 21,0 | 3,04 | 110 | 230 |
| № 3 | 2016 | 101,7 | 4,13 | 27,01 | 17,9 | 1,95 | 83 | 173 |
| | 2017 | 125,9 | 5,91 | 29,22 | 19,2 | 2,19 | 67 | 182 |
| № 4 | 2016 | 134,5 | 3,41 | 28,50 | 17,3 | 1,71 | 106 | 198 |
| | 2017 | 176,9 | 7,77 | 30,55 | 18,7 | 1,98 | 114 | 232 |

Из двух лет исследования в 2017 году растения *T. biebersteiniana* были значительно больше, чем в 2016 году: в ценопопуляции № 1 на 92,2 мм ($t_{diff} = 6,88$, при $P < 0,001$), в ценопопуляции № 2 на 68,9 мм ($t_{diff} = 6,28$, при $P < 0,001$), в ценопопуляции № 3 на 24,5 мм ($t_{diff} = 3,40$, при $P < 0,01$), в ценопопуляции № 4 на 42,4 мм ($t_{diff} = 5,00$, при $P < 0,001$).

Кроме высоты растений у *T. biebersteiniana* изучали изменчивость еще 8 морфологических признаков, которые составили в среднем: длина междоузлия в 2016 году 16,5 мм, в 2017 году 21,0 мм, длина цветочной стрелки в 2016 году 105,2 мм, в 2017 году 118,8 мм, длина лепестка в 2016 году

22,85 мм, в 2017 году 30,7 мм, ширина лепестка в 2016 году 6,85 мм, в 2017 году 12,6 мм, длина нижнего листа в 2016 году 117,2 мм, в 2017 году 143,2 мм, ширина нижнего листа в 2016 году 5,75 мм, в 2017 году 6,6 мм, длина верхнего листа в 2016 году 92,55 мм, в 2017 году 110,7 мм, ширина верхнего листа в 2016 году 4,5 мм, в 2017 году 5,0 мм (рис. 1).

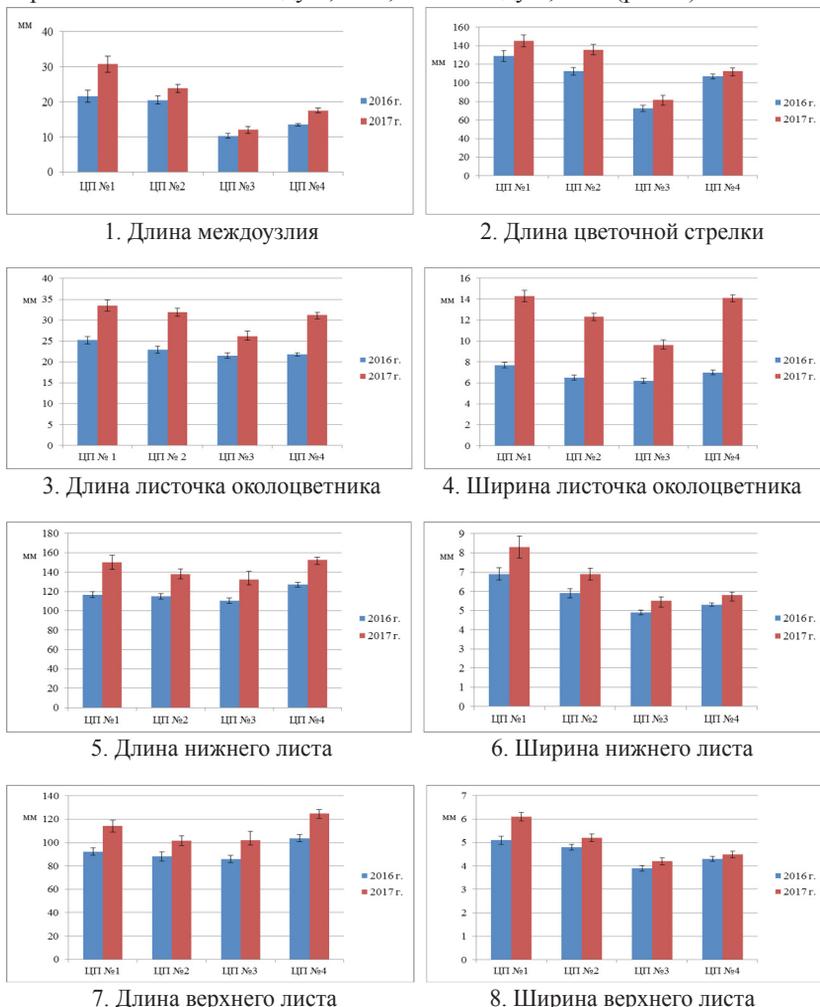


Рис. 1. Изменчивость морфологических признаков в ценопопуляциях *T. biebersteiniana*

Все исследованные признаки растений *T. biebersteiniana* обнаружили сходную с высотой растения изменчивость зависимости от геоморфологической структуры и года исследования. При этом в Долине Маныча исследованные признаки *T. biebersteiniana* в 2016 году обнаружили средний и высокий уровни изменчивости, а в 2017 году – высокий уровень изменчивости, за исключением длины и ширины листочков околоцветника. В Прикаспийской низменности в оба года исследования отмечали средний и высокий уровни изменчивости.

Обсуждение

В природных видовых популяциях *T. biebersteiniana* в Долине Маныча по всем исследованным морфологическим признакам растения имели большие значения признаков, чем в Прикаспийской низменности. Подобная изменчивость биоморфологических признаков обусловлена спецификой эколого-фитоценологических условий, которые складываются в растительных сообществах в данных двух крупных геоморфологических структурах Калмыкии, в которых произрастают исследованные ценопопуляции.

Выявленное во всех исследованных ценопопуляциях *T. biebersteiniana* преобладанием показателей растений в 2017 году по сравнению с 2016 годом в значительной степени обусловлено погодными условиями этого года, особенно в период активной вегетации растений. Ранневесенние месяцы 2017 года в районе исследования характеризовались большими суммарными объемами осадков апреля и более низкими температурами марта и апреля, когда происходила активная вегетация растений.

Заключение

Таким образом, в ценопопуляциях *T. biebersteiniana* выявлена специфика изменчивости биоморфологических признаков в разные годы и в зависимости от эколого-фитоценологических условий произрастания в разных геоморфологических структурах в пределах Республики Калмыкия.

Список литературы

1. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. Л., 1950. Т.1. С. 465–483.
2. Тимошенкова В.В. Зависимость жизненного состояния ценопопуляций *Tulipa orthophylla* от степени антропогенной трансформации растительности // Промышленная ботаника. 2007. №7. С. 19–26.

3. Кашин А.С. с соавт. Структура ценопопуляций *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae) в Саратовской области // Биоразнообразии аридных экосистем. 2014. С. 86–105.
4. Мухаметшина Л.В. Изменчивость морфологических признаков некоторых видов рода *Tulipa* L. на Южном Урале / Л.В. Мухаметшина, Э.З. Муллабаева, М.М. Ишмуратова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. №. 5-5. С. 1650–1653.
5. Лыу Т.Н. Изменчивость признаков растений *Tulipa gesneriana* в ценопопуляции, полиморфной по окраске цветков / Т.Н. Лыу, Р.В.Бадаев, Д.А. Обгенова, Н.Ц. Лиджиева // Вестн. Калмыцкого ун-та. 2013. №1 (17). С. 39–43.
6. Очирова А.С. Фитоценоотическая приуроченность ценопопуляции *Tulipa biflora* в Калмыкии / А.С. Очирова, О.В. Кондышев, Ж.В. Овадыкова, Н.Ц. Лиджиева // В мире научных открытий. Красноярск, 2015. № 2 (62). С. 53–66.
7. Очирова А.С. Семенная продуктивность растений в ценопопуляциях *Tulipa biflora* в условиях Республики Калмыкия / А.С. Очирова, А.М. Головкова, Ж.В. Овадыкова, Н.Ц. Лиджиева // В мире научных открытий. Красноярск, 2017. Т.9. №4 (2). С. 137–149.
8. Красная книга Волгоградской области. (Растения и грибы) / Комитет охраны природы Администрации Волгоградской области. Волгоград: изд-во Волгоград, 2006. Т. 2. 236 с.
9. Красная книга Краснодарского края. (Растения и грибы) / Отв. ред. С.А. Литвинская. 2-е изд. Краснодар: ООО «Дизайн Бюро № 1», 2007. 640 с.
10. 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.
11. Красная книга Республики Калмыкия: в 2 т. Т.2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения растения и грибы / отв. ред. Н.М. Бакташева. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2014. 199 с.
12. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Отв. ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова. М.: Наука, 1976. 217 с.
13. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 180 с.

References

1. Rabotnov T.A. Zhiznennyy tsikl mnogoletnikh travyanistykh rasteniy v lugovykh tsenozakh [The life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses]. *Geobotanika* [Geobotany]. M. L.: Proceedings of the Bot. Institute app. V.L. Komarova AS of the USSR. 1950, ser. III. issue. 6, pp. 7–197.

2. Timoshenkova V.V. Zavisimost' zhiznennogo sostoyaniya tsenopopulyatsiy Tulipa orhiophylla ot stepeni antropogennoy transformatsii rastitel'nosti [Dependence of the vital status of coenopopulation Tulipa orhiophylla on the degree of anthropogenic transformation of vegetation]. *Promyshlennaya botanika* [Industrial Botany], 2007, № 7, pp. 19–26.
3. Kashin A.S. i dr. Struktura tsenopopulyatsiy Tulipa gesneriana L. (Liliaceae) v Saratovskoy oblasti [Structure of coenopopulations of Tulipa gesneriana L. (Liliaceae) in the Saratov Region]. *Bioraznoobraziye aridnykh ekosistem* [Biodiversity of arid ecosystems], 2014, pp. 86–105.
4. Mukhametshina L.V., Mullabayeva 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* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, № 5–5, pp. 1650–1653.
5. Lyu T.N., Badayev R.V., Obgenova D.A., Lidzhiyeva N.Ts. Izmenchivost' priznakov rasteniy Tulipa gesneriana v tsenopopulyatsii, polimorfnoy po okraske tsvetkov [Variability of Tulipa gesneriana plant traits in coenopopulation polymorphic by flower color]. *Vestn. Kalmytskogo un-ta* [Bulletin of the Kalmyk University], 2013, № 1 (17), pp. 39–43.
6. Ochirova A.S., Kondyshev O.V., Ovadykova Zh.V., Lidzhiyeva N.Ts. Fitotse-noticheskaya priurochennost' tsenopopulyatsii Tulipa biflora v Kalmykii [Phytocenotic confinement of coenopopulation Tulipa biflora in Kalmykia]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the World of Scientific Discoveries]. Krasnoyarsk, 2015, № 2 (62), pp. 53–66.
7. Ochirova A.S., Golovkova A.M., Ovadykova Zh.V., Lidzhiyeva N.Ts. Semennaya produktivnost' rasteniy v tsenopopulyatsiyakh Tulipa biflora v usloviyakh Respubliki Kalmykiya [Seed productivity of plants in price groups Tulipa biflora in the Republic of Kalmykia]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the World of Scientific Discoveries]. Krasnoyarsk, 2017, vol. 9, № 4 (2), pp. 137–149.
8. *Krasnaya kniga Volgogradskoy oblasti. (Rasteniya i griby)* [The Red Book of the Volgograd region. (Plants and mushrooms)]. Volgograd: Volgograd Publishing House, 2006, vol. 2, 236 p.
9. *Krasnaya kniga Krasnodarskogo kraya. (Rasteniya i griby)* [Red Book of Krasnodar Territory. (Plants and mushrooms)]. Krasnodar: OPO« Design Bureau № 1», 2007, 640 p.
10. *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.

11. *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: ZAOР «SPE «Dzhangar», 2014. Vol. 2. 199 p.
12. *Tsenopopulyatsii rasteniy (osnovnye ponyatiya i struktura)* [Cenopopulation of plants (basic concepts and structure)]. M.: Science, 1976. 217 p.
13. Zaytsev G.N. *Matematicheskiy analiz biologicheskikh dannykh* [Mathematical analysis of biological data]. Moscow: Science, 1991, 180 p.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Анжаев Николай Олегович, магистрант

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

Борлыков Савр Хонгорович, магистрант

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

Овадыкова Жанна Васильевна, к. с.-х. н., доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ухтинский государственный технический университет»
ул. Первомайская, 13. г. Ухта, 169300, Российская Федерация
zhanna_ovadykova@mail.ru

Лиджиева Нина Цереновна, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой 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

Anzhaev Nikolay Olegovich, Graduate Student

*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova
11, Pushkin Str., Elista, 358009, Russian Federation
anzhaev.nikola@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-4849-5327*

Borlykov Savr Hongorovyzh, Graduate Student

*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova
11, Pushkin Str., Elista, 358009, Russian Federation
borlykovsh@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3339-2314*

Ovadykova Zhanna Vasilevna, Candidate of Agriculture, Associate Professor of the Department of Metrology, Standardization and Certification

*Ukhta State Technical University
13, Pervomaiskaya Str., Ukhta, 169300, Russian Federation
zhanna_ovadykova@mail.ru
SPIN-code: 8079-8320
ORCID: 0000-0001-7539-6909*

Lidzhieva Nina Tserenovna, Doctor of Biology, Professor, Head of the 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: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-32-41

УДК 61.616.9-616-02;616-022.6

КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЧЕТАННЫХ ВИРУСНЫХ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ У ДЕТЕЙ В Г.БАКУ

*Рустамова Л.И., Кулиева З.М., Гылынджова Ф.В.,
Исаева М.М., Ахундова Р.М.*

Цель исследования заключалась в изучении эпидемиологических и клинических особенностей сочетанных вирусных кишечных инфекций среди детей. Этиологическая диагностика острых кишечных инфекций вирусной этиологии осуществлялась с помощью серологического метода (Метод иммунохроматографического анализа).

Установлено, что сочетанные вирусные кишечные инфекции при первичном инфицировании регистрировались в основном у детей первых 2-х лет жизни. В возрастной структуре сочетанных вирусно-вирусных инфекций ротавирусно-аденовирусная ассоциация регистрировалась достоверно чаще, чем ротавирусно-астровирусная. Наши исследования показали, что наиболее частой клинической формой при сочетанных вирусных кишечных инфекциях является гастроэнтерит.

Ключевые слова: *острые кишечные инфекции; смешанные вирусные кишечные инфекции; ротавирус; аденовирус; астровирус*

THE CLINICO-LABORATORY CHARACTERISTIC OF MIXED VIRAL INTESTINAL INFECTIONS IN CHILDREN IN BAKU CITY

*Rustamova L.I., Kuliyeva Z.M., Qilindjova F.V.,
Isayeva M.M., Akhundova R.M.*

The aim of investigation was to study of epidemiological and clinical characteristics of mixed viral intestinal infections in children. The etiological diagnostic of acute intestinal infection of viral origin have been carried out by serological method (immunochromatographyc method). It was determined that the mixed viral intestinal infections as primary infected mainly have been reg-

istrated in children of first two years of life. In the age structure of viral-viral intestinal infections the rotaviral-adenoviral association have been oftenly appeared than rotaviral-astroviral association. The our investigations show that in mixed viral intestinal infections the most clinical form is gastroenteritis.

Keywords: *acute intestinal infections; mixed viral intestinal infections; rotavirus; adenovirus; astrovirus.*

Острые кишечные инфекции (ОКИ) все еще остаются серьезной проблемой педиатрии [2, 6, 11]. По официальным данным Всемирной Организации Здравоохранения ежегодно в мире более 2 млрд. человек переносят эпизод диареи, из них более 60% заболевших – дети [9, 11].

По оценкам Глобального бремени болезней среди 25 главных причин потерянных лет жизни ОКИ занимают 4-ю позицию [10].

С конца XX века наблюдаются значительные изменения в этиологической структуре острых кишечных инфекций. Вирусные кишечные патогены заняли лидирующие позиции среди возбудителей ОКИ [1, 5, 7, 8, 12–14].

В настоящее время возникла необходимость установления значимости ОКИ вирусной этиологии в этиологической структуре ОКИ, связанных с оказанием медицинской помощи (ОКИСМП). Очень часто вопросы диагностики, дифференциальной диагностики и прогнозирования исходов ОКИСМП вирусной этиологии, и особенно сочетанных форм остаются недостаточно исследованными.

В связи с этим, цель наших исследований заключалась в изучении эпидемиологических и клинических особенностей сочетанных вирусных кишечных инфекций среди детей.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на базе Научно-Исследовательского Института Медицинской Профилактики им. В.Ю. Ахундова в 2019 году. Для решения поставленной цели в работу включены данные 117 пациентов в возрасте 0-3 года с острыми кишечными инфекциями.

Анализ клинико-лабораторных особенностей моно- и сочетанных форм ОКИ проводился на основании установления этиологического агента согласно «Клинических рекомендаций по диагностике и лечению острых кишечных инфекций у детей» (А.В.Горелов, 2006).

Клиническое наблюдение за всеми пациентами осуществлялось с момента поступления больного в стационар и до его выписки. На каждого больного заполнялась специальная учетная карта, в которой были от-

ражены данные ежедневной фиксации состояния пациентов, динамики клинических симптомов ОКИ, данных клинико-лабораторных и инструментальных обследований, данные эпидемиологического анамнеза. Для изучения эпидемиологических особенностей ОКИ смешанной этиологии у детей использовались описательно-оценочные методы эпидемиологических исследований.

Этиологическая диагностика ОКИ осуществлялась с помощью серологического метода (метод иммунохроматографического анализа, Испания).

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью методов вариационной статистики на компьютере с использованием лицензионных программ Microsoft Excel. Статистический анализ включал в себя анализ количественных и порядковых данных с расчетом значений среднего арифметического (M), стандартного отклонения (SD), ошибки среднего (m), медианы (Me), 95% доверительного интервала, с оценкой статистической значимости по Фишеру.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования были обследованы 117 пациентов для установления этиологии ОКИ. При обследовании пациентов в динамике в первый день поступления в стационарах до начала этиотропной терапии и на 3–7 сутки пребывания в стационаре были установлены ОКИ СМП у 36 из 117 обследованных, что составило 30,8%. При этом у 12 больных (33,3%) была установлена вирусная этиология ОКИ СМП. Это подтверждает доминирующую значимость вирусных агентов как в общей этиологической структуре острых кишечных инфекций у детей, так и в структуре острых диарей, связанных с оказанием медицинской помощи.

Среди возбудителей ОКИ вирусной этиологии у детей всех возрастных групп лидирующую позицию занимала ротавирус (РВ) (27,4±4,1% в общей структуре и 11,9±2,2% в структуре моновирусной ОКИ). В этиологической структуре ОКИ СМП вирусной этиологии значение РВ снижалось (6,8±2,3% в общей структуре и 2,6±1,8% в структуре моновирусных ОКИ СМП). Астровирусная (АсВ) и аденовирусная (АдВ) кишечные инфекции как моно вирусная инфекция встречались в 12,8±3,1% и 18,8±3,6% соответственно (рис. 1).

На современном этапе особо значимую проблему представляют сочетанные вирусные кишечные инфекции. Нами выявлено, что при первичном инфицировании наиболее часто сочетанные формы были зарегистрированы для ротавирусной инфекции – для таких форм составила 11,9±2,2%.

Для аденовирусной инфекции характерен $8,6 \pm 1,9\%$ сочетанных форм. Доля сочетанных форм ротавирусной, аденовирусной и астровирусной инфекций при ОКИ СМП между собой не различалась. Установлено, что при первичном инфицировании ротавирусы выявлялись в основном при моноротавирусной кишечной инфекции, а при ОКИ СМП наблюдались сочетанные формы вирусных кишечных инфекций, в том числе и сочетанные формы ротавирусной инфекции (РВИ).

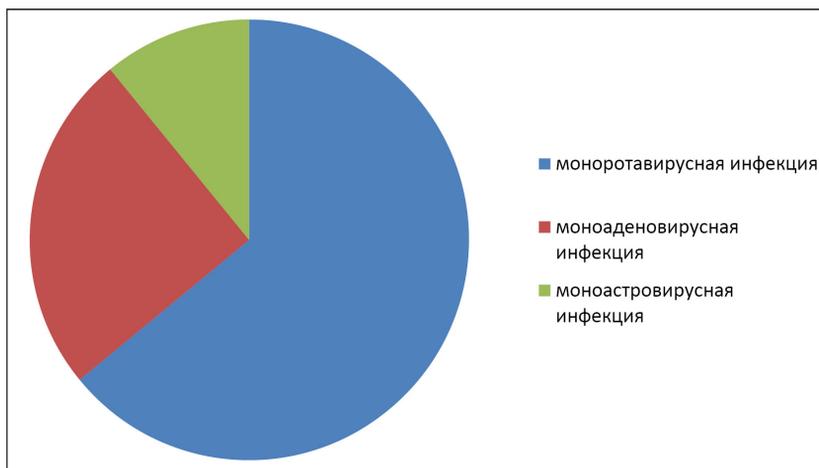


Рис. 1. Этиологическая структура моно вирусных кишечных инфекций у детей

Гендерные характеристики пациентов первичной ОКИ (как для моно-вирусных кишечных инфекций, так и для сочетанных вирусных кишечных инфекций) и ИСМП достоверно не различались.

Важным аспектом является возрастные особенности. В ходе исследования установлено, что во всех возрастных группах при первичном инфицировании отмечается доминирование РВИ в возрасте 1–3 года ($33,8 \pm 5,4\%$).

При ОКИСМП у детей первого года жизни достоверно чаще регистрируется РВИ, а у пациентов старшего года приобретает значимость аденовирусной инфекции, которая в возрасте 7–12 мес. занимает лидирующие позиции по сравнению с другими вирусными кишечными инфекциями ($33,3 \pm 12,2\%$) ($p < 0,05$) (рис. 2).

Сочетанные вирусные ОКИ при первичном инфицировании регистрировались в основном у детей первых 2-х лет жизни ($35,2\%$) пациентов. При

этом в возрастной структуре сочетанных ОКИ вирусно-вирусных инфекций РВИ + АСВИ были диагностированы чаще, чем РВИ+АдВИ ($6,8 \pm 2,3\%$) и $5,1 \pm 2,0\%$ соответственно ($p=0,167$ и $p=0,067$, $F=1,821$ и $F=2,768$).

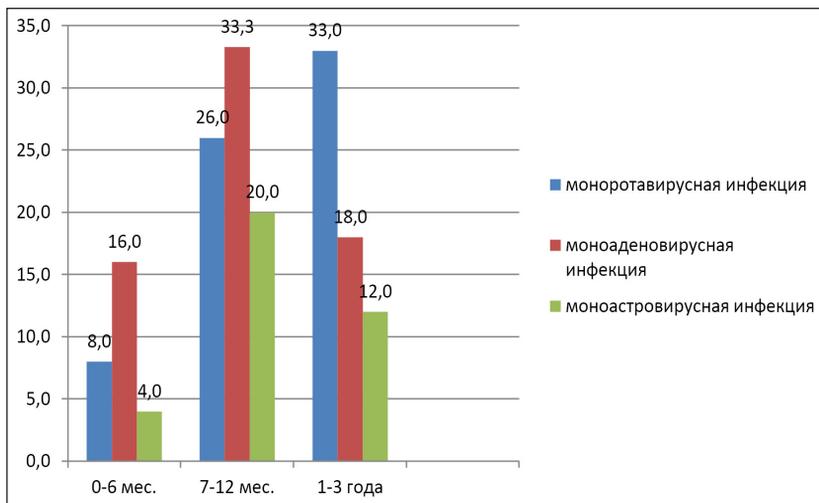


Рис. 2. Этиологическая структура моновирусных кишечных инфекций у детей в возрастном аспекте

В других возрастных группах достоверных различий получено не было. Максимальная выявляемость сочетанных вирусных кишечных инфекций приходится на возрастную группу 7 мес.-2 лет ($32,3\%$).

Данный факт требует более пристального внимания к данной категории пациентов.

Наше исследование показало, что наиболее частой клинической формой при вирусных кишечных ОКИ является гастроэнтерит (при РВИ $78,2\%$, при АдВИ $69,1\%$). Однако в ходе исследования у пациентов с подтвержденной моноротавирусной инфекцией в $65,6\%$ (21 детей) случаев в клинической картине заболевания отмечался острый инфекционный гастроэнтерит. У всех пациентов в этой группе других возбудителей ОКИ (кроме РВИ) выявлено не было.

В литературе также описаны такие клинические формы РВИ, как острый инфекционный энтерит, однако большинство авторов указывают на то, что характерной особенностью данной инфекции является наличие у $50-75\%$ детей катаральных явлений [1, 5, 6]. Среди обследованных нами

детей с ОКИ СМП респираторная форма РВИ отмечалась у 5,3% пациентов. Анализ клинических проявлений респираторной формы РВИ показал, что субфебрильная лихорадка наблюдалась у 4,7% детей, ринит умеренного характера выявлялся у 3,9%, гиперемия слизистых оболочек ротоглотки у 4,1% больных. У 4 больных был установлен сухой кашель (2,4%).

Анализ клинической симптоматики этих сочетанных вирусных кишечных инфекций показал, что разграничить клинические проявления сочетанных вирусных кишечных инфекций в зависимости от этиологического фактора трудно. Для того, чтобы отнести какой-либо клинический симптом к той или иной сочетанной вирусной кишечной инфекции, следует учитывать клинико-эпидемиологические, возрастные особенности сочетанных вирусных кишечных инфекций и проводить динамическое наблюдение за детьми.

Заключение

Проведенные нами наблюдения показали, что сочетанные вирусные кишечные инфекции разнообразны по своей клинической картине. Большинство клиницистов отмечают, что основными патогенетическими синдромами при сочетанных вирусных кишечных инфекциях являются экхимоз и метаболический ацидоз [1, 5, 6, 12, 14].

Многие исследователи указывают диарейный синдром как ведущий синдром при вирусных энтеритах [3, 4, 6]. Как показали наши исследования, частота и характер стула, а также высокая температура, метеоризм, иногда боли в животе также входят в перечень ожидаемых и диагностически значимых симптомов сочетанных вирусных кишечных инфекций. При сочетанных вирусных кишечных инфекциях (РВИ+АдВИ) у детей немаловажное клиническое значение имеет наличие умеренного катарального синдрома. Для конкретизации клинической формы сочетанных вирусных кишечных инфекций необходимо обратить внимание на сезонную выявляемость вирусных кишечных агентов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Безроднова С.М., Гунченко О.В., Алиева Е.В. Клиническая характеристика ротавирусной инфекции в зависимости от возраста // *Фундаментальные исследования*, 2013, № 9, ч.4. С. 586–590.

2. ВОЗ. Диарея (Информационный бюллетень), 2017.
3. Горелов А.В., Козина Г.А., Подколзин А.Т. Особенности клиники острых кишечных инфекций аденовирусной этиологии у детей // Инфекционные болезни, 2009, Т. 7, № 1. С. 33–37.
4. Козина Г.А., Горелов А.В., Подколзин А.Т. Клинические особенности острых кишечных инфекций аденовирусной этиологии (F40/41) у детей // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Неотложные состояния при инфекционных заболеваниях у детей: факторы риска, диагностика, терапия», Санкт-Петербург, 2008. С. 56.
5. Мартынова Г.П., Соловьева И.А., Алексеенко А.Н. и др. Клинико-эпидемиологические особенности ротавирусной инфекции у детей первого года жизни // Журнал инфектологии, 2014, 6(2). С. 12–16.
6. Маянский Н.А., Маянский А.Н., Куличенко Т.В. Ротавирусная инфекция: эпидемиология, патология, вакцинопрофилактика // Вестник РАМН, 2015, № 1. С. 47–54.
7. Подколзин А.Т., Коновалова Т.А., Яковенко М.Л. и др. Астровирусная инфекция в Российской Федерации // Вопросы вирусологии, 2013, № 3. С. 32–38.
8. Dien-Lan Vu, Boseh A., Pinto R., Guix S. Epidemiology of classic and novel human astrovirus: gastroenteritis and beyond // Viruses, 2017, 9(33), p. 23.
9. Farthing diarrhea in adults and children: a global perspective / World Gastroenterology Organization Global Guidelines, 2017.
10. Global Garden of diseases Health Metrics and Evaluation (IHME), University of Washington, 2013.
11. King C., Glass R., Bresee J., Duggan C. The Management of Acute Diarrhea in Children. MMWR, 2017.
12. Marcelle da Silva, Matias V., Marize M. Rotavirus and astrovirus // Home Global Water pathogen Project, Unesco, 2016, 45 p.
13. Olortegui M., Roubani S., Yori P. et al. Astrovirus infection and diarrhea in 8 countries // Pediatrics, 2018, 14(1), pp. 2017–2032.
14. William M., Marcilio J., Dansen de A. et al. Discovery of novel astrovirus and calicivirus identified in ruddy turnstones in Brazil // Scientific reports, 2019, V. 9, pp. 55–56.

References

1. Bezrodnova S.M., Gunchenko O.V., Alieva E.V. Klinicheskaya kharakteristika rotavirusnoy infektsii v zavisimosti ot vozrasta [Clinical characteristics of rotavirus infection depending on age]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, № 9, Part 4, pp. 586–590.

2. VOZ. *Diareya (Informatsionnyy byulleten')* [WHO. Diarrhea (Fact Sheet)], 2017.
3. Gorelov A.V., Kozina G.A., Podkolzin A.T. Osobennosti kliniki ostrykh kishechnykh infektsiy adenovirusnoy etiologii u detey [Features of the clinic of acute intestinal infections of adenoviral etiology in children]. *Infektsionnye bolezni*, 2009, V. 7, № 1, pp. 33–37.
4. Kozina G.A., Gorelov A.V., Podkolzin A.T. Klinicheskie osobennosti ostrykh kishechnykh infektsiy adenovirusnoy etiologii (F40/41) u detey [Clinical features of acute intestinal infections of adenoviral etiology (F40 / 41) in children]. *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Neotlozhnye sostoyaniya pri infektsionnykh zabolevaniyakh u detey: faktory riska, diagnostika, terapiya»* [Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference “Emergencies in infectious diseases in children: risk factors, diagnosis, therapy”], St. Petersburg, 2008, p. 56.
5. Martynova G.P., Solov'eva I.A., Alekseenko A.N. et al. Kliniko-epidemiologicheskie osobennosti rotavirusnoy infektsii u detey pervogo goda zhizni [Clinical and epidemiological features of rotavirus infection in children of the first year of life]. *Zhurnal infektologii*, 2014, 6(2), pp. 12–16.
6. Mayanskiy N.A., Mayanskiy A.N., Kulichenko T.V. Rotavirusnaya infektsiya: epidemiologiya, patologiya, vaksionoprofilaktika [Rotavirus infection: epidemiology, pathology, vaccine prophylaxis]. *Vestnik RAMN*, 2015, № 1, pp. 47–54.
7. Podkolzin A.T., Konovalova T.A., Yakovenko M.L. et al. Astrovirusnaya infektsiya v Rossiyskoy Federatsii [Astrovirus infection in the Russian Federation]. *Voprosy virusologii*, 2013, № 3, pp. 32–38.
8. Dien-Lan Vu, Boseh A., Pinto R., Guix S. Epidemiology of classic and novel human astrovirus: gastroenteritis and beyond. *Viruses*, 2017, 9(33), p. 23.
9. Farthing diarrhea in adults and children: a global perspective / World Gastroenterology Organization Global Guidelines, 2017.
10. Global Garden of diseases Health Metrics and Evaluation (IHME), University of Washington, 2013.
11. King C., Glass R., Bresee J., Duggan C. The Management of Acute Diarrhea in Children. *MMWR*, 2017.
12. Marcelle da Silva, Matias V., Marize M. Rotavirus and astrovirus. *Home Global Water pathogen Project*, Unesco, 2016, 45 p.
13. Olortegui M., Roubani S., Yori P. et al. Astrovirus infection and diarrhea in 8 countries. *Pediatrics*, 2018, 14(1), pp. 2017–2032.
14. William M., Marcilio J., Dansen de A. et al. Discovery of novel astrovirus and calicivirus identified in ruddy turnstones in Brazil. *Scientific reports*, 2019, V. 9, pp. 55–56.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рустамова Лала Ислаховна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая отделом вирусологии
*Научно-исследовательский институт медицинской профилактики
им. В.Ю. Ахундова
ул. Дж. Джабарлы, 35, г. Баку, AZ1065, Азербайджан*

Кудиева Земфира Мехдиевна, доктор медицинских наук, доцент кафедры педиатрии
*Азербайджанский государственный институт усовершенствования врачей имени А. Алиева
просп. Тбилиси, 3165, г. Баку, AZ1012, Азербайджан*

Гылынджова Фатма Вагифовна, ассистент кафедры Лабораторное дело
*Азербайджанский государственный институт усовершенствования врачей имени А. Алиева
просп. Тбилиси, 3165, г. Баку, AZ1012, Азербайджан*

Исаева Мехрибан Мусаевна, докторант
*Университет Одлар Юрду
ул. К. Рагимова, 13, г. Баку, AZ1072, Азербайджан*

Ахундова Рена Мамедовна, докторант
*Университет Одлар Юрду
ул. К. Рагимова, 13, г. Баку, AZ1072, Азербайджан
iris.ax@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Rustamova Lala Islakhovna, Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor, Head of Department of Virology
*Scientific-Research Institute of Medical Prophylaxis named after V.Y. Akhundov
35, J. Jabbarli Str., Baku, AZ1065, Azerbaijan*

Kuliyeva Zemfira Mekhdiyevna, Doctor of Medical Sciences, Assistant Professor of the Department of Pediatrics
*Azerbaijan State Advanced Training Institute for Doctors named by A. Aliyev
3165, Tbilisi Ave., Baku, AZ1012, Azerbaijan*

Qilindjova Fatma Vagifovna, Assistant of Department of Laboratory Work
*Azerbaijan State Advanced Training Institute for Doctors named by
A.Aliyev
3165, Tbilisi Ave., Baku, AZ1012, Azerbaijan*

Isayeva Mekhriban Musayevna, Doctorant
*Odlar Yurdu University
13, Koroghlu Rahimov Str., Baku, AZ1072, Azerbaijan*

Akhundova Rena Mamedovna, Doctorant
*Odlar Yurdu University
13, Koroghlu Rahimov Str., Baku, AZ1072, Azerbaijan
iris.ax@mail.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-42-52

УДК 614.84

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЕРМАКОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В 2018 ГОДУ

Коваль Ю.Н.

В статье приведен обзор пожаров, которые произошли на территории Ермаковского муниципального района. Автор проанализировал особенности пожароопасного сезона в 2018 году, в частности – число пожаров, площадь, освоенность лесной территории, климатические условия, растительность, а так же техническое оснащение и уровень охраны лесов. Рассмотренные лесные массивы расположены на особо охраняемых природных территориях, где обеспечивается активный отдых для населения. В связи, с чем высока вероятность пожаров от антропогенных факторов. Отмечено, что на начало пожароопасного сезона приходится самое большое количество пожаров – 89%, которые происходят по вине человека. С апреля по июнь регистрируются 73% пожаров, которые преобладают по площади. А в июле высок риск пожара от «сухих» гроз. Однако, не смотря на сложность тушения пожаров и удаленность от населенных пунктов, отмечена слаженность и оперативность работы сотрудников лесопожарного центра. Это подтверждается активной борьбой с лесными пожарами – 100%.

Ключевые слова: анализ пожаров; пожароопасный период; лесные пожары; авиационное патрулирование; мониторинг.

FOREST FIRE IN THE TERRITORY YERMAK MUNICIPAL AREA OF KRASNOYARSK REGION IN 2018

Koval Yu.N.

The article provides an overview of the fires that occurred on the territory of the Ermakovsky municipal district. The author analyzed the features of the fire hazard season in 2018, in particular – the number of fires, area, forest de-

velopment, climatic conditions, vegetation, as well as technical equipment and the level of forest protection. The considered forests are located in specially protected natural areas where active recreation is provided for the population. In this connection, the high probability of fires from anthropogenic factors. It is noted that at the beginning of the fire hazard season there is the largest number of fires – 89% that occur due to human faults. From April to June, 73% of fires are registered, which prevail in area. And in July, the risk of fire from “dry” thunderstorms is high. However, despite the complexity of extinguishing fires and the remoteness from settlements, the coherence and efficiency of the work of the employees of the forest fire center was noted. This is confirmed by an active fight against forest fires – 100%.

Keywords: *fire analysis; fire hazard; forest fires; air patrol; monitoring.*

Введение

Ермаковский муниципальный район находится на территории Красноярского края в юго-восточной части. Территория на которой регистрируется наибольшее количество лесных пожаров – Усинское лесничество. На севере оно граничит с Ермаковским и Каратузским лесничеством; на юге и востоке – с Республикой Тыва; на западе – с Шушенским лесничеством и Саяно-Шушенским водохранилищем. Территория Усинского лесничества представлена единым лесным массивом, вытянутым с юго-запада на северо-восток. Общая площадь земель лесного фонда лесничества составляет 968314 гектаров, куда входят 893 квартала, при этом средняя величина лесного квартала составила 1084 га.

Породный состав преимущественно представлен хвойными породами с явным преобладанием лиственницы.

Особенность Усинского лесничества – наличие особо охраняемых природных территорий и объектов краевого значения, где обеспечивается активный отдых для населения:

- природный парк «Ергаки»;
- государственный комплексный заказник «Гагульская котловина»;
- памятник природы «Геологический разрез по реке Ореш»;
- охранная (буферная) зона государственного природного биосферного заповедника «Саяно-Шушенский».

В связи с наличием уникальных природных комплексов, являющихся привлекательным объектом туризма, увеличивается антропогенная нагрузка на территорию. Роль человека в возникновении и распространении лесных пожаров усиливается с каждым годом. Здесь практически

нет участка леса, который в тот или иной период времени не испытывал антропогенного воздействия. В целях охраны и защиты территорий от лесных пожаров лесничество обслуживается Усинским авиационным отделением.

Усинское отделение Авиалесоохраны является структурным подразделением Ермаковского авиационного звена краевого государственного автономного учреждения «Лесопожарный центр», располагается на территории Усинского района Красноярского края. Функция «Лесопожарного центра» заключается в обеспечении пожарной безопасности района. Помимо основной деятельности сотрудники Авиалесоохраны ведут работу с молодежью и населением по противопожарной пропаганде в области охраны лесов.

Ежегодный объем мониторинга пожароопасной обстановки составляет 968,3 тыс. га, в том числе наземного – 145,6 тыс. га (15,0%), и авиационного – 822,7 тыс. га (85,0%).

В целях своевременного обнаружения пожаров и их ликвидации предусмотрено противопожарное обустройство лесов в зонах наземной охраны в виде сети лесных дорог, в объеме 80 километров. В местах лесозаготовок, строительства различных объектов и трасс, зонах отдыха, по берегам водных объектов, среди лесных насаждений с высокой пожарной опасностью выделена зона авиационного патрулирования, которое осуществляется сотрудниками Усинского авиационного отделения КГАУ «Лесопожарный центр» Красноярского края.

Актуальность: Ежегодно лесные пожары охватывают площади от нескольких сотен до нескольких миллионов гектаров и оказывают разрушительное воздействие на окружающую среду. Достоверный прогноз лесопожарных рисков на пожароопасный период мог бы способствовать принятию оперативных мер по предупреждению лесных пожаров, повышению готовности сил и средств.

Цель: анализ случаев возникновения лесных пожаров на территории Ермаковского муниципального района Усинского авиационного отделения за 2018 год.

Задачи: 1. Провести анализ статистических данных лесных пожаров на территории Усинского авиационного отделения за 2018 год.

2. Изучить метеорологические показатели на территории Усинского авиационного отделения.

3. Изучить параметры лесных пожаров на территории Усинского авиационного отделения.

Материалы и методы исследования

В базе данных о пожарах по материалам ФГУ «Авиалесоохрана», КГБУ «Усинское Лесничество», лесохозяйственному регламенту за 2018 год и спутниковым снимкам с сайтов NASA и ФАЛХ «Авиалесоохрана» размещены сведения о каждом лесном пожаре: расположение в квартальной сети лесничества, время обнаружения и ликвидации, причина возникновения, площадь пожара [1–5].

Подавляющее число лесных пожаров связывают с деятельностью человека, но необходимо учитывать различные факторы, способствующие возникновению и распространению пожаров. Главное значение играют погодные условия, поскольку от них напрямую зависит возможность возникновения лесных пожаров и ход дальнейшего развития.

Комплексный показатель пожарной опасности (КПО) лесных территорий рассчитывался с учетом влажности горючих материалов и особенностей суточных метеорологических данных [6]. Данный показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{КПО} = \sum_1^n |t(t - r)|$$

где n – количество дней после дождя;

r – точка росы для этой температуры воздуха, градусы;

t – температура воздуха на 13 ч.

Метеорологические данные были взяты с сайта gr5.ru. Анализировались показатели средней дневной и максимальной суточной температур, влажность воздуха и количество осадков как в день возникновения и прогрессирования пожара, так и за весь весенне-осенний период.

Результаты исследования и их обсуждение

Определение длительности пожароопасного сезона проводили с учетом освоенности территорий. Территория Усинского лесничества достаточно широко освоена человеком в хозяйственных целях и включает в себя орехово-промысловые зоны, участки лесов, имеющие научное, историческое, культурное и религиозное значение. Так как эксплуатационные леса занимают всего 26%, то продолжительность пожароопасного сезона считали по датам установления – схода снежного покрова.

На основании освоенности лесов и нахождения на территории обширных территорий рекреационного значения можно сделать вывод, что в лесных массивах, широко освоенных человеком, доминируют антропогенные факторы возникновения пожаров. В малодоступных районах – природные источники, такие как «сухие грозы», которые распространены в июне.

На территории Усинского авиационного отделения по данным лесохозяйственного регламента [2] длительность пожароопасного сезона составляет 175 дней. В целом по авиационному отделению средний класс пожарной опасности за последние три года равен 3,1 [7]. Это свидетельствует о возможности возникновения как низовых, так и верховых пожаров в пожароопасные периоды (весенне-летние и летне-осенние пожарные максимумы). Следует отметить, что за 2018 год ни одного верхового пожара на территории Усинского лесничества не произошло. Датой начала пожароопасного сезона в 2018 году следует считать 20 апреля.

Авиационное патрулирование территории согласно отчетам в 2018 году началось с 16 апреля и прекратилось в связи с отсутствием необходимости 23.09.2018. Помимо авиационного осмотра сотрудниками лесничества проводилось наземное патрулирование на автотранспорте. Начало наземного патрулирования – 08 апреля, завершение осмотров – 19.10.2018.

Патрулирование территории, охраняемой Усинским авиационным отделением, как авиационное, так и наземное проводилось согласно регламенту, в зависимости от класса пожарной опасности [8].

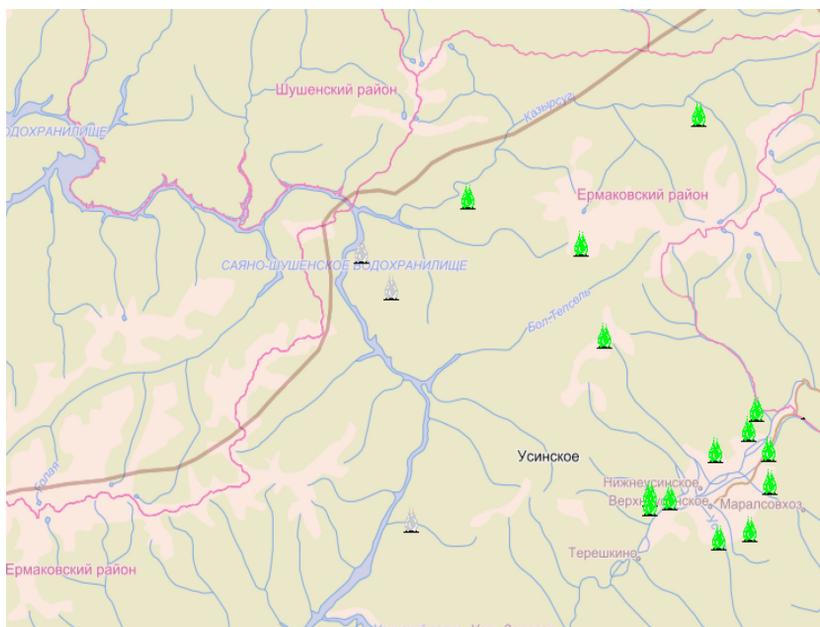


Рис. 1. Карта пожарной обстановки с апреля по сентябрь 2018 года

На территории Усинского авиационного отделения в пожароопасный сезон регламент работы лесопожарных служб предусматривает определение суточного числа пожаров и определение классов пожарной опасности. Согласно статистическим данным за 2018 год на территории Усинского авиационного отделения за 209 дней в период с марта по сентябрь возникло 25 лесных пожаров, из которых семнадцать было зафиксировано авиацией. Наиболее часто возникали пожары в лесных массивах, относящиеся к III и к II классу пожарной опасности. По типу преобладали пожары низовые, беглые. Из них доля низовых слабых пожаров составила 60% от общего числа, низовых средних – 32%, низовых сильных – 8%. Это может быть связано с периодическими осадками, влажностью выше средних значений и не превышающей пиковые значения температуры в июле. Необходимо выделить вовремя проведенные противопожарные мероприятия, такие как создание минерализованных полос, уборка молодняка вдоль опушек с лесом, вырубка сухостойных деревьев.

Особенностью погодных условий пожароопасного сезона 2018 года можно отметить ранний сход снежного покрова весной и дефицит осадков в апреле, особо жаркий май и июнь с сухими грозами. В июле преобладала дождливая погода, в августе и сентябре были обильные осадки до самого окончания сезона. Все это отразилось на пожароопасной обстановке: ранние весенние пожары и грозовые пожары в начале лета [9].

Однако помимо благоприятных метеорологических условий и наличия горючего материала, для начала развития пожара необходим источник зажигания. По литературным данным только 3–5% лесных пожаров происходят из-за располагающих природных факторов, таких как дефицит атмосферной и почвенной влаги, остальная часть лесных пожаров приходится на вину человека. В течение дня наиболее опасным является период 13–18 час, наименее опасным – 23–8 часов, когда возникло соответственно 59% и 2% всех пожаров. Анализ по дням недели показывает, что наибольшее количество пожаров возникает в субботу и воскресенье. Чаще всего возникновение лесных пожаров связывают с массовыми неконтролируемыми и не санкционированными весенними палами сухой травы на пограничных территориях и неосторожным обращением с огнем. На данный момент существует следующая проблема: многие сельскохозяйственные земли не используются по назначению, выходят из оборота, вследствие чего зарастают травой. Из-за попадания в такие места источника зажигания происходят большие выгорания травы. В результате огонь распространяется огромной полосой на несколько десятков километров

по нелесному фронту, а затем может изменить направление из-за ветра и распространиться в лесные массивы [10].

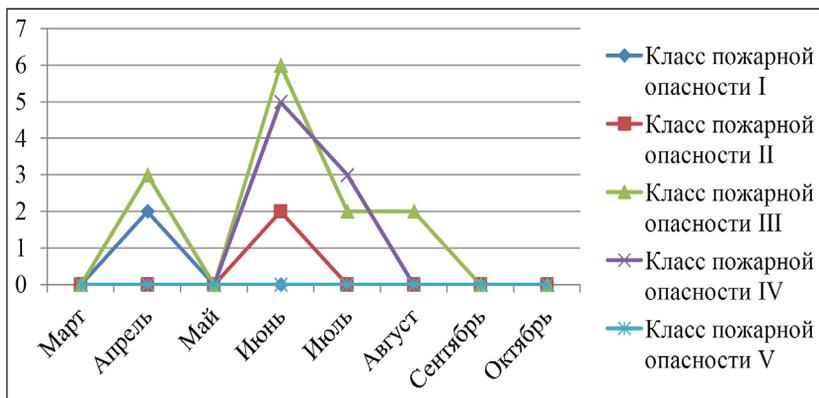


Рис. 2. Динамика обнаруженных лесных пожаров авиацией

Всего за пожароопасный сезон на территории, охраняемой Усинским авиационным отделением, возникло 25 лесных пожаров. Из них: 13 пожаров в авиационной зоне, (в т.ч. 3-в зоне контроля), и 12 в наземной зоне. Авиацией обнаружено 17 лесных пожаров, что составляет, 68 % от общего числа пожаров. Наиболее значительные повреждения лесного массива выявлены на площади 5 гектар, при низовом беглом пожаре, произошедшем в мае.

Для того чтобы оценить корреляцию между пожароопасным состоянием лесов и ежемесячными изменениями метеорологических условий анализировались показатели по количеству пожаров и площади лесных земель, пройденных пожарами. Так, больший модуль корреляционного значения (0,95) отмечен в апреле и мае, в августе и сентябре его величина составила 0,84, что так же указывает на явную взаимосвязь между метеорологическими условиями и количеством пожаров.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии зависимости между степенью поражения лесных пожаров и погодными условиями. В 2018 году отмечен аномально жаркий май с крайне высокой суточной температурой, влажностью воздуха ниже 50%, низким количеством осадков до июля месяца, что способствовало развитию и прогрессированию лесных пожаров. В тех месяцах (август и сентябрь), когда количество осадков превышало средние объемы, пожары в лесных массивах имели значительно меньшую площадь поражения и быстро ликвидировались [11].

В тушении всех пожаров участвовали работники Усинского авиационного отделения и сотрудники лесничества. Авиационная техника производила мониторинг пожарной обстановки с воздуха, и в случае фиксации помогала притушить основное пламя. Для полной ликвидации лесных пожаров спасатели и лесники направлялись наземным транспортом. В целом можно отметить, что личный состав авиационного отделения в течение всего пожароопасного сезона работал слаженно и оперативно, процент активной борьбы – 100% [12].

Выводы

Данные проведенного исследования показывают наличие корреляции между метеорологическими показателями и характеристикой пожаров на территории Усинского авиационного отделения. При проведении и разработке противопожарных мер необходимо уделить внимание суточной температуре и количеству осадков, так как крайние значения этих показателей создают благоприятные условия для возникновения лесных пожаров. Также необходимо отметить мероприятия по противопожарной пропаганде всех слоев населения. Это позволит свести к минимуму ущерб, наносимый лесными пожарами [13, 14].

Согласно произведённому анализу и показателей за прошлые годы, можно сделать вывод, что в ближайшие годы ожидается рост количества лесных пожаров. Уже сейчас положение с лесными пожарами в ряде регионов России стало катастрофическим. Это означает, что охранные мероприятия по защите лесов должны быть направлены как на борьбу с пожарами, в том числе с их ранним обнаружением, так и на сокращение главной первопричины лесных пожаров – человеческого фактора.

Автор выражает отдельную благодарность А.Г. Акуловулетчику-наблюдателю Усинского авиационного отделения ФГУ «Авиалесоохрана».

Список литературы

1. ФГУ «Авиалесоохрана»: [сайт]. URL: <http://www.aviales.ru/> (дата обращения: 01.10.2019).
2. Лесохозяйственный регламент [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550203483> (дата обращения: 01.10.2019).
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю [Электронный ресурс]. URL: <http://www.krasstat.gks.ru> (дата обращения: 01.10.2019).

4. Федеральное агентство лесного хозяйства [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aviales.ru> (дата обращения: 01.10.2019).
5. NASA: [сайт]. URL: <http://rapidfi.re.sci.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 01.10.2019).
6. Глаголев В.А., Коган Р.М. Шкала классов пожарной опасности по метеоусловиям климата средних широт // Лесное хозяйство. 2012. № 1. С. 44-46.
7. Кац А.Л., Гусев В.Л., Шабунина Т.А. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. М.: Гидрометеиздат, 1975. 16 с.
8. Курбатский Н.П. Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местным шкалам // Лесные пожары и борьба с ними. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–30.
9. Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: ТЕИС, 2003. С. 69–98.
10. Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценоза // Экология. 1981. № 6. С. 23–33.
11. Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Сравнительный анализ показателей оперативного реагирования подразделений различных видов пожарной охраны // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 2 (13). С. 54–58.
12. Долгушина Л.В., Мельник А.А., Батура А.Н., Иванов Д.В. Основные причины и перспективные направления профилактики природных пожаров на примере Красноярского края // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2017. № 4 (7). С. 9–14.
13. Пожаркова И.Н., Гапоненко М.В., Полосухина Д.А., Рублева М.Е. Мониторинг восстановления лесных сообществ после воздействия пожаров на территории Южесовского лесничества // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2017. № 1 (4). С. 17–21.
14. Зяблицкий А.М., Ефремов И.Г., Лагунов А.Н., Пожаркова И.Н. Автоматизация решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций : Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 110–113.

References

1. Avialesokhrana. <http://www.aviales.ru/>
2. Forestry regulations. <http://docs.cntd.ru/document/550203483>
3. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Krasnoyarsk Territory. <http://www.krasstat.gks.ru>

4. Federal agency of forestry. <http://www.aviales.ru>
5. NASA. <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>
6. Glagolev V.A., Kogan R.M. Shkala klassov pozharной opasnosti po meteorosloviyam klimata srednikh shirot [Scale of fire hazard classes on the meteorological conditions of the climate of middle latitudes]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2012. N. 1, pp. 44–46.
7. Katz A.L., Gusev V.L., Shabunina T.A. *Metodicheskie ukazaniya po prognozirovaniyu pozharной opasnosti v lesakh po usloviyam pogody* [Methodical instructions for forecasting fire hazard in forests based on weather conditions]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1975. 16 p.
8. Kurbatsky N.P. Pozharnaya opasnost' v lesu i ee izmerenie po mestnym shkalam [Fire hazard in the forest and its measurement on local scales]. *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi* [Forest fires and fight against them]. M.: Publishing house of ANSSSR, 1963, pp. 5–30.
9. Korovin G.N., Zukert N.V. Vliyanie klimaticheskikh izmeneniy na lesnye pozhary v Rossii [The impact of climatic changes on forest fires in Russia]. *Klimaticheskie izmeneniya: vzglyad iz Rossii* [Climatic changes: a view from Russia] / ed. V.I. Danilov-Danilyan. M.: TEIS, 2003, pp. 69–98.
10. Sannikov S.N. Lesnye pozhary kak faktor preobrazovaniya struktury, vozobnovleniya i evolyutsii biogeotsenoza [Forest fires as a factor of structure transformation, renewal and evolution of biogeocenosis]. *Ekologiya* [Ecology]. 1981. N. 6, pp. 23–33.
11. Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Yu., Kondashov A.A. Sravnitel'nyy analiz pokazateley operativnogo reagirovaniya podrazdeleniy razlichnykh vidov pozharной okhrany [Comparative analysis of indicators of operational response of units of different types of fire protection]. *Sibirskiy pozharно-spasatel'nyy vestnik* [Siberian Fire and Rescue Bulletin]. 2019. N 2 (13), pp. 54–58.
12. Dolgushina L.V., Melnik A.A., Baturo A.N., Ivanov D.V. Osnovnye prichiny i perspektivnye napravleniya profilaktiki prirodnykh pozharov na primere Krasnoyarskogo kraya [The main reasons and promising directions for the prevention of wildfires on the example of the Krasnoyarsk Territory]. *Sibirskiy pozharно-spasatel'nyy vestnik* [Siberian Fire and Rescue Bulletin]. 2017. N 4 (7), pp. 9–14.
13. Pozharkova I.N., Gaponenko M.V., Polosukhina D.A., Rubleva M.E. Monitoring vosstanovleniya lesnykh soobshchestv posle vozdeystviya pozharov na territorii Yukseevskogo lesnichestva [Monitoring of the restoration of forest communities after the impact of fires on the territory of the Yukseevskoe forestry]. *Sibirskiy pozharно-spasatel'nyy vestnik* [Siberian fire and rescue bulletin]. 2017. N 1 (4), pp. 17–21.

14. Zyablitsky A.M., Efremov I.G., Lagunov A.N., Pozharkova I.N. Avtomatizatsiya resheniya zadach monitoringa i prognozirovaniya ChS [Automation of solving problems of monitoring and forecasting emergency situations]. *Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasnykh prirodnykh yavleniy i chrezvychaynykh situatsiy : Sbornik statey po materialam VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Monitoring, modeling and forecasting of natural hazards and emergency situations: Collection of articles based on the materials of the VIII All-Russian scientific and practical conference]. 2018, pp. 110–113.

ДАНИЕ ОБ АВТОРЕ

Коваль Юлия Николаевна, доцент, канд. биол. наук

*ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС
России*

*ул. Северная, 1, г. Железнодорожск, 662972, Красноярский край, Рос-
сийская Федерация*

a_yulya@inbox.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Koval Yulia Nikolaevna, Associate Professor, Ph.D.

*Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Min-
istry of Emergencies of Russia*

*1, Severnaya Str., Zheleznogorsk, 662972, Krasnoyarsk Region, Russian
Federation*

a_yulya@inbox.ru

ORCID: 0000-0001-5482-6439

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-53-61

УДК 612.8:796.012-057.4

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Попова М.А., Чистова В.В., Щербакова А.Э.

В статье приведен анализ динамики некоторых параметров функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и вегетативной нервной системы (ВНС) и преподавателей высшего учебного заведения женского пола ($n=10$), систематически занимающихся по методике комплексной оздоровительной физической тренировки непосредственно на рабочем месте после выполнения педагогами трудовых обязанностей. Оценены текущее функциональное состояние (ТФС) и адаптационные резервы (АР) организма. Статистический анализ проведен с использованием непараметрических критериев Вилкоксона для количественных данных, Макнемара хи-квадрат для качественных показателей при помощи пакета программ «Statistica 13.0».

Ключевые слова: преподаватели-женщины; комплексные оздоровительные физические нагрузки; функциональное состояние; адаптационные резервы; вегетативная нервная система; центральная нервная система; кардиоритмография; активная ортостатическая проба.

INFLUENCE OF INTEGRATED HEALTH AND PHYSICAL LOADS ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE AUTOMATIVE AND CENTRAL NERVO SYSTEM OF TEACHERS OF THE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

Popova M.A., Chistova V.V., Sherbakova A.E.

The article presents an analysis of the dynamics of some parameters of the functional state of the central nervous system (CNS) and the autonomic nervous

system (ANS) and female higher education institution teachers (n = 10), who are systematically involved in the method of comprehensive health-improving physical training directly at the workplace after teachers job duties. Estimated current functional status (TFS) and adaptation

Keywords: *female teachers; comprehensive health-improving exercise; functional state; adaptive reserves; autonomic nervous system; central nervous system; cardiac rhythmography; active orthostatic test.*

Неблагоприятные факторы профессиональной деятельности педагогов приводит к определенным функциональным изменениям, которые со временем начинают проявляться и на органическом уровне. В процессе учебного года многие преподаватели нуждаются в мероприятиях по предупреждению развития переутомления или перенапряжения, связанного с профессиональной деятельностью. У преподавателей недостаток двигательной активности провоцирует нарушения функционирования опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой, эндокринной, пищеварительной и дыхательной систем, а также появление избыточной массы тела, депрессий, нервно-психических расстройств [1, с. 104; 2, с. 167; 3, с. 13].

Исследование физической активности женщин-преподавателей выявило гиподинамический характер профессиональной деятельности, при котором большинство женщин двигаются менее одного часа в день, добираются до работы преимущественно на транспорте, не занимаются физическими упражнениями и выполняют в среднем 4,2 тыс. локомоций в сутки, что меньше нормы [5, с. 278].

Причины женщины-преподаватели указывают самые разные: от нехватки времени и невозможности заставить себя, до материальных ограничений и несоответствия нагрузок в клубах своим физическим и возрастным возможностям. Из всего этого можно сделать заключение, что при больших интеллектуальных и психических нагрузках женщины-преподаватели испытывают недостаток двигательной активности, вследствие чего постепенно ухудшается их здоровье, физическое развитие и снижается функциональное состояние организма в целом. Особенно четко отрицательные показатели проявляются с возрастом [6, с. 21].

В связи с этим нами разработана комплексная оздоровительная программа для женщин-преподавателей педагогического высшего учебного заведения, предусматривающая систематические оздоровительные занятия непосредственно на рабочем месте после выполнения трудовых обязанностей. Занятия проводили под музыкальное сопровождение, что

повышало эмоциональный настрой и снимало психическое и физическое напряжение после рабочего дня [1, с. 108].

Цель работы: определить влияние систематических комплексных оздоровительных физических нагрузок на функциональное состояние (ФС) центральной нервной системы (ЦНС) и вегетативной нервной системы (ВНС) преподавателей высшего учебного заведения женского пола.

Материалы и методы

Исследование выполнено на базе научно-исследовательской лаборатории «Здоровый образ жизни и охрана здоровья» Сургутского государственного педагогического университета. В проспективное когортное исследование было включено 26 педагогов-женщин, из них лишь 10 выполнили условие систематического посещения тренировок (не менее 80%). Возраст обследованных от 33 до 65 лет. Оздоровительные нагрузки проводились после учебных занятий в гимнастическом зале университета по 60 минут три раза в неделю в течение 3-х месяцев в период с января по март 2020 года и включали в себя: дыхательную гимнастику, стретчинг, кардио и силовую тренировку. Функциональное состояние (ФС) вегетативной нервной системы (ВНС) определяли перед началом тренировок и через 3 месяца после тренировок.

ФС ЦНС оценивали по простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) с помощью программы «ПсихоТест» («Нейрософт», Россия) с компьютерным анализом данных скорости психомоторной реакции, функционального уровня системы (ФУС), устойчивости реакции (УР), уровня функциональных возможностей (УФВ), оценивали градации показателей – высокий, средний, низкий, патологический.

ФС ВНС определяли на диагностическом комплексе «ПолиСпектр-8» («Нейрософт», Россия) методом кардиоритмографии (КРГ) с использованием активной ортостатической пробы (АОП). Оценивали текущее функциональное состояние (ТФС) – хорошее, удовлетворительное, сниженное, значительно сниженное и резко сниженное; адаптационные резервы (АР) – высокие, удовлетворительные, сниженные, резко сниженные; уровень функционирования физиологической системы (УФФС) – высокий, нормальный, близок к норме, умеренно снижен, значительно снижен.

Протокол исследования: до начала тренировок и через 3 месяца после тренировок последовательно проводили фоновую КРГ (в состоянии покоя в горизонтальном положении) и АОП (в момент и после перехода исследуемого в положение стоя), затем тестировали ПЗМР.

Статистический анализ проведен с помощью программы «Statistica 13.0». При анализе использовали непараметрическую статистику: критерий Вилкоксона для количественных данных, критерий Макнемара хи-квадрат – для качественных показателей. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

На включение в исследование во всех случаях было получено информированное согласие.

Результаты исследования

Результаты исследования показали значимое улучшение ФС ЦНС у преподавателей-женщин через 3 месяца систематических комплексных физических нагрузок (таблица 1).

Отмечено существенное увеличение скорости сенсомоторной реакции ($p=0,001$) за счет значимого снижения обследуемых с инертным типом реакции ($p=0,0159$), улучшение ФУС ($p=0,000$) за счет снижения преподавателей с низким уровнем ($p=0,0159$), улучшение показателя УР ($p=0,002$) с уменьшением доли педагогов с низкой УР ($p=0,0433$), увеличения УФВ ($p=0,002$) за счет доли лиц с низким ($p=0,0159$) и патологическим ($p=0,0044$) уровнем функциональных возможностей.

Таблица 1.

Динамика показателей функционального состояния центральной нервной системы педагогов высшего учебного заведения через 3 месяца после комплексных оздоровительных физических нагрузок

| Показатели ПЗМР | педагоги-женщины ($n=10$) | | p |
|--|--------------------------------|------------------------------|---------------|
| | исходные | через 3 мес после тренировок | |
| Скорость сенсомоторной реакции, мс | 215,70±4,8 | 197,61±4,84 | 0,001 |
| подвижный | 1 | 3 | 0,0961 |
| промежуточный | 4 | 7 | 0,6276 |
| инертный | 5 | 1 | 0,0159 |
| Функциональный уровень системы, 1/с² | 3,98 ±0,12 | 4,42±0,10 | 0,000 |
| высокий | 2 | 4 | 0,1815 |
| средний | 0 | 5 | 0,3017 |
| низкий | 8 | 1 | 0,0159 |
| патологический | 0 | 0 | – |

Окончание табл. 1.

| | | | |
|---|-----------|-----------|---------------|
| Устойчивость реакции, 1/c² | 1,38±0,04 | 2,02±0,13 | 0,002 |
| высокая | 1 | 5 | 0,3017 |
| средняя | 1 | 3 | 0,0961 |
| низкая | 8 | 2 | 0,0433 |
| патологическая | 0 | 0 | – |
| Уровень функциональных возможностей, 1/c² | 2,65±0,28 | 3,52±0,13 | 0,002 |
| высокий | 2 | 4 | 0,1815 |
| средний | 4 | 5 | 0,3017 |
| низкий | 2 | 1 | 0,0159 |
| патологический | 2 | 0 | 0,0044 |

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; *p* – значимость межгрупповых различий по критерию Вилкоксона *W* для количественных показателей, по критерию Макнемара хи-квадрат для качественных показателей.

Результаты исследования ТФС, АР и УФФС по результатам оценки функционального состояния ВНС методом кардиоритмографии с АОП представлены в таблице 2.

Исходные показатели ТФС, АР и УФФС были снижены и значительно снижены у большинства преподавателей, с хорошим ТФС и высокими АР не было ни одного преподавателя. Через 3 месяца систематических комплексных физических нагрузок число преподавателей со сниженным и значительно сниженным ТФС уменьшилось ($p=0,0159$ и $p=0,044$ соответственно), хорошее ТФС регистрировалось у 50% обследованных лиц; значительно сниженные АР и УФФС не были зарегистрированы ни в одном случае, в то время как до тренировок были выявлены в 3 из 10 случаев ($p=0,0044$).

Таблица 2.

Динамика показателей текущего функционального состояния, адаптационных резервов и уровня функционирования физиологической системы у педагогов высшего учебного заведения через 3 месяца после комплексных оздоровительных физических нагрузок*

| Показатели АОП | педагоги-женщины ($n=10$) | | <i>p</i> |
|--|-----------------------------|------------------------------|----------|
| | исходные | через 3 мес после тренировок | |
| Текущее функциональное состояние, 1/c² | | | |
| хорошее | 0 | 5 | 0,3017 |

Окончание табл. 2.

| | | | |
|---|---|---|---------------|
| удовлетворительное | 4 | 3 | 0,0961 |
| сниженное | 3 | 1 | 0,0159 |
| значительно сниженное | 3 | 0 | 0,0044 |
| резко сниженное | 0 | 0 | – |
| Адаптационные резервы, $1/c^2$ | | | |
| высокие | 0 | 0 | – |
| удовлетворительные | 4 | 7 | 0,6276 |
| сниженные | 3 | 3 | 0,0961 |
| резко сниженные | 3 | 0 | 0,0044 |
| Уровень функционирования физиологической системы, $1/c^2$ | | | |
| высокий | 0 | 0 | – |
| нормальный | 0 | 3 | 0,0961 |
| близок к норме | 4 | 4 | 0,1815 |
| умеренно снижен | 3 | 3 | 0,0961 |
| значительно снижен | 3 | 0 | 0,0044 |

Примечание: АОП – активная ортостатическая проба; p – значимость межгрупповых различий по критерию Макнемара хи-квадрат.

Наши результаты подтверждают положительное влияние разнонаправленных занятий на улучшение функционального и эмоционального состояния женщин, повышение работоспособности, снятия напряжения [7, с. 45].

Заключение

Показатели ФС ЦНС и ВНС педагогов-женщин высшего учебного заведения в середине учебного года значительно снижены. Для своевременной коррекции функциональных нарушений регуляторных систем необходимо мониторинговое ФС ЦНС и ВНС в конце каждого семестра.

Систематические физические упражнения непосредственно на рабочем месте после выполнения педагогами трудовых обязанностей способствуют положительному улучшению функционального состояния организма и увеличению адаптационных резервов преподавателей высшего учебного заведения.

Перспективное 3-месячное наблюдение динамики показателей ФС ЦНС и ВНС у педагогов высшего учебного заведения показало значимое

положительное влияние систематических комплексных физических нагрузок, включающих стретчинг, кардиотренировки, силовые тренировки в течение 60 минут 3 раза в неделю в конце рабочего дня на скорость и качество психомоторных реакций, ТФС, АР и УФФС организма.

Благодарности. Выражаю признательность коллегам за помощь и поддержку в проведении исследований и написании научных работ.

Список литературы

1. Федорова О.Н., Смирнова Ю.В., Елисеева Т.П. Обоснование физической тренировки оздоровительной направленности для женщин-преподавателей вузов // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2016. № 4-2. С. 102–111.
2. Лепихина Т.Л., Лесникова М.А. Влияние качества трудовой жизни на здоровье работников сферы высшего образования // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. вып. 5. С. 935–948.
3. Попова М.А., Говорухина А.А., Дронь А.Ю. Мониторинг функционального состояния педагогов, проживающих на Севере // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2014. № 1 (17). С. 166–174.
4. Попова М.А., Говорухина А.А., Щербакова А.Э. Здоровье педагогов и учащихся Югры: монография. Ханты-Мансийск: ООО «Печатный мир г. Ханты-Мансийск», 2012. 135 с.
5. Федорова О.Н., Елисеева Т.П. Двигательная активность женщин-преподавателей вузов как фактор повышения уровня их здоровья // Царскоесельские чтения. 2017. С. 276–280.
6. Ермукашева Е.Т. Комплексное воздействие на физическое и психическое состояние женщин-преподавателей, имеющих заболевания позвоночника // Ученые записки университета Лесгафта. 2009. №2. (48). С. 19–24.
7. Васильковская Ю.А., Лактионова Э.Г., Нефедова Н.М. Методика комплексного применения средств физической культуры в процессе оздоровительных занятий // Ученые записки университета Лесгафта. 2014. №10 (116). С. 43–46.

References

1. Fedorova O.N., Smirnova Yu.V., Eliseeva T.P. Obosnovanie fizicheskoy trenirovki ozdorovitel'noy napravlenosti dlya zhenshchin-prepodavateley vuzov [The rationale for physical training of health-improving orientation for women university teachers]. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.S. Pushkina* [Bulletin of the Leningrad State University]. 2016. N 4-2, pp. 102–111.

2. Lepihina T.L., Lesnikova M.A. Vliyaniye kachestva trudovoy zhizny na zdorovyie rabotnikov sfery vysshego obrazovaniya [Influence of working life quality on the higher education health]. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National interests: priorities and safety]. 2017, vol. 13, issue 5, pp. 935–948.
3. Popova M.A., Govoruhina A.A., Dron' A. Yu. Monitoring funktsionalnogo sostoyaniya pedagogov, prozhivayushchikh na severe [Monitoring of the functional state of teachers living in the North]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk state pedagogical University]. 2014, № 1 (17), pp. 166–174.
4. Popova M.A., Govoruhina A.A., Shcherbakova A.E. *Zdorovie pedagogov u uchashchihsya Ugry* [Health of teachers and students of Ugra]. Khanty-Mansiysk: Printing world of Khanty-Mansiysk Ltd, 2012. P. 135.
5. Fedorova O.N., Eliseeva T.P. Dvigatel' naya aktivnost' zhenshchin – prepodavateley vuzov kak faktor povysheniya urovnya ikh zdorov'ya [The motor activity of women – university professors as a factor in improving their health]. *Tsarskosel'skie chteniya*. 2017, pp. 276–280.
6. Ermukasheva E.T. Kompleksnoe vozdeystvie na fizicheskoe i psikhicheskoe sostoyaniye zhenshchin-prepodavateley, imeyushchikh zabolevaniya pozvonochnika [Comprehensive impact on the physical and mental state of women teachers with diseases of the spine]. *Uchenye zapiski universiteta Lesgafta*. 2009. N 2. (48), pp. 19–24.
7. Vasilkovskaya Yu.A., Laktionova E.G., Nefedova N.M. Metodika kompleksnogo primeneniya sredstv fizicheskoy kul'tury v protsesse ozdorovitel'nykh zanyatiy [Methods of the integrated use of physical culture in the process of health classes]. *Uchenye zapiski universiteta Lesgafta*. 2014. N 10 (116), pp. 43–46.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Попова Марина Алексеевна, главный научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», доктор медицинских наук, профессор
БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет»
ул. Артема, 9, г. Сургут, 628404, Российская Федерация
nil_zozh@mail.ru

Чистова Виктория Васильевна, младший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория «Здоровый образ жизни и охрана здоровья»
БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет»

*ул. Артема, 9, г. Сургут, 628404, Российская Федерация
victoria133117@mail.ru*

Щербакова Александра Эдуардовна, ведущий научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», кандидат биологических наук
*БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет»
ул. Артема, 9, г. Сургут, 628404, Российская Федерация
la_lune-4@bk.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Popova Marina Alekseevna, Chief Researcher, Research Laboratory “Healthy Lifestyle and Health Protection”, Doctor of Medicine, Professor
*Surgut State Pedagogical University
9, Artem Str., Surgut, 628404, Russian Federation
nil_zozh@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0193-7973*

Chistova Victoria Vasilevna, Junior Researcher, 2nd year master’s undergraduate, Research Laboratory “Healthy Lifestyle and Health Protection”
*Surgut State Pedagogical University
9, Artem Str., Surgut, 628404, Russian Federation
victoria133117@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9788-1865*

Scherbakova Alexandra Eduardovna, Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences, Research Laboratory “Healthy Lifestyle and Health Protection”
*Surgut State Pedagogical University
9, Artem Str., Surgut, 628404, Russian Federation
la_lune-4@bk.ru
ORCID: 0000-0002-0863-8127*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-62-78

UDC 639.37

**THE EFFECTS OF DIETS SUPPLEMENTED
WITH *SPIRULINA PLATENSIS* IN DIFFERENT
QUANTITIES ON PIGMENTATION AND
GROWTH PERFORMANCE OF GOLDFISH
(*CARASSIUS AURATUS*)**

Kargın H., Dikbaş M.D.

Spirulina sp., a blue – green algae, is in the form of a spiral ring with microscopic cells. *S. platensis* contains 60% vegetable protein, essential vitamins and β -carotene which is an important antioxidant. *Spirulina*'s dark green colour is due to the pigments of carotenoid (orange), phycocyanin (blue) and chlorophyll (green). Green chlorophyll is masked by blue phycocyanin, which is an auxiliary pigment, allophycocyanin and red coloured phycoerythrin. The only chlorophyll that *Spirulina sp.* contain is chlorophyll a and its amount varies between 0.8-1.5% in dry weight. Xanthophyll content of freeze-dried *Spirulina sp.* is quite high and it accounts 6.9 g.kg⁻¹. Other major carotenoids are mycoxanthophyll (37%), β -carotene (28%) and zeaxanthin (17%). Due to its pigment composition, *Spirulina sp.* is utilized for pigmentation of ornamental fish used as a feed additive particularly in Goldfish.

If the colour formation of *Carassius auratus* cannot be achieved at the desired level, it leads to decrease in market demand and value of such a fish significantly. Even though fish feeds containing carotenoids are available in the market, these feeds are quite expensive. For this reason, we investigated the effects of *Spirulina platensis* on pigmentation and growth of the Goldfish in the study. In this context, Specific Growth Rate (SGR), the Feed Conversion Ratio (FCR), Condition Factor (CF) and Survival Rate (SR) were investigated to evaluate the growth performance of *C. auratus* species through usage of 3 different feed quantities (25 mg.kg⁻¹ diet, 50 mg.kg⁻¹ diet, 75 mg.kg⁻¹ diet). This study demonstrated that *S. platensis* added to fish-feed in various quantities had no significant effect on the growth of Goldfish however it contributed to skin pigmentation. The best carotenoid ratio was achieved in the feeding group in which 75 mg.kg⁻¹ of *S. platensis* was supplemented to the diet.

The goal in this study, the effects of the addition of Spirulina sp. as a carotenoid source at different levels to the fish-feed on the growth, development and pigmentation of Goldfish (Carassius auratus) were investigated.

Keywords: *Spirulina platensis; Carassius auratus; feeding; growth rate; pigmentation.*

Introduction

A bluegreen algae *Spirulina* sp. is in the form of a spiral ring with microscopic cells [1]. *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) is a filamentous and multicellular blue-green alga capable of reducing inflammation and also manifesting antioxidant effects. It is a rich source of vitamins, especially vitamin B12, minerals, protein, and carotenoids [2]. The multicellular filamentous, alkaliphilic cyanobacterium *Arthrospira platensis* is widely cultured around the world as both a source of health food and as a source of the blue pigment cyanophycin which is used in cosmetics and food [3].

S. platensis contains 60% vegetable protein, essential vitamins and β -carotene which is an important antioxidant and a rarely found essential fatty acid gamma linolenic acid (GLA), as well as phytonutrients such as sulfolipids, glycolipids and polysaccharides [2]. *Spirulina's* dark green colour is due to the pigments of carotenoid (orange), phycocyanin (blue) and chlorophyll (green). Green chlorophyll is masked by blue phycocyanin, which is an auxiliary pigment, allophycocyanin and red coloured phycoerythrin [2]. The only chlorophyllin that *Spirulina* sp. contains is chlorophyll a and its amount varies between 0.8–1.5% in dry weight. Xanthophyll content of freeze-dried *Spirulina* sp. is quite high and it accounts 6.9 g kg⁻¹. Other major carotenoids are myxoxanthophyll (37%), β -carotene (28%), and zeaxanthin (17%) [3]. Due to its pigment composition, *Spirulina* sp. is utilized for pigmentation of ornamental fish used as a feed additive, particularly, in Goldfish [4]. These are flavins, melanin, guanine, and carotenoids which give the yellow, brown, grey, and black; metallic shining and silver; and the yellow-red colors, respectively [5]. Carotenoids belong to the terpene group, and the double bond they have (keto = oxo) has an important role in pigmentation [6].

The skin pigmentation of fancy fish is the most important quality parameter determining the market value and consumer acceptability. The fish tend to lose their color as if fading when maintained in captivity, and this decreases their market value [7].

Therefore, several studies have been focused on improving fish skin coloration. Various factors were contributed to the color intensity of aquatic animals,

such as the source and type of pigments, water temperature, brightness, feeding rate, diet composition, species, size, and physiological conditions [8].

The colour formation in the fish occurs partly because of the physical breakdown and reflection of the light, and predominantly due to the pigments existing under the skin.

The skin pigmentation of fancy fish is the most important quality parameter determining the market value and consumer acceptability. The fish tend to lose their color as if fading when maintained in captivity, and this decreases their market value [7].

Therefore, several studies have been focused on improving fish skin coloration. Various factors were contributed to the color intensity of aquatic animals, such as the source and type of pigments, water temperature, brightness, feeding rate, diet composition, species, size, and physiological conditions [8]. The colour formation in the fish occurs partly because of the physical breakdown and reflection of the light, and predominantly due to the pigments existing under the skin. However, carotenoids that are lipid-soluble pigments are the most effective and consistent means to enhance the skin coloration in ornamental fishes [9].

Four kinds of colour materials were determined in fish. These are flavins, melanin, guanine, and carotenoids which give the yellow, brown, grey, and black; metallic shining and silver; and the yellow-red colours, respectively [10]. Carotenoids belong to the terpene group, and the double bond they have (keto = oxo) has an important role in pigmentation [11]. Birds and fish, in general, prefer oxidized carotenoids (astaxanthin, cantaxanthin, zeaxanthin and lutein) [12]. Mainly, lutein and zeaxanthin are the carotenoids which are effective in Goldfish and absorbed three times more efficiently compared to astaxanthin [13]. Carotenoids which are taken into the body are able to accumulate in various tissues and organs (skin, scale, fin, operculum, liver, bile, eggs, blood and fat) in different amounts. The differences in accumulation is, mainly, related to the fish age, size, sexual maturity status and gender. Pigmentation should be considered within the duo of environmental conditions and genetic structure. Fish can obtain the carotenoids they need only from the exogenous feed resources. These foods are primarily phytoplankton, zooplankton and various crustaceans. Since fishes are incapable of synthesizing carotenoids *de novo* in their body, so these pigments must be supplied in the diet [14].

A variety of carotenoids from both natural and synthetic sources, such as astaxanthin, cantaxanthin, β -carotene, lutein and xanthophylls, have been incorporated into fish diets for color enhancement [15;16]. However, the use of synthetic carotenoids may have negative impacts, such as environmental deterioration and carcinogenic effects, and they tend to have a high cost [17], so recent efforts

have emphasized the potential use of coloring agents from alternative natural sources, such as fairy shrimps, beetroots [18] to replace the synthetic chemicals.

In prior studies the natural compounds derived from red yeast, marine bacteria, and green algae, were efficient as synthetic carotenoids for improving the skin pigmentation in several ornamental fish species, including goldfish (*Carassius auratus*) [19], Kenyi cichlids (*Maylandia lombardo*) and tomato clownfish (*Amphiprion frenatus*) [20].

Carotenoids are primary class of compounds that can affect the skin coloration of fish. There are effects of natural carotenoid supplemented diets on growth and feed utilization efficiency. Besides their beneficial effects on pigmentation, carotenoids also play a significant role in enhancing nutrient utilization that may contribute to survival and growth performance. Carotenoids, in addition to their effect on fish pigmentation, have also functions such as accelerating growth and development, as well as increasing the fish tolerance to environmental conditions [21].

In the present study, fish fed with carotenoid supplemented diets did not significantly differ from the control group in the growth, feed utilization efficiency or survival rate. These results are in accordance with previous studies carried out with gilt-head seabream (*Sparus aurata*), red porgy (*Pagrus pagrus*), goldfish and large yellow croaker (*Larimichthys croceus*) [22]. However, in some studies a dietary carotenoid supplement improved the growth and feed utilization efficiency in fish. However, in some studies a dietary carotenoid supplement improved the growth and feed utilization efficiency in fish [23].

Ornamental fish farming and aquarium industry have developed quickly and become an important business sector in Turkey in recent years because the countries surrounding the Mediterranean Sea have favorable ecological conditions for farming goldfish. However, pigmentation of a part of goldfish becomes late or it is not possible to achieve the desired level of color. This situation decreases the market value of fish at a significant rate [24].

In this study, we investigated the effects of the addition of *Spirulina* sp. as a carotenoid source at different levels to the fish- feed on the growth, development and pigmentation of Goldfish (*Carassius auratus*).

Samples and Research Methods

The experiment was carried out at an ornamental fish culture unit of Mersin University. Unpigmented Goldfish (*C. auratus*) similar size (5.152 ± 0.098 cm) and weight (3.434 ± 0.159 g) were used in the experiment. Nutrient content of the *S. platensis* powder used in the experiment is provided in Table 1.

Table 1.

| Nutrient content of <i>S. platensis</i> | |
|---|---------------------------|
| Nutrient content | Rate% |
| Protein | 65.50 |
| Fat | 7.20 |
| Humidity | 6.42 |
| Ash | 6.60 |
| Phycocyanin | 13.30 |
| Carotenoid | 100 mg.100g ⁻¹ |

Juvenile trout feed (2-3 mm) was used as feed material due to its appropriate ingredients and availability on the market [13]. Feed nutrient values are provided in Table 2.

Table 2.

| Nutrient values of the feed used in the experiment | |
|--|-------|
| Nutrient values | Rate% |
| Protein | 45 |
| Fat | 20 |
| Cellulose | 2 |
| Humidity | 10 |
| Ash | 11 |

Experiment Design

A total of 12 aquariums with about 95 L volume and in dimensions of 60 × 45 × 35 cm were used in experiment. Tap water from a reservoir tank was used in the experiment after being dechlorinized. Each dietary treatment was replicated three times. 25 fish were randomly allocated in each of the aquariums. The difference between the initial average weights of the fish were assured to be statistically insignificant.

Preparation of Feeds Used in the Experiment

S. platensis powder mixed in distilled water was sprayed to the trout pellets used in the experiment and subsequently dried in dark environment. Feed groups utilized in the experiment are given in Table 3.

Table 3.

| Feed groups utilized in the experiment | |
|--|---|
| Groups | Content |
| Group I feed (Control) | Commercial trout pellet |
| Group II feed | Trout pellet + 25 mg.kg ⁻¹ <i>S. platensis</i> |
| Group III feed | Trout pellet + 50 mg.kg ⁻¹ <i>S. platensis</i> |
| Group IV feed | Trout pellet+ 75 mg.kg ⁻¹ <i>S. platensis</i> |

Feeding Regime

After the amount of feed to be given to fish weighed every 15 ds was determined, the feeding was done by means of an automatic feeding machine as 4 meals a day. The average amount of feed given to fish according to body weight is provided in Table 4.

Table 4.

The average amount of feed to be provided according to body weight

| Body Weight (g) | Feed Amount (%) |
|------------------------|------------------------|
| 0.2-5 | 4 |
| 5-20 | 3 |
| 20< | 2 |

Daily maintenance of Aquariums Employed in the Experiment and Water Quality

The temperature of water in the aquariums was fixed at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ using thermostat heaters. The oxygenation of the waters was performed by means of a filter air pump. Approximately 1/2 of the aquarium water were siphoned from the bottom once a day and feed residues and fish excrement were removed from the environment. Photoperiod time was set as 12:12 [14]. The chemical composition of the water utilized in the experiment is provided in Table 5.

Table 5.

The chemical composition of the water utilized in the experiment

| | |
|-------------------------|---|
| Dissolved Oxygen | $8. \pm 0.37 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ |
| pH | 8.32 ± 0.20 |
| Total Alkalinity | $325 \pm 0.80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ |
| Total Hardness | $230 \pm 6.36 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$ |

Determining of the Pigmentation

The colours of fish were measured using spectrophotometric methods (UV-Visible Spectrophotometer Shimadzu UV 1208). Measurements were performed at the start and at the end of the experimental period. The extraction of carotenoids was performed according to the method of Renstrom et al. [25] modified by Torrissen and Naevdal [26]. Total carotenoid content in fish skin was measured by spectrophotometric method at the beginning and end of the trial (60 days). In order to measure this, 4 fish were randomly taken from each weight group and two parallel analyses were performed. Acetone was used as the control solution for reading the samples. The maximum absorbance of the

test solutions in the spectrophotometer was determined as 475 nm. In the calculation of total carotenoids in the skin, theoretical extraction of 1% solution of astaxanthin in acetone at 474 nm and 1 cm force was taken 2000 [27].

The colours of fish were measured by means of spectrophotometric method. Measurements were performed at the start and end of the experiment. The extraction of carotenoids was performed according to the method of Renstrom et al. [25] (1981) modified by Torrissen and Naevdal (1984) [26].

Evaluation of Growth Performance

Live weight, total length, standard length, specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR), condition factor (CF) and survival rate (SR) were evaluated in determining the growth performance. Specific growth rate was calculated in the following formula [28].

$$SGR(\% \text{ division.day}) = \frac{\text{Final Weight (g)} - \text{Initial Weight (g)}}{\text{Farming period (day)}} \times 100$$

The following formula was used to determinate the feed conversion ratio [29].

$$FCR = \frac{\text{Amount of given feed (g)}}{\text{Weight gain (g)}}$$

The following formula was used to determine the condition factor [30].

$$CF \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{w}{L^3} \times 100 \quad CF \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{w}{L^3} \times 100$$

The following formula was used to determine survival rate [31].

$$SR = \frac{\text{Number of fish at the end of experiment}}{\text{Number of fish in each experiment}} \times 100$$

Statistics Analysis

Statistical analysis of the data obtained from the experiment was performed by using statistical package, SPSS (v17) for Windows (2008) [22]. The signif-

ificance of treatment effects on the different parameters measured were determined by one-way ANOVA. After the variance homogeneity test was applied to all data, Duncan multiple comparison test was performed if the data in the ANOVA analysis showed homogeneous distribution, and Tamhane's T2 test if it was not homogeneous distribution ($p < 0.05$). Results Mean \pm Standard Deviation (Avg. \pm SD) is given in the form.

Research Results and Discussion

Growth Parameters

Growth parameters live weight gain, total height, standard length, condition factor (CF), specific growth rate (SGR), survival rate (SR), feed conversion ratio (FCR) and obtained from the experimental fish in different dietary groups in every 30 days are given in Tables (6,7,8) and Fig. 1 below.

Table 6.

Average live weight of the juvenile fish in the experiment (LW)

| GROUPS | TIME | | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Initial | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 3.440 \pm 0.226 ^a | 4.130 \pm 0.157 ^a | 5.767 \pm 0.438 ^a | 6.850 \pm 0.592 ^a |
| Group II | 3.460 \pm 0.207 ^a | 4.197 \pm 0.119 ^a | 5.640 \pm 0.466 ^a | 6.437 \pm 0.7908 ^a |
| Group III | 3.360 \pm 0.090 ^a | 3.967 \pm 0.320 ^a | 6.397 \pm 0.189 ^a | 7.637 \pm 0.100 ^a |
| Group IV | 3.477 \pm 0.112 ^a | 4.197 \pm 0.179 ^a | 5.930 \pm 0.654 ^a | 6.617 \pm 0.780 ^a |

*: There difference is a statistical between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

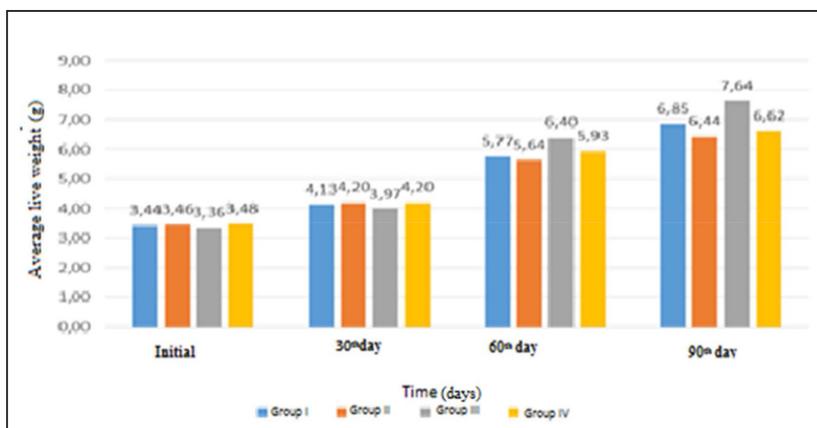


Fig. 1. Average live weight of the juvenile fish in the experiment (LW)

Table 7.

Average standard length of the juvenile fish in the experiment

| GROUPS | TIME | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Initial | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 3.460±0.125 ^a | 3.637±0.074 ^a | 4.013±0.148 ^a | 4.280±0.131 ^a |
| Group II | 3.470±0.085 ^a | 3.623±0.080 ^a | 4.003±0.052 ^a | 4.180±0.164 ^a |
| Group III | 3.397±0.071 ^a | 3.550±0.121 ^a | 4.127±0.112 ^a | 4.403±0.055 ^a |
| Group IV | 3.507±0.071 ^a | 3.647±0.076 ^a | 4.003±0.140 ^a | 4.236±0.152 ^a |

*: There is a statistical difference between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

Table 8.

Average total length of the juvenile fish in the experiment

| GROUPS | TIME | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Initial | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 5.167±0.124 ^a | 5.783±0.137 ^a | 6.567±0.472 ^a | 7.330±0.132 ^a |
| Group II | 5.177±0.127 ^a | 5.557±0.481 ^a | 6.737±0.150 ^a | 7.157±0.158 ^a |
| Group III | 5.080±0.095 ^a | 5.530±0.069 ^a | 6.913±0.201 ^a | 7.377±0.153 ^a |
| Group IV | 5.183±0.045 ^a | 5.780±0.069 ^a | 6.873±0.187 ^a | 7.323±0.240 ^a |

*: There is a statistical difference between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

No statistically significant difference was determined in initial live weight, average total length and average standard length of fish between the dietary groups and depending on the period of time in the experiment ($p > 0.05$). However, at the end of the 60th and 90th days, the highest average live weight and standard length, total length were observed in Group III (50 mg.kg⁻¹) ($p > 0.05$).

There was no statistically significant difference between the initial condition factor values of the fishes in the experiment groups ($p > 0.05$). There were also no significant differences between the groups on the 30th and 60th days. There was a significant difference in Group III (50 mg.kg⁻¹) and Group IV (75 mg.kg⁻¹) on the 90th day ($p < 0.05$) Table 9.

Table 9.

Condition factor of juvenile fish in the experiment (g.(cm³)⁻¹)

| GROUPS | TIME | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Initial | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 2.494±0.124 ^a | 2.139±0.136 ^a | 2.060±0.323 ^a | 1.737±0.132 ^{ab} |
| Group II | 2.495±0.035 ^a | 2.512±0.622 ^a | 1.845±0.105 ^a | 1.751±0.158 ^{ab} |
| Group III | 2.565±0.090 ^a | 2.348±0.207 ^a | 1.939±0.118 ^a | 1.907±0.153 ^b |
| Group IV | 2.495±0.020 ^a | 2.177±0.029 ^a | 1.822±0.057 ^a | 1.681±0.240 ^a |

*: There is a statistical difference between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

There was no statistically significant difference between groups on the 30th day according to Group I (Control) in the specific growth rate, ($p > 0.05$). There was a significant difference in Group III (50 mg.kg⁻¹) on the 60th and 90th day according to all groups ($p < 0.05$) Table 10.

Table 10.

Specific growth rate of juvenile fish in the experiment (division.day⁻¹)

| GROUPS | TIME | | |
|-----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 0.613±0.094 ^a | 0.860±0.078 ^a | 0.765±0.081 ^{ab} |
| Group II | 0.643±0.134 ^a | 1.811±0.074 ^a | 0.6851±0.115 ^a |
| Group III | 0.550±0.357 ^a | 1.073±0.190 ^b | 0.913±0.016 ^b |
| Group IV | 0.623±0.125 ^a | 0.881±0.181 ^{ab} | 0.709±0.113 ^a |

*:There is a statistical difference between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

The survival rate of fry fish in the experiment is given in Table 11.

Table 11.

The survival rate of juvenile fish in the experiment (%)

| GROUPS | TIME | | |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 30 th day | 60 th day | 90 th day |
| Group I | 100.0 | 98.70 | 96.00 |
| Group II | 100.0 | 97.30 | 97.30 |
| Group III | 100.0 | 98.70 | 97.30 |
| Group IV | 100.0 | 98.70 | 96.00 |

Feed conversion ratio of juvenile fish in the experiment (FCR) is given in Table 12.

Table 12.

Feed conversion ratio of juvenile fish in the experiment (FCR)

| GROUPS | FCR |
|-----------|---------------|
| Group I | 2.367 ± 0.060 |
| Group II | 2.368 ± 0.173 |
| Group III | 2.341 ± 0.105 |
| Group IV | 2.474 ± 0.226 |

Amount of carotenoid

The amount of carotenoid measured at the end of 90th day in experiment groups is given in Table 13.

Table 13.

The amount of carotenoid of juvenile fish in the experiment (mg.kg⁻¹)

| GROUPS | CAROTENOID AMOUNT |
|-----------|--------------------|
| Initial | 2.229 ^a |
| Group I | 1.924 ^b |
| Group II | 2.009 ^c |
| Group III | 4.321 ^d |
| Group IV | 4.713 ^e |

*: There is a statistical difference between the data shown with different letters ($p < 0.05$)

The difference in carotenoid amount between groups was found significant ($p < 0.05$). The highest pigmentation was observed in fish in Group IV (75 mg.kg⁻¹). The Second-high value was found in fish fed dietary Group III (50 mg.kg) Fig. 2.

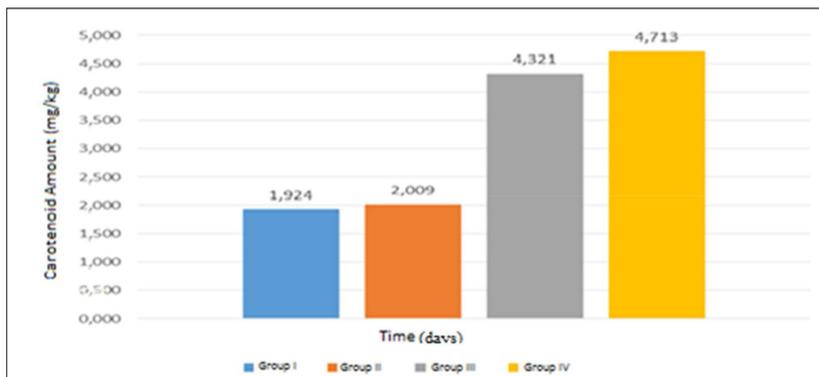


Fig. 2. The amount of carotenoid of juvenile fish in the experiment

Although carotenoids are known to have positive effects on intermediate metabolism in fish [21], the debate about their role in fish growth continues. Some researchers report that carotenoids accumulate in tissues cause pigmentation in fish in addition to their positive effects on growth while others have mentioned that they do not have a positive effect [33]. The presence of other constituents in the feeds in which natural carotenoid sources are used and their interactions may also increase growth [34]. It has been reported that when Goldfish (*C. auratus*) larvae and juveniles fed for 12 weeks with five different feeds (45 mg.kg⁻¹ *H. pluvialis*, *C. vulgaris*, *S. platensis*, synthetic pigments as-taxanthin and control group), there was no positive effect on the rate of growth

and survival. The differences between the groups was not significant in terms of average live weight gains, standard height and total height values for 12 weeks (90 days) in this study and results are in line with what was reported for previous studies.

The condition factor (CF) is the best formula to control the morphological structure of fish and is one of the criteria for indicating nutritional status and development [35]. Generally, condition factor should be close to 1 in fish. Condition factor in a trout with good nutritional requirements is optimum 1:37, a trout with condition factor above 1.53 is accepted very fatty while a trout with condition factor under 1.14 is considered to be too lean [36]. In our study, the condition factor was 1.74, 1.75, 1.91 and 1.68 respectively. These results reveal that conditions of the fish used in the study were low while they had high fat ratios. The reason for this is thought to be because of the high fat content in the given pellets.

The weight and the period for weight gain must be related in order to be able to determine growth. For this purpose, specific growth rate (SGR) is often used as a growth rate in fish. SGR was found to be 1.1 in the group fed with *S. platensis* when Goldfish (*C. auratus*) larvae and juveniles were fed for 12 weeks, with five different feed (45 mg.kg⁻¹ *H. pluvialis*, *C. vulgaris*, *S. platensis*, synthetic pigments astaxanthin and control group) [34]. SGR was found to be an average of 1.24 in goldfish fed with *Tagetes erecta* (marigolds) in different doses in another study done. Average SGR values of the experimental group in our study were 0.77, 0.69, 0.91 and 0.71 respectively. We think that the SGR results which are found lower compared to other studies is due to our use of fish in the juvenile period instead of fish in the larval stage.

Larval and juvenile survival rates are also discussed in addition to the positive effect of carotenoids on fish pigmentation [37]. It has been reported that addition of green water culture into larvae tanks in marine fish farming increases the survival rate of juvenile fish, effects growth and increases feed consumption rate. It was determined in our experiment that the rate of survival is ideal and does not constitute any issue.

The formula named FCR worldwide is known as the conversion rate of feed to meat. Generally, conversion of fish feed to meat increases when FCR is about 1 or gets closer to 1. This ratio is highly variable in aquarium fish. It is known in the studies conducted with Goldfish that it varies between 2.0-5.5 [33, 36]. FCR has been found as 2.37, 2.37, 2.34 and 2.47 respectively in our study and it shows compatibility with previous studies.

Fish have a specific carotenoid metabolism, and the efficiency of carotenoids stored as a pigment source varies from species to species [38]. *Spirulina sp.* is

a good source of carotenoids with its high content of xanthophylls, β -carotene and zeaxanthin and affects the pigmentation of fish significantly [39]. In previous studies, *Spirulina sp.* has caused a successful pigmentation in red tilapia, swordtail, blue gourami (*Trichogaster trichopterus*) and goldfish (*C. auratus*) species [39]. Although best results were obtained with *H. pluvialis* and *C. vulgaris* in juvenile *C. auratus* fed with five different feeds (*H. pluvialis*, *C. vulgaris*, *S. platensis*, synthetic astaxanthin and control), effect of *S. platensis* on the pigmentation was quite high [39]. The highest pigmentation was observed in groups IV and III and the amount of carotenoid detected in groups I and II was found to be lower than the initial values in our study. The reason for this is thought to be the feeding of the fish with diets with high carotenoid content before being received from the farm.

Conclusions

In conclusion, it has been determined that *S. platensis* added to feed in different levels did not have a significant effect on the growth of goldfish but contributed to the skin pigmentation in our study. The best carotenoid rate was achieved in the feeding group in which 75 mg.kg⁻¹ of *S. platensis* was added into the diets.

Acknowledgments

This study was supported by the Scientific Research Projects Unit of Mersin University [BAP-FBE TM (MDD) 2012-7 YL]

References

1. Richmond A. Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. In: *Outdoor mass cultures of microalgae, handbook of microalgal mass cultures of microalgae*. Richmond A, editor. Boca Raton: Florida CRC Press, Inc., 1986, pp. 285-329.
2. Selmi C., Leung P.S., Fisher L. Et al., The effects of Spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cell. Mol. Immunol.* 2001, 8 (3), 248-254. doi: 10.1038/cmi.2010.76
3. Belay A. Biology and industrial production of Arthrospira (Spirulina). In: Richmond, A., and Hu, Q., (eds.), *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, London, 2013, pp. 339-358.
4. Henrikson R. Microalga. In: *Microalga Spirulina, Superalimento del futuro*, Uranus Ediciones S. A., Barcelona, Spain, 1994, pp. 224.

5. Yanar M., Erçen Z., Hunt A., O. Büyükçapar H., M. The use of alfalfa, *Mendicago sativa* as natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. Aquaculture. 2008; (284):196-200. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.050
6. Harpaz S., Padowicz D. Colour enhancement in the ornamental dwarf cichlid *Microgeophagus ramirezi* by addition of pant carotenoids to the fish diet. The Israeli Journal of Aquaculture. 2007; 59(4):195-200. <http://hdl.handle.net/10524/19231>
7. Yuangsoi B., Jintataporn O., Tabthipwon P., Kamel C. Utilization of Carotenoids in Fancy Carp (*Cyprinus carpio*): Astaxanthin, Lutein and-carotene. World Applied Sciences Journal, 2010, 11(5), 590-598.
8. Leng X., Li X. The recent advance of aquatic animal pigmentation. Journal of Fisheries of China ruary, 30(1), 2006, 138-143. DOI: 10.22092/ijfs.2019.118784.
9. García-Chavarría M., LaraFlores M. The use of carotenoid in aquaculture. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 8(2), 2013, .38-49.
10. Yanar M., Erçen Z., Hunt A.O. Büyükçapar H., M. The use of alfalfa, *Mendicago sativa* as natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. Aquaculture. 2008; (284):196-200. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.050>
11. Harpaz S., Padowicz D. Colour enhancement in the ornamental dwarf cichlid *Microgeophagus ramirezi* by addition of pant carotenoids to the fish diet. The Israeli Journal of Aquaculture. 2007; 59(4):195-200. <http://hdl.handle.net/10524/19231>
12. Gouveia L., Rema P., Pereira O. Empis J. Colouring Ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquac. Nutr. 9, 2003, 123–129. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2003.00233.x>
13. Ohkubo M., Tsushima M., Maoka T., Matsuno T. Carotenoids and their metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). Comp. Biochem. Physiol. 24B, 1999, 333–340. doi: 10.3390/md9020278
14. Johnson E.A., An, G.H. Astaxanthin from microbial sources. Critical Reviews in Biotechnology, 11(4), 1991, 297-326. doi.org/10.3109/07388559109040622
15. Sornsupharp B., Lomthaisong K., Dahms H.U. Sanoamuang L. Effects of dried fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* meal on pigmentation and carotenoid deposition in flowerhorn cichlid; *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) × *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867). Aquaculture Research, 2015, 46(1), 173-184. <https://doi.org/10.1111/are.12172>
16. Boonyapakdee A., Pootangon Y., Laudadio V., Tufarelli V. Astaxanthin extraction from golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) eggs to enhance colours in fancy carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Applied Animal Research, 2015, 43(3), 291-294. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.963102>

17. Teimouri M., Amirkolaie A.K., Yeganeh S. The effects of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 2013, 396-399, 14-19. <https://doi.org/10.1111/anu.12281>
18. Devi N.K., Kumar A.T., Balasubramanian T. Pigment Deficiency Correction in Captive Clown Fish, *Amphiprion ocellaris* Using Different Carotenoid Sources. *Journal of Fisheries Sciences*, 2016, 10(1), 4-11. <http://www.fisheriessciences.com/>
19. Xu X., Jin Z., Wang H., Chen X., Wang C., Yu S. Effect of astaxanthin from *Xanthophyllomyces dendrorhous* on the pigmentation of goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2006, 37(3), 282-288. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00038.x>
20. Hekimoglu M.A., Firat K., Saka S., Suzer C., Kop A., Durmaz Y. Effect of Supplemented Algal Carotenoid Diets on Skin Color of Tomato Clownfish, *Amphiprion frenatus*. *Pakistan Journal of Zoology*, 2017, 49(2), 663-668. <http://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.2.663.668>
21. Wallat G.K., Lazur A.M., Chapman F.A. Carotenoids of different types and concentrations in commercial formulated fish diets affect color and its development in the skin of the red oranda variety of goldfish. *North American Journal of Aquaculture* 67: 2005, 42-51.
22. Yi X., Xu W., Zhou H., Zhang Y., Luo Y., Zhang W., Mai K. Effects of dietary astaxanthin and xanthophylls on the growth and skin pigmentation of large yellow croaker *Larimichthys croceus*. *Aquaculture*, 2014, 433, 377-383. <https://doi.org/10.1111/jai.12763>
23. Ninwichian P., Chookird D., Phuwan N. Effects of dietary supplementation with natural carotenoid sources on growth performance and skin coloration of fancy carp, *Cyprinus carpio* L. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2020, 19(1) 167-181. DOI: 10.22092/ijfs.2019.118784
24. Storebakken T., No H.K. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture* 100: 1992, 209-229. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90372-R](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90372-R)
25. Renstrom B., Borch G., Skulberg O., Liaen-Jensen S. Optical purity of (3S,3'S)-astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Phytochem.* 1981, 20(11): 2561-2564. doi:10.1016/0031-9422(81)83094-4
26. Torrissen O.J., Naevdal G. Pigmentation of Salmonids Genetic Variation in Carotenoid Pigmentation in Rainbow Trout, *Aquaculture*, 1984, 38: 59-66. doi:10.1016/0044-8486(84)90137-6.
27. Hata M., Hata M. (1972). Carotenoid Pigments in Goldfish-IV. Carotenoid Metabolism, *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1972, 38(4): 331-338. DOI: 10.1016/0300-9629(73)90561-6

28. Ustaoglu S., Bircan R. The Effects of Different Feeding Rates on Growth and Feed Conversion of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Reared in Sea Cages in Black Sea (Sinop), Turkey. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 22, 1998, pp. 285-291.
29. Goddard S. Feed Management In Intensive Aquaculture, Chapman& Hall, New York, 1996, pp. 194.
30. Martinez AM., Vazquez BPC. Reproductive Activity and Condition Index of Holacanthus passer) (*Teleostei: Pomacanthidae*) in The Gulf of California, Centro Interdisciplinario De Ciencias Marinas, Mexico, 2001, pp. 1-3.
31. Düzgüneş O., Kesici T., Gürbüz F. Statistical Methods, Ankara University Faculty of Agriculture Publications, Ankara, 1993, pp.369.
32. SPSS 2008. SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
33. Kalinowski C., Robaina L., Fernandez-Palacios H., Schuchardt D., Izquierdo M. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. Aquaculture, 2005, 244(1-4), 223-231. <https://www.researchgate.net/publication/33708519134>.
34. Rema P., Gouveia L. Effect of Various Sources of Carotenoids on Survival and Growth of Goldfish (*Carassius auratus*) Larvae and Juveniles, Journal of Animal and Veterinary Advances, 2005, 4 (7): 654-658.
35. Yiğit M., Aral O. Comparison of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1972) Growth Differences in Freshwater and Sea Water, Tr. J. Of Veterinary and Animal Science, 1999, pp. 53-59.
36. Del Villar-Martínez A.A., Orbe-Rogel J.C., Vanegas-Espinoza P.E., Quintero-Gutiérrez A.G., Lara-Flores M. The effect of marigold (*Tagetes erecta*) as natural carotenoid source for the pigmentation of goldfish (*Carassius auratus* L.), Res. J. Fish & Hydrobiol. 2013, 8(2): 31-37.
37. Lazo P., Dinis M.T., Holt J., Faulk C., Arnold C. Co- Feeding Microparticulate Diets with Algae: Toward Eliminating the Need of Zooplankton at First Feeding in Larval Red Drum (*Sciaenops ocellatus*), Aquaculture, 2000, 188:339-351.
38. Nandeeshha M.C., Gangadhara B., Manissery J.K., Venkataraman L.V. Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeorohita*) fed diets containing different levels of Spirulina platensis, Bioresour. Technol., 2001, 80:117-120. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00085-2](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00085-2)
39. Yanar M., Tekelioğlu N. The Effect of Natural and Synthetic Carotenoids on Pigmentation of Gold Fish (*Carassius auratus*) in Turkish. Türk J. Vet. Anim. sec., 1999(a), pp. 501-505. TÜBİTAK 23.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Hilal Kargin, Ph.D. Lecturer Member, Faculty of Fisheries Basic Sciences
Mersin University, Faculty Fisheries, Aquaculture Department, Yenişehir Campus
C-Block, 33169 Yenişehir, Mersin, Turkey
hkrlylmz@mersin.edu.tr

Mahitap Duygu Dikbaş, Postgraduate Student
Mersin University, Graduate School of Natural and Applied Science,
Çiftlikköy Campus Science-Literature Faculty
D-1 block ground floor 33343 Yenişehir, Mersin, Turkey
mahitap@mersin.edu.tr

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-79-96

УДК 339.1

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ: АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ

*Бахарев В.В., Капустина И.В., Митяшин Г.Ю.,
Катрашова Ю.В.*

В современном мире бережливое потребление и здоровый образ жизни набирают все большую популярность. Данный тренд оказывает сильное влияние на розничную торговлю, которая не успевает в полной мере удовлетворить растущему спросу на эко товары. Поэтому целью данной работы авторы видят идентификацию и анализ различных стратегий, позволяющих ритейлерам удовлетворить обозначенные потребности потребителей. В ходе работы были использованы общенаучные методы анализа и синтеза и кейс-анализ торговой сети “ВкусВилл”. Авторами делается акцент на необходимости экологизации всех процессов, касающихся деятельности магазинов. К ним относится экологизация потребления, экологизация среды потребления и товарная экологизация. В работе предлагается классификация уровня внедрения товарной экологизации на предприятиях розничной торговли на стартовый, базовый, продвинутый и системный. В статье также идентифицирована реактивная и проактивная роль операторов розничной торговли при внедрении экологических стандартов потребления. В заключении данной работы авторы акцентируют внимание на необходимости разработки комплексной стратегии экологизации, а не внедрения точечных мер, позволяющих удовлетворить спрос на эко товары. Также авторы предупреждают ритейлеров от внедрения псевдоэкологических решений, нацеленных только на создание положительного имиджа, и подчеркивают необходимость стимулирования потребителей к переходу на новые экологические стандарты потребления.

Основные положения:

- для современной розничной торговли характерна тенденция к экологизации деятельности;
- основными направлениями экологизации являются товарная экологизация, экологизация среды потребления и экологизация потребления;

- компаниям розничной торговли необходимо разрабатывать стратегию экологизации.

Ключевые слова: ритейл; торговля; экологизация; эко-товары; формат торговли; магазин; розничная торговля.

ECOLOGIZATION OF RETAIL: AN ANALYSIS OF STRATEGIES

*Bakharev V.V., Kapustina I.V., Mityashin G. Yu.,
Katrashova Yu.V.*

In modern world, lean consumption and a healthy lifestyle are gaining popularity. This trend has a strong impact on retail trade, which does not have time to fully meet the growing demand for eco-products. Therefore, the purpose of this work is to identify and analyze various strategies that allow retailers to meet the identified needs of consumers. General scientific methods of analysis and synthesis and case analysis of the “Vkusville” and “Magnit” retail chains were used in this article. The authors emphasize the need for greening all processes related to the retail trade. These include ecologization of consumption, ecologization of the consumer environment, and product ecologization. The paper offers a classification of the level of implementation of product ecologization at retail enterprises into starting, basic, advanced and system. The article also identifies the reactive and proactive role of retail operators in implementing environmental consumption standards. In conclusion, the authors emphasize the need to develop a comprehensive strategy for greening, rather than implementing targeted measures that will meet the demand for eco-products. The authors also warn retailers against introducing pseudo-ecological solutions aimed only at creating a positive image, and emphasize the need to encourage consumers to switch to new environmental standards of consumption.

Highlights:

- the trend of ecological transformation is typical for the contemporary retail business;
- main directions of ecologization are product ecologization, ecologization of customer's environment and ecologization of consumption;
- retail companies must develop a strategy of ecologization.

Keywords: retail; manufacturing; greening; eco-goods; retail format; convenience store; retail trade.

Введение

В последние годы среда, в которой ведут свою деятельность предприятия розничной торговли, значительно изменилась [1, 2]. Трансформировались привычки покупателей (стремление к экономии времени, вовлечение в интернет торговлю [3, 4, 5], стремление к здоровому образу жизни и экологизации потребления [6, 7, 8, 9]). Для сохранения своей конкурентоспособности предприятия розничной торговли должны реагировать на эти изменения [10]. В предлагаемом исследовании мы рассмотрим то, какие стратегии используют ритейлеры для удовлетворения заинтересованности клиентов в экологичном потреблении, соответствующем здоровому образу жизни (ЗОЖ).

Хотя современные технологические, организационные и маркетинговые тенденции развития розничной торговли получили довольно широкое освещение в научных работах [2, 11, 12, 13, 14, 15], однако тема экологизации, по мнению авторов, по-прежнему раскрыта в недостаточной степени. Хотя существуют работы отечественных исследователей, в которых описываются инструменты «зеленой» экономики [16, 17], их результаты напрямую к сфере розничной торговли приложить нельзя. В иностранных изданиях есть значительное количество публикаций, связанных с «зелеными» технологиями в ритейле, однако они направлены на выявление конкретных инструментов экологизации [8, 9, 19, 20]. Проблематика идентификации общих стратегий экологизации в них не рассматривается. Данная статья ориентирована на то, чтобы показать, как ритейлеры реагируют на увеличение спроса на эко товары и формируют на торговых предприятиях экологичную атмосферу, обеспечивающую лояльность клиентов и мотивирующую посетителей к совершению покупок.

Учет потребности клиентов в экологизации означает, что предприятию розничной торговли недостаточно просто предложить покупателям те товары, за которыми они непосредственно идут в магазин – необходимо обеспечить соответствие этих товаров (и, шире, модели обслуживания в целом) изменившимся ценностям потребителей [21]. Экологизация может быть частным случаем социального маркетинга, когда акцент в маркетинговой политике предприятия делается на некоммерческие элементы [22].

Проделанный нами анализ литературы показывает, что, хотя элементы экологизации присутствуют в деятельности всех крупных розничных торговых сетей, степень экологизации сильно отличается – от отдельных экологических товаров до полноценной эколого-ориентированной бизнес-модели.

Цель

Идентификация инструментов экологизации продовольственной розничной торговли и способов их применения в рамках бизнес-модели розничных торговых предприятий. Для достижения этой цели нами были поставлены следующие задачи:

- анализ существующих практик экологизации торговой деятельности ведущих российских розничных сетей («Магнит», «Пятерочка», «О'кей», «ВкусВилл»);
- идентификация основных направлений экологизации розничной торговли;
- выявление уровней товарной экологизации;
- идентификация различных ролей компаний розничной торговли при переходе к экологическим стандартам потребления;
- разработка рекомендаций по экологизации розничных торговли.

Материалы и методы

В исследовании применялись общенаучные методы анализа и синтеза, а также метод кейс-анализа (объектом анализа является сеть магазинов здорового питания «ВкусВилл»).

Основные результаты

Простейшим способом реагирования на экологические запросы клиентов является введение в ассортимент эко-товаров (и расширение их присутствия в том случае, если они уже были представлены в ассортименте). Такую модель экологизации можно назвать товарной. Поставщиками эко-товаров для торговых сетей выступают как крупные производители (которые также стали вводить в свою линейку продукции экологические товары и товары для ЗОЖ), так и мелкие нишевые компании, с которыми ритейлеры выстраивают прямые связи. Даже магазины, не имеющие большой торговой площади, стараются выделить место для выкладки эко-товаров. При этом крупные магазины имеют несколько вариантов реализации данной товарной группы. Некоторые ритейлеры (например, «Магнит») выделяют стенды, на которых выкладываются товары для здорового питания и создают специальные навигационные таблицы, привлекающие внимание к данной товарной группе [23]. Другим вариантом реализации продовольственных эко-товаров является организация краткосрочной аренды (или субаренды) для продавцов фермерской продукции, то есть открытие фермерских лавок на территории уже существующего розничного магази-

на. Такой стратегии придерживаются, к примеру, «О'кей» и «Пятерочка». Отметим, что «Пятерочка» длительное время экспериментирует с краткосрочной арендой. Во многих магазинах данной торговой сети можно встретить точки реализации выпечки, мороженого или слабоалкогольных напитков. Однако в последние годы ритейлер отдает предпочтение именно открытию фермерских лавок, что подчеркивает заинтересованность покупателей именно в данной группе товаров. Такая модель позволяет розничной сети предлагать своим потребителям эко-товары, при этом не включая их непосредственно в свой ассортимент.

Рост количества эко-товаров наблюдается также и в непродовольственной товарной группе. Даже в небольших магазинах формата у дома, где непродовольственная группа составляет менее 5% всех товаров, наблюдается увеличение количества натуральных кремов, шампуней, средств по уходу за кожей и т.д.

Увеличение группы эко товаров – не единственный отклик ритейлеров на увеличение спроса на данные товары. Некоторые торговые сети находятся в активном поиске инновационных бизнес-решений, что подталкивает их к модернизации существующих или к созданию новых торговых форматов [24].

В силу устаревания формата гипермаркета, «Магнитом» была принята попытка переосмыслить данный торговый формат [23]. Поэтому в 2019 году компания представила первый «суперстор», который располагается в городе Краснодар. В компании приняли решение сделать упор на реализации товаров для здорового питания, а также товаров группы «фреш» и «ультрафреш», доля которых была увеличена в три раза. В магазине также объединили все товары для здорового питания на нескольких стеллажах, которые разместили рядом, назвав это «остров здоровья». Данное решение, вместе с созданием «аллеи акций» и с упрощением навигации, направлены на ускорение движения потока покупателей и снижению времени, проводимого ими в магазине. Таким образом, «Магнит» «заботится» о своих клиентах, предлагая им большее количество свежих товаров, а также экономит их время на походе в магазин, что, безусловно, благоприятно отражается на имидже данного ритейлера [23]. Модель «Магнита» представляет собой дальнейший шаг экологизации розничной торговли – эко-товары становятся не просто одним из элементов ассортимента, а значимым компонентом торгового предложения. Интересно подчеркнуть, что в данном случае «Магнит» решил две задачи: во-первых, пересмотрел устаревающий формат гипермаркета, и, во-вторых, разработал новый формат на основе экологизации.

Еще дальше по пути экологизации пошел «ВкусВилл», непрерывно расширяя роль экологической составляющей в своей бизнес-модели.

С момента основания компания сделала предложение экологической и органической продукции и товаров для ЗОЖ в качестве основы своего торгового формата. В отличие от «Магнита», где эко-товары являются важным элементом товарного предложения в рамках суперсторов, «ВкусВилл» сосредоточен на торговле исключительно эко-товарами (или, по крайней мере, позиционирует себя именно так). В этом отношении «ВкусВилл» довел до логического завершения товарную модель экологизации (см. табл. 1).

Таблица 1.

Уровни товарной экологизации

| Уровень товарной экологизации | Описание | Примеры |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Стартовый | В ассортимент вводятся отдельные эко-товары, не играющие самостоятельной роли, которые лишь дополняют товарное предложение | Ранние стадии экологизации магазинов |
| Базовый | Эко-товары выделяются в качестве самостоятельного элемента товарного предложения, призванного повысить его привлекательность для потребителей | «Пятерочка», «Магнит» |
| Продвинутый | Эко-товары становятся ключевым элементом товарного предложения (по доле ассортимента и по позиционированию) | Суперсторы «Магнита» |
| Системный | Эко-товары становятся основой торгового формата | «ВкусВилл» |

Тем не менее, товарная экологизация является не единственной моделью экологизации. Примером является «ВкусВилл», который представил “микромаркет”. В определенной степени, “микромаркет” – это даже не новый торговый формат, а, скорее, новый канал сбыта, ориентированный на доставку основной части ассортимента «ВкусВилла» офисным сотрудникам и создающий условия для приобретения ими здорового питания и эко-товаров на рабочем месте. Данный магазин имеет ассортимент всего лишь около 600 позиций и представляет собой что-то похожее на вендинговую торговую точку, которая может располагаться только на территории офиса со стабильным контингентом. Площадь магазина может составлять всего 2 кв. м., так как в его составе всего лишь два холодильь-

ника и касса самообслуживания. Все расчеты осуществляются без кассира, основываются исключительно на честности посетителей, именно поэтому стабильный контингент является необходимым условием для открытия «микромаркета». Отметим, что данный торговый формат в совокупности с программой лояльности магазинов «ВкусВилл» (скидка 20% на один любимый товар) формирует уникальное торговое предложение. Его суть – покупка любимого здорового быстрого питания из экологичных продуктов со скидкой 20%. Таким образом, данная торговая сеть стремится к формированию лояльности клиентов, делая упор на эко товарах и на оптимизации обслуживания в сфере услуг [25]. Благодаря микромаркетам «ВкусВилл» получает возможность вынести свое экологическое товарное предложение за пределы магазинов и разместить его в месте нахождения потребителей. Поэтому такую концепцию мы можем назвать экологизацией среды потребителя.

Далее в работе авторы предлагают рассмотреть незаметные на первый взгляд решения, которые позволяют ритейлерам развивать экологический компонент в своей деятельности.

Первое из таких решений – экологизация не только основных товаров магазина, но и сопутствующих – тех, за которыми потребитель не приходит в торговую точку, но которые способствуют повышению качества обслуживания. Речь прежде всего идет об отказе или частичной замене пластиковых пакетов для покупок. Большинство ритейлеров реализуют перерабатываемые пакеты или пакеты из уже переработанных материалов, что также подчеркивается на дизайне самого пакета, что является пропагандой заботы об окружающей среде. Также некоторые ритейлеры предлагают приобрести шоппер для многоразовых покупок, который вырабатывается из ткани и не нуждается в скорой утилизации. К примеру, «Ашан», в котором можно приобрести и шоппер и перерабатываемый одноразовый пакет, добился снижения продаж пластиковых пакетов на 18% в 2019 году [6].

Второе решение – более тщательный отбор поставщиков по критериям экологичности их полного продукта. Если необходимость отбора поставщиков по качеству их основного продукта (например, сока) является очевидной, то мы предлагаем дополнить перечень критериев отбора поставщиков характеристиками их полного продукта (упаковки и т. д.). В наши дни, на конкурентном рынке поставщиков, более выигрышную позицию будет иметь тот, который предлагает товар в перерабатываемой или биоразлагаемой упаковке. Ритейлерам следует обращать особое вни-

мание на данный критерий, так как он позволяет развивать концепцию экологизации ритейла [18].

Третье решение – оказание населению дополнительных услуг, связанных с бережным потреблением. Самой распространенной из них является сбор батареек и маленьких аккумуляторов для их утилизации. Данное решение пользуется большой популярностью, так как население не имеет возможности правильно их утилизировать (из-за неудобства существующей системы сбора и сортировки отходов), но при этом старается заботиться об окружающей среде. Именно поэтому организация сбора батареек на территории розничного торгового предприятия с высоким трафиком помогает людям заботиться об окружающей среде. Пункты по приему батареек уже организованы «Лентой» и «ВкусВиллом». Отнести батарейки и аккумуляторы в магазин, постоянным покупателем которого человек является и который он регулярно посещает, для потребителя намного удобнее с точки зрения затрат времени, чем искать официальную точку приема соответствующих отходов (которая, к тому же, может быть мобильной и работать по неудобному для него графику). К сожалению, ритейлеры не имеют возможности развивать концепцию сбора вторичного сырья, так как это запрещено санитарными правилами и нормами (СанПиНом) [6]. В данном случае, ритейлерам необходимо вступить в диалог с органами власти для поиска решения, позволяющего реализовывать сбор вторичного сырья на территории (или прилегающей территории) розничного торгового предприятия.

Четвертое решение – переработка отходов, связанных с деятельностью магазинов [19, 26]. В данном случае ритейлеры своим поведением подают покупателям пример того, как стоит поступать с отходами. В 2018 году общий вес переданного «Магнитом» вторсырья составил около 300 тыс. тонн, а «X5 Retail group» отправила на переработку более 572 млн. кг. отходов [6].

Пятое решение, которое пока не является повсеместным в России, но обрело популярность в странах Европы – продажа некоторых групп товаров в собственную тару. Данное решение можно применять к наливным продовольственным и непродовольственным товарам (молоку, воде, шампуням), фруктам и овощам, кулинарии. Однако такая модель сопряжена с определенными неудобствами для потребителя (которым придется тратить время и ресурсы на уход за многоразовой тарой; отметим, что это справедливо и для многоразовых эко-сумок, описанных выше). Кроме того, ее экологичность тоже может вызывать сомнения, поскольку увеличивается потребление воды и объем сточных вод.

Эти меры направлены на экологически ответственное потребление. Если экологизация товара ориентирована прежде всего на запрос потребителей на здоровые и полезные продукты, то экологизация потребления означает, что люди стремятся приобретать и использовать такие продукты и таким образом, при котором причиняется минимальный ущерб окружающей среде. В отличие от экологизации товара, где потребитель реализует индивидуальную ответственность перед собой, стремясь к потреблению максимально качественных и полезных продуктов, экологизация потребления предполагает ответственность потребителя перед природой и обществом. Именно экологизация потребления является конечной социальной целью концепции экологизации. Очевидно при этом, что экологически ответственное потребление не должно быть связано с большим дискомфортом для потребителя.

Двигаясь по направлению экологизации потребления, «ВкусВилл» закрепляет свой имидж экологически ориентированной торговой сети и повышает свою привлекательность для тех групп населения, у которых сформировано чувство экологической ответственности.

Обсуждение

Выявленные нами направления экологизации представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Направления экологизации

| Направления экологизации | Товарная экологизация | Экологизация среды потребителя | Экологизация потребления |
|---|--|--|---|
| Сущность | Расширение предложения экологических товаров и товаров для здорового образа жизни | Предоставление доступа к экологическим товарам в местах пребывания потребителя за пределами магазина | Создание условий для минимизации ущерба окружающей среды при потреблении товаров магазина (и иных товаров) |
| Эффект для потребителя | Возможность повысить качество потребления за счет приобретения более полезных и качественных продуктов (индивидуальная выгода) | Гарантированный доступ к экологическим товарам и товарам для здорового образа жизни без посещения магазина (индивидуальная выгода) | Удовлетворение запроса потребителя на экологически ответственное поведение (индивидуальная и социальная выгода) |
| Использование в маркетинговой стратегии «ВкусВилла» | Торговый формат, ориентированный исключительно на предложение экотоваров и товаров для здорового образа жизни | Микромаркеты | Прием батареек для последующей утилизации |

Предприятие розничной торговли, в зависимости от своих приоритетов, может использовать разные направления своей экологизации. При этом, разумеется, степень применения каждого направления также может различаться (в частности, разные уровни товарной экологизации представлены в табл. 1).

С учетом изменения запросов потребителей и ростом их заинтересованности в экологическом потреблении предприятиям розничной торговли необходимо ориентироваться не на использование отдельных точечных мер экологизации, а на разработку полноценной стратегии экологизации своей деятельности. Только в этом случае для потребителей будет очевидна экологическая составляющая той ценности, которую им предлагает ритейлер.

Отметим, что, внедряя инструменты экологизации потребления, ритейлер не только отвечает на запросы уже существующих экологически ответственных потребителей, но и трансформирует модель потребления тех клиентов, которые привыкли к стандартному способу совершения покупок и использования товара. Особенно это справедливо для тех торговых точек, которые существуют давно и уже обладают сложившейся клиентской аудиторией. В этом случае часть существующих клиентов может быть не готова к переключению на новую модель потребления, и им необходимо предлагать определенные стимулы (например, скидки или бонусы при покупке в многоразовую упаковку [6]). Компания в этом случае организует поведение своих потребителей [27]. Таким образом, занимаясь экологизацией своей деятельности, ритейлер играет не только реактивную, но и проактивную роль (см. рис. 1).

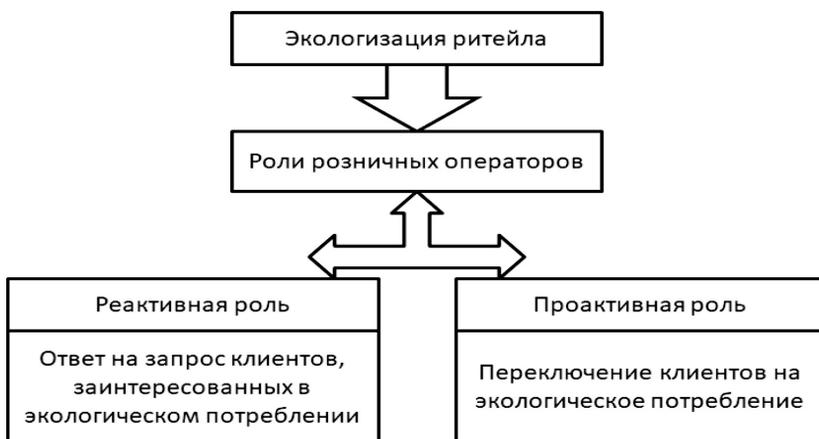


Рис. 1. Роли розничных операторов при экологизации потребления.

Эти роли присутствуют во всех направлениях экологизации, представленных в табл. 2, однако наиболее ярко проактивная роль ритейлера выражена в экологизации потребления. В случае товарной экологизации и экологизации среды потребления ритейлер не переключает потребителя на экологическое потребление – он лишь дает ему возможность приобрести экотовары и товары для здорового образа жизни. Разумеется, помимо клиентов, изначально стремящихся приобретать такие товары, у магазина появятся и те покупатели, которые изначально не приобретали данные товары, однако потенциально интересуются их покупкой – хотя бы для того, чтобы попробовать что-то новое. Иными словами, магазин лишь заинтересовывает клиента новыми возможностями потребления (именно этим ограничивается проактивная составляющая его деятельности).

Напротив, в ситуации экологизации потребления речь идет о смене потребительских привычек, и магазин играет активную роль, создавая для клиентов систему стимулов для их переключения на новую модель потребления.

Заключение

Подводя итог, стоит отметить, что ритейлеры в России пока только начинают уделять повышенное внимание здоровью посетителей и заботе об окружающей среде. Такое запаздывание в освоении экологических инноваций, однако, позволяет им воспользоваться зарубежным опытом экологизации ритейла [6, 8, 9, 18, 19, 20].

Компаниям розничной торговли в современных условиях необходимо не ограничиваться точечными экологическими решениями, а разрабатывать полноценную стратегию экологизации своей деятельности. Для этого компаниям необходимо определить:

- какому именно направлению экологизации компания будет уделять приоритетное значение (табл. 2);
- какова будет глубина экологизации (уровни экологизации для товарной экологизации предложены нами в табл. 1) по выбранному направлению экологизации;
- какую роль (реактивную или проактивную) предприятия предполагает играть (или, точнее, какую именно комбинацию этих ролей оно будет использовать);
- каким именно инструментам экологизации компания будет применять для реализации выбранной стратегии.

Отметим, что предприятиям розничной торговли необходимо также избегать псевдоэкологических решений, нацеленных только на создание

положительного имиджа, так как истинная забота о природе окажет более сильное влияние на имидж компании, хоть и потребует больших затрат [20, 28].

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований мы можем указать на выявление уровней экологизации для таких направлений экологизации, как экологизация среды потребления и экологизация потребления, а также на определение инструментов экологизации, которая компания может использовать в своей деятельности.

Список литературы

1. Бахарев В.В., Митяшин Г.Ю. Тенденции развития ритейла в России // Экономический вектор. 2020. № 3 (22). С. 54-60.
2. Панкова Н.В., Богатырева С.В. Глобальный рынок розничной торговли: основные тренды, адаптационные технологии бизнеса // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2017. № 4. С. 53.
3. Бахарев В.В., Соловьева В.Г. Интернет торговля – инновационная форма развития торговли // «Неделя науки СПбПУ»: материалы научной конференции с международным участием. СПбПУ Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2016. С. 232-235.
4. Красюк И.А. Инновации в торговле как инструмент повышения потребительской лояльности // Наука и инновации в современных условиях: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (18 декабря 2016 г., г. Екатеринбург). В 5 ч. 1. Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. С. 178–182.
5. Bozhuk S., Kozlova N., Krasnostavskaja N., Maslova T. Transformation of mechanism of sales and services promotion in digital environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 12-14.
6. Как ритейлеры заботятся об окружающей среде // www.dp.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.dp.ru/a/2019/11/25/Retejl_zeleneet (дата обращения: 06.09.2020).
7. Митяшин Г. Ю. Тенденция экологизации в ритейле // Социально-экономические и гуманитарные науки: Сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции. 2020. С. 74-75.
8. Kumar P. (2014) Greening retail: an Indian experience // International Journal of Retail & Distribution Management, vol. 42, no. 7, pp. 613-625.
9. Chen T.B., Chai L.T. Attitude towards the environment and green products: Consumers' perspective // Management Science and Engineering, 2010, no. 4(2), pp. 27–39.

10. Суворова С.Д. Характеристика профиля современного потребителя // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 2. С. 415-422.
11. Козлова Н.А., Головкина С.И., Кушнирук А.П. Актуальные направления и перспективы развития концепции “eco-friendly” на рынке продовольственных товаров в современных условиях // Вестник Национальной академии туризма. 2017. № 2 (42). С. 82-85.
12. Котляров И. Д. Тенденции эволюции электронной коммерции // Интернет-маркетинг. 2012. № 4. С. 252-258.
13. Митяшин Г.Ю. Почему ритейлеры отказываются от гипермаркетов? // Теоретические и прикладные вопросы экономики, управления и образования: Сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 258-261.
14. Kapustina I., Pereverzeva T., Stepanova T. Convergence of institutes of retail traditional and digital economy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. pp. 012120, DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012120.
15. Krasuyk I., Medvedeva Y., Baharev V., Chargaziya G. Evolution of strategies of retail and technological systems under broad digitalization conditions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. pp. 012124, DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012124.
16. Borkova E., Plotnikov V., Vatlina L., Shakhnovich R. Green Investments and Environmental Management: Russia’s Experience // Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management, 2019. pp. 7394-7401.
17. Vertakova Y.V., Plotnikov V.A. Assessment of the economic activity greening level and the green economy development directions // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 392, 2019. pp. 01207.
18. Petljak K., Zulauf K., Štulec I., Seuring S. and Wagner R. Green supply chain management in food retailing: survey-based evidence in Croatia // Supply Chain Management, 2018, vol. 23, no. 1, pp. 1-15.
19. Hallorana A., Clementc J., Kornumc N., Bucatariud C., Magid J. Addressing food waste reduction in Denmark // Food Policy, 2014, vol. 49, p. 1, pp. 294-301.
20. Dabija D.C., Pop C.M. Green marketing – Factor of competitiveness in retailing // Environmental Engineering and Management Journal, 2013, no. 12(2), pp. 393–400
21. Котляров И. Д. Четырехуровневая модель конкуренции // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2017. № 4. С. 244-254.

22. Куликова О.М., Суворова С.Д. Влияние цифрового и социального маркетинга на поведение потребителей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2020. № 2. С. 31-35.
23. «Магнит»: как выглядит первый суперстор // www.retail.ru [Электронный ресурс] URL: <https://www.retail.ru/photoreports/magnit-kak-vyglyadit-pervyy-superstor/> (дата обращения 06.09.2020).
24. Садова О.С., Бахарев В.В. Анализ современных форматов розничной торговли: продуктовые сети // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. В 3-х частях. 2019. С. 205-207.
25. Микромаркет от «Вкусвилл» // vkusvill.ru [Электронный ресурс] URL: <https://vkusvill.ru/news/mikromarket-ot-vkusvill5.html> (дата обращения: 06.09.2020).
26. Пирогова О.Е., Емельянов А.Н. Экономическое обоснование создания системы утилизации отходов для предприятий сферы услуг // Международный научный журнал. 2019. № 3. С. 28-33.
27. Котляров И.Д. Возможная маркетинговая инновация: организация, нормирование и компенсация потребительской активности // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2017. №2. С. 100-107.
28. Красюк, И.А. Формирование потребительской лояльности бренду как фактор рыночного развития компаний: монография / И.А. Красюк, М.Г. Магомедов, Т.С. Степченко. Ростов н/Д.: ДГТУ, 2013. 124 с.

References

1. Bakharev V.V., Mityashin G.Yu. Tendencii razvitiya ritejla v Rossii [Retail development trends in Russia]. *Economic vector*, 2020, no 3 (22), pp. 54-60.
2. Pankova N.V., Bogatyreva S.V. Global'nyj rynek roznichnoj trgovli: osnovnye trendy, adaptacionnye tekhnologii biznesa [Global retail market: main trends, business adaptation technologies]. *Management of economic systems: electronic scientific journal*, 2017, no. 4, pp. 53.
3. Bakharev V.V., Solov'eva V.G. Internet trgovlya – innovacionnaya forma razvitiya trgovli [Internet trade – an innovative form of trade development]. *«Nedelya nauki SPbPU»: materialy nauchnoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [SPbPU Science Week: proceedings of a scientific conference with international participation. Peter the Great SPbPU, Institute of Industrial Management, Economics and Trade], 2016. pp. 232-235.
4. Krasjuk I.A. Innovacii v trgovle kak instrument povysheniya potrebitel'skoj lojal'nosti [Innovations in trade as a tool for increasing consumer loyalty]. *Nau-*

- ka i innovacii v sovremennyh usloviyah: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (18 dekabrya 2016 g., g. Ekaterinburg)* [Science and innovations in modern conditions: collection of articles. Art. Int. scientific-practical conf. (December 18, 2016, Yekaterinburg)]. Ufa: MCII OMEGA SAJNS, 2016. pp. 178–182.
5. Bozhuk S., Kozlova N., Krasnostavskaja N., Maslova T. Transformation of mechanism of sales and services promotion in digital environment. *In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. pp. 12-14.
 6. Kak ritejlery zabotyatsya ob okruzhayushchej srede [how retailers care about the environment], www.dp.ru [Electronic resource] URL: https://www.dp.ru/a/2019/11/25/Ritejl_zeleneet (accessed: 06.09.2020).
 7. Mityashin G. Yu. Tendenciya ekologizacii v ritejle [The trend of greening in retail sector]. *Social'no-ekonomicheskie i gumanitarnye nauki. Sbornik izbrannyh statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Socio-economic and humanitarian sciences: Collection of selected articles based on the materials of the International scientific conference], 2020. pp. 74-75.
 8. Kumar P. Greening retail: an Indian experience. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 2014, vol. 42, no. 7, pp. 613-625.
 9. Chen T.B., Chai L.T. Attitude towards the environment and green products: Consumers' perspective. *Management Science and Engineering*, 2010, no. 4(2), pp. 27–39.
 10. Suvorova S.D. Harakteristika profilya sovremennogo potrebitelya [Characteristics of the profile of the modern consumer]. *Innovative economy: prospects for development and improvement*, 2019, no. 2, pp. 415-422.
 11. Kozlova N.A., Golovkina S.I., Kushniruk A.P. *Vestnik Natsional'noy akademii turizma* [Bulletin of the National Academy of tourism], 2017, no. 2 (42). pp. 82-85.
 12. Kotliarov I.D. Tendencii evolyucii elektronnoj kommercii [Trends in the evolution of e-Commerce]. *Internet marketing*, 2012, no. 4, pp. 252-258.
 13. Mityashin G. Yu. Pochemu ritejlery otkazyvayutsya ot gipermarketov? [Why do retailers refuse hypermarkets?]. *Teoreticheskie i prikladnye voprosy ekonomiki, upravleniya i obrazovaniya. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Theoretical and applied issues of economics, management and education: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Penza, 2020. pp. 258-261.
 14. Kapustina I., Pereverzeva T., Stepanova T. Convergence of institutes of retail traditional and digital economy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. pp. 012120. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012120.

15. Krasnyuk I., Medvedeva Y., Baharev V., Chargaziya G. Evolution of strategies of retail and technological systems under broad digitalization conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. pp. 012124. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012124.
16. Borkova E., Plotnikov V., Vatlina L., Shakhnovich R. Green Investments and Environmental Management: Russia's Experience. *Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management*, 2019. pp. 7394-7401.
17. Vertakova Y.V., Plotnikov V.A. Assessment of the economic activity greening level and the green economy development directions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 392, 2019. pp. 01207.
18. Petljak K., Zulauf K., Štulec I., Seuring S. and Wagner R. Green supply chain management in food retailing: survey-based evidence in Croatia. *Supply Chain Management*, 2018, vol. 23, no. 1, pp. 1-15.
19. Hallorana A., Clemente J., Kornumc N., Bucatariud C., Magid J. Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 2014, vol. 49, p. 1, pp. 294-301.
20. Dabija D.C., Pop C.M. Green marketing – Factor of competitiveness in retailing. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2013, no. 12(2), pp. 393–400.
21. Kotliarov I.D. CHetyrekhurovnevaya model' konkurencii [Four-Level model of competition]. *Marketing i marketingovye issledovaniya* [Marketing and marketing research], 2017, no. 4, pp. 244-254.
22. Kulikova O.M., Suvorova S.D. Vliyanie cifrovogo i social'nogo marketinga na povedenie potrebitelej [Influence of digital and social marketing on consumer behavior]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo* [Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and law], 2020, no. 2, pp. 31-35.
23. «Magnit»: kak vyglyadit pervyy superstor ["Magnit": how the first superstore looks like], www.retail.ru [Electronic resource]. URL: <https://www.retail.ru/photoreports/magnit-kak-vyglyadit-pervyy-superstor/> (accessed 06.09.2020).
24. Sadova O.S., Baharev V.V. Analiz sovremennyh formatov roznichnoj trgovli: produktovye seti [Analysis of modern retail formats: grocery chains]. *Nedelya nauki SPbPU. Materialy nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Institut promyshlennogo menedzhmenta, ekonomiki i trgovli. V 3-h chastyah* [SPbPU Science Week. Materials of a scientific conference with international participation. Institute of Industrial Management, Economics and Trade. In 3 parts], 2019. pp. 205-207.
25. *Mikromarket ot «Vkusvill»* [Micromarket from “Vkusvill”], vkusvill.ru [Electronic resource]. URL: <https://vkusvill.ru/news/mikromarket-ot-vkusvill5.html> (accessed: 06.09.2020).

26. Pirogova O.E., Emel'yanov A.N. Ekonomicheskoe obosnovanie sozdaniya sistemy utilizacii othodov dlya predpriyatij sfery uslug [Economic justification for creating a waste disposal system for service sector enterprises]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal* [International scientific journal], 2019, no. 3, pp. 28-33.
27. Kotliarov I.D. Vozmozhnaya marketingovaya innovaciya: organizaciya, normirovanie i kompensaciya potrebitel'skoj aktivnosti [Possible marketing innovation: organization, rationing and compensation of consumer activity]. *Marketing i marketingovye issledovaniya* [Marketing and marketing research], 2017, no. 2, pp. 100-107.
28. Krasnyuk I.A., Magomedov M.G., Stepchenko T.S. *Formirovanie potrebitel'skoj loyal'nosti brendu kak faktor rynochnogo razvitiya kompanij : monografiya* [Formation of consumer brand loyalty as a factor in the market development of companies: monograph]. Rostov n/D.: DGTU, 2013. 124 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Бахарев Владимир Васильевич, к.э.н., доцент, руководитель ООП «Торговое дело»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 194064, Российская Федерация
v50226@mail.ru

Капустина Ирина Васильевна, к.э.н., доцент, директор Высшей школы сервиса и торговли

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 194064, Российская Федерация
ivk65@list.ru

Митяшин Глеб Юрьевич, бакалавр направления «Торговое дело»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 194064, Российская Федерация
gleb.mityashin@yandex.ru

Катрашова Юлия Валентиновна, бакалавр направления “государственное и муниципальное управление”

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 194064, Российская Федерация
ul.katrashova@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Bakharev Vladimir Vasil’evich, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor
Head of the Educational Program “Commerce”

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 194064, Russian Federation

v50226@mail.ru

SPIN-code: 2199-2227

Kapustina Irina Vasil’evna, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor, Director of the Higher school of service and trade

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 194064, Russian Federation

ivk65@list.ru

SPIN-code: 1672-5518

Mityashin Gleb Yurievich, Bachelor of “Trade”

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 194064, Russian Federation

gleb.mityashin@yandex.ru

SPIN-code: 9998-8553

Katrashova Yuliya Valentinovna, Bachelor of “Public administration”

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 194064, Russian Federation

ul.katrashova@gmail.com

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-97-112

УДК 612.42

ВЛИЯНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО СТРЕССА НА АМПЛИТУДУ ВОЛН ЭЭГ В ТЕМЕННОЙ ДОЛЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА БИОЛОГИИ-ХИМИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Рустамова Т.В.

Во время эмоционального напряжения основным показателем функционального состояния ЦНС является изменение амплитудно-частотной характеристики ЭЭГ. В связи с этим, выявление некоторых аспектов нейрофизиологических механизмов формирования этих состояний во время экзаменационного процесса представляет значительный интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Кроме этого, важно изучение возрастных особенностей данных изменений и интеграционной реактивности ЭЭГ-коррелятив периоды эмоционального напряжения и изменения физиологических функций.

Цель. Сравнительное изучение возрастных закономерностей динамики амплитуды альфа-, бета-, дельта- и тета-волн ЭЭГ, характеризующих электрическую активность теменной доли головного мозга, во время эмоционального напряжения в условиях экзаменационного стресса у студентов I-го и V-го курса факультета биологии-химии с различными типами темперамента.

Материалы и методы. Исследования проводились за 2 месяца до экзаменов в обычные дни (ОД), за 30 мин до экзамена (ДЭ) и через 30 мин после экзамена (ПЭ). Перед началом исследования у студентов определялся тип темперамента нервной системы по тестам Г. Айзенка. Ситуативная тревожность и индивидуальное тревожное состояние определялось в трех разных ситуациях по Д.Д. Спилбергу с помощью экспресс-версии тест-анкет. Электрофизиологические исследования включали проведение ЭЭГ коры теменной доли мозга (Р правой и левой) в течении 10-12 минут. Результаты. Установлено, что в зависимости от темперамента нервной системы у студентов I-го и V-го курса имеется статистически достоверная разница

в показателях электрической активности мозга. Кроме того, существует статистически достоверная разница между группами. У студентов с меланхолическим типом в том же возрасте при сравнении периодов ОД, ДЭ и ПЭ выявлены статистически достоверные различия в показателях ЭЭГ. У 17-летних студентов меланхолического типа в периоды ДЭ и ПЭ, в каждой из парных (левой и правой) теменных долей головного мозга от воздействия эмоциональной напряженности тревожной ситуации амплитуда ЭЭГ дельта-, тета- и альфа-волн в I семестре изменяется по нарастающей. Однако у тех же студентов бета-волны изменяются двухфазно. Во время экзаменационного процесса от воздействия эмоционального напряжения у студентов меланхолического типа в левой и правой теменных долях головного мозга в ритме амплитуды волн ЭЭГ резких отклонений не происходит. В экзаменационной ситуации у студентов V-го курсов отличие от студентов I-го курса нейрофизиологический коррелят эмоционального напряжения в зависимости от изменений активности в разных участках долей головного мозга между разными группами не различается.

Заключение. В зависимости от силы, подвижности и стабильности нервной системы изменение ритмов амплитуды волн ЭЭГ головного мозга в период ДЭ и после имеет различный характер. В амплитуде большинства волн в период ПЭ наблюдается частичное снижение.

Ключевые слова: эмоция; ситуативная тревожность; теменная доля головного мозга; центральная нервная система.

INFLUENCE OF EXAMINATION STRESS ON EEG AMPLITUDE IN THE CEREBRAL SPHERE OF THE BRAIN OF STUDENTS OF THE FACULTY OF BIOLOGY-CHEMISTRY WITH DIFFERENT INDIVIDUAL TYPOLOGICAL FEATURES

Rustamova T.V.

During emotional stress, the main indicator of the functional state of the central nervous system is the change in the amplitude-frequency characteristics of the EEG. In this regard, some aspects of the neurophysiological mechanisms of the formation of this situation during the exam, from the point of view of both theoretical and applied nature, are of great interest. In addition, the age-related aspects of these changes and EEG correlates during the emotional situation of

various physiological functions and the study of their integration reactivity is of great importance.

Purpose. *Research comparative study of age-related patterns of changes in dynamics during the emotional stress of the examination process EEG-amplitude of electrical activity of alpha, beta, delta and theta waves in the parietal lobe of the brain in 1st and 5th year students of the Faculty of Biology and Chemistry with different types of temperament.*

Materials and methods. *The studies were carried out 2 months before exams on ordinary days (ND), 30 minutes before the exam (BE) and 30 minutes after the exam (AE). Before the start of the study, the type of temperament of the nervous system was determined in students according to the tests of G. Aysenck. Situational anxiety and individual anxiety was determined in three different situations according to D.D. Spielberg using the express version of the test questionnaires. In electrophysiological studies, an EEG of the cerebral cortex of the parietal lobe (P right and left) was carried out for 10-12 minutes.*

Results: *It was found that, depending on the temperament of the nervous system in 1st and 5th year students, there is a significant difference between different types in the electrical activity of the brain. In addition, there is a reliable difference between groups in terms of statistics. In contrast, at the same age, when comparing the periods of ND, BE and AE in the melancholic type, statistical reliability was obtained. In 17-year-old students of the melancholic type in the period of BE and AE, in each of the paired (left and right) parietal lobes of the brain, the amplitude of the EEG delta, theta and alpha waves of the first semester changes along an increasing line due to the influence of emotional tension in an anxious situation. However, for the same students, beta waves change in two phases. During the examination process, there are no sharp deviations in the rhythm of the amplitude of the EEG waves in the left and right parietal lobes of the brain in the left and right parietal lobes of the melancholic type from the influence of emotional stress. In the examination situation in 5th year students, the neurophysiological correlator of emotional stress depending on changes in activity in different in the lobes of the brain, in contrast to 1st year students, there are no changes in the same indicators between different groups.*

Conclusion: *Depending on the strength, mobility and stability of the nervous system, changes in the rhythms of the amplitude of the EEG brain waves during the DE period and after have a different character. In the amplitude of most PE waves, partial decreases are observed.*

Keywords: *emotion; situational anxiety; parietal lobes of the brain; central nervous system.*

Введение

В процессе учебной деятельности студентов экзаменационная ситуация является важным социальным фактором, формирует мотивационную деятельность и создает выраженную эмоциональную напряженность [3, 16]. В современном мире на разных курсах высших учебных заведений интенсификация учебной программы и резкое изменение содержания и формы экзаменационного процесса вызывают изменения в высшей нервной деятельности, связанные с новыми требованиями, что обуславливает также изменения ряда физиологических функций и их интеграции и приводит к возникновению эмоционального стресса.

Ряд исследователей увеличение частоты нервных расстройств у подростков и молодежи связывают в первую очередь с воздействием негативных психосоциальных факторов и нервным напряжением от интенсификации учебной программы [2, 7, 14]. С этой точки зрения экзаменационный стресс является основным фактором, создающим психофизиологическое напряжение [8, 10, 11, 12, 16, 19].

Экзаменационный стресс, сопровождаемый появлением комплекса психофизиологических изменений, оказывает резкое воздействие на жизнедеятельность, образование, трудовую и спортивную деятельность и т.д. Так, развивающийся у студентов перед экзаменом «синдром ожидания», способствующий возникновению психофизиологического стресса, наряду с тем, что является причиной увеличения тревожной ситуации [11, 16, 19], способствует также нарушениям адаптации к стрессовым условиям в результате ослабления регуляции вегетативно-гормонального функционирования и работы других систем организма [2, 5, 12, 16, 18]. Во время эмоционального напряжения основным показателем функционального состояния ЦНС является изменение амплитудно-частотной характеристики ЭЭГ [13, 14, 15, 17]. В связи с этим, выявление некоторых аспектов нейрофизиологических механизмов формирования этих состояний во время экзаменационного процесса представляет значительный интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения [2, 4, 6, 8, 10, 11]. Кроме этого, важно изучение возрастных особенностей данных изменений и интеграционной реактивности ЭЭГ-коррелят в периоды эмоционального напряжения и изменения физиологических функций [2, 7, 9, 15].

Целью настоящего исследования явилось сравнительное изучение возрастных закономерностей динамики амплитуды альфа-, бета-, дельта- и тета- волн ЭЭГ, характеризующих электрическую активность теменной доли головного мозга, во время эмоционального напряжения в условиях экзаменационного стресса у студентов I-го и V-го курса факультета биологии-химии с различными типами темперамента.

Материалы и методы

Исследование проведено на факультете биологии-химии Гянджинского Государственного Университета. К исследованию на добровольной основе были привлечены обучающиеся по методике курикулумана получение степени бакалавра практически здоровые студенты 17-ти лет и 21-го года ($n=68$). 32 студента были в возрасте 17 лет, 36 студентов – в возрасте 21 года. Исследования проводились в трех группах на протяжении учебного процесса (за 2 месяца до экзаменов), за 30 минут до экзаменов и спустя 30 минут после экзаменов. Перед началом исследования у студентов определялся тип темперамента нервной системы по тестам Г. Айзенка [1]. Ситуативная тревожность и индивидуальное тревожное состояние определялось в трех разных ситуациях: обычный день (ОД), перед экзаменом (ДЭ) и после экзамена (ПЭ) по Д.Д Спилбергу [20] с помощью экспресс версии тест-анкет. Среди нейрофизиологических методов определения степени тревожности головного мозга, одно из важных мест занимает запись электрической активности мозга -электроэнцефалография (ЭЭГ). Электрофизиологические исследования осуществлялись в 6 монополярных отведениях с активными электродами, расположенными по международной системе «10-20»: регистрировалась ЭЭГ коры теменной доли мозга (Р правой и левой) в течении 10-12 минут в трех ситуациях (ОД, ДЭ и ПЭ), референтный электрод размещался на ипсилатеральной части мочки уха. Регистрация проводилась с помощью аппарат-комплекса набора электродов «Нейрон-спектр 16А» («Neurosoft» ММС, Иваново), полученные ЭЭГ-волны посредством метода Фурье (скоростной обмен) подвергались амплитудно-спектральному анализу. В каждом отведении для каждого диапазона амплитуды ритма (дельта, тета, альфа, бета) вычислялись процентный показатель и показатели спектральной силы, сила спектра для диапазона амплитуд (согласно показаниям Нейрософта). Время анализа – 8 секунд. С учетом количества обследованных статистическая обработка проводилась непараметрическими методами с помощью программы SPSS (Statistical Package for Social Science). В то же время, учитывая необходимость измерения состояния тревожности в трех различных состояниях и сравнение в трех формах (сравнение между двумя группами, между несколькими группами, внутри группы), для парных выборок использовался критерий Wilcoxon, между двумя независимыми выборками – критерий Mann-Whitney и для сравнения между двумя разными выборками использовался критерий ANOVA – F. Все цифровые данные, полученные в ходе исследования, были подвергнуты статистической обработке с учетом современных рекомендаций. Расчеты проведены в электронной таблице EXCEL.

Результаты

Было установлено, что среди 17-летних первокурсников распределение по типам темперамента нервной системы было следующим: 4 флегматика, 10 холериков, 10 сангвиников и 8 меланхоликов. Среди 21-летних V-курсников было 5 флегматиков, 13 холериков, 11 сангвиников и 7 меланхоликов. В первом варианте проведенного исследования у 17-летних студентов I курса изучены происходящие под действием эмоционального напряжения экзаменационного процесса изменения в амплитуде волн ЭЭГ теменных долей головного мозга. Данные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительный анализ амплитудных показателей волн ЭЭГ левого и правого участка теменной доли головного мозга по различным параметрам у 17-летних студентов меланхолического типа по сравнению с другими типами

| Р | | Обычный день | | | | До экзамена | | | | После экзамена | | | |
|------------|------------------|--------------|--------------|-------|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Дельта | Тета | Альфа | Бета | Дельта | Тета | Альфа | Бета | Дельта | Тета | Альфа | Бета |
| Р левая | М | 184,0 | 134,5 | 74,3 | 60,1 | 234,9 | 159,8 | 82,5 | 21,0 | 242,3 | 172,4 | 122,5 | 55,5 |
| | ± m | 32,0 | 15,2 | 4,3 | 9,0 | 24,7 | 9,2 | 15,8 | 3,5 | 17,4 | 4,1 | 21,2 | 12,5 |
| | min | 75 | 63 | 58 | 22 | 70 | 100 | 52 | 11 | 150 | 156 | 61 | 20 |
| | max | 265 | 170 | 90 | 90 | 278 | 190 | 190 | 40 | 285 | 190 | 195 | 99 |
| | род | | | | | 0,141 | 0,091 | 0,310 | 0,017 | 0,051 | 0,025 | 0,128 | 0,944 |
| | рдэ | | | | | | | | | 0,889 | 0,183 | 0,161 | 0,036 |
| | pf | 0,670 | 0,932 | 0,061 | 0,104 | 0,171 | 0,234 | 0,017 | 0,308 | 0,392 | 0,012 | 1,000 | 0,932 |
| | рх | 0,119 | 0,010 | 0,395 | 0,328 | 0,964 | 0,721 | 0,065 | 0,082 | 0,858 | 0,789 | 0,859 | 0,475 |
| | ps | 0,789 | 0,150 | 0,929 | 0,054 | 0,100 | 0,054 | 0,109 | 0,032 | 0,081 | 0,003 | 0,561 | 0,266 |
| | Р пра- вая | М | 183,8 | 133,4 | 71,1 | 32,9 | 226,0 | 158,0 | 71,8 | 21,1 | 237,6 | 170,4 | 77,0 |
| ± m | | 33,3 | 17,6 | 2,7 | 8,9 | 24,2 | 10,3 | 5,3 | 3,3 | 20,2 | 5,7 | 6,1 | 6,2 |
| min | | 70 | 50 | 64 | 12 | 65 | 95 | 56 | 12 | 130 | 145 | 52 | 14 |
| max | | 269 | 179 | 80 | 80 | 265 | 198 | 100 | 39 | 289 | 194 | 95 | 69 |
| род | | | | | | 0,237 | 0,128 | 0,624 | 0,203 | 0,051 | 0,050 | 0,441 | 0,889 |
| рдэ | | | | | | | | | | 0,889 | 0,183 | 0,161 | 0,036 |
| pf | | 0,495 | 0,932 | 0,228 | 0,305 | 0,341 | 1,000 | 0,033 | 0,497 | 0,147 | 0,017 | 0,050 | 0,060 |
| рх | | 0,197 | 0,036 | 0,211 | 0,306 | 0,195 | 0,657 | 0,037 | 0,075 | 0,824 | 0,722 | 0,964 | 0,532 |
| ps | | 1,000 | 0,534 | 0,928 | 0,533 | 0,153 | 0,049 | 0,247 | 0,109 | 0,351 | 0,037 | 0,398 | 0,130 |

Примечание: Статистическая достоверность между показателями:

род – в той же группе с показателями обычного дня (парное – по критерию Wilcoxon);

рдэ – в той же группе с показателями перед экзаменами (парное – по критерию Wilcoxon);

pf – с показателями группы флегматиков (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

рх – с показателями группы холериков (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

ps – с показателями группы сангвиников (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

Как видно из таблицы, у 17-летних студентов в сравнении с ОД период ДЭ в левой части теменной доли головного мозга амплитуда волн ЭЭГ была выше на 27,7%, а в период ПЭ амплитуда волн ЭЭГ увеличилась еще больше – на 31,7% ($P < 0,01$). Однако, это увеличение в амплитуде по сравнению с ДЭ составило всего 4%. Аналогичные закономерности наблюдались в амплитуде волн ЭЭГ и в правой части теменной доли головного мозга. Так, если в сравнении с ОД амплитуда дельта-волн ДЭ увеличилась на 23,0%, то в период ПЭ этот показатель увеличился еще значительней -29,3% ($P < 0,01$). Тем не менее, увеличение в амплитуде по сравнению с ДЭ составило всего 6,3%. Как можно заметить, у 17-летних студентов в обеих частях теменной доли головного мозга под воздействием тревожной ситуации эмоционального напряжения в период ДЭ и ПЭ амплитуда дельта-волн ЭЭГ резко увеличивается, однако это увеличение более существенно в период ПЭ (таб.1). Эти результаты показывают, что во время экзаменов в каждой из двух частей теменной доли головного мозга изменение амплитуды дельта-волн ЭЭГ у 17-летних студентов в течение I семестра происходит по нарастающей линии. В режиме ожидания результатов ПЭ на амплитуду дельта-волн тревожная ситуация воздействует еще резче.

У молодых людей того же возраста повышение амплитуды тета-волн ЭЭГ левого участка теменной доли при ДЭ в сравнении с ОД составило 18,8%. Это различие в период ПЭ было еще более заметным и по сравнению с ОД было выше на 28,2% (таб. 1). В течении экзаменационного процесса разница составила 9,4%. В соответствии со всем этим у студентов наблюдается повышение амплитуды тета-волн ЭЭГ в правой части теменной доли головного мозга. Так, во время каждого из двух периодов экзаменационного процесса амплитуда тета-волн ЭЭГ по сравнению с ОД повышалась на 18,4-27,7%, соответственно ($P < 0,01$) (таб.1).

Особо надо отметить, что несмотря на значительно более низкие абсолютные значения амплитуды тета-волн ЭЭГ в сравнении с абсолютным значением дельта-волн, относительные изменения имеют сходный характер (таб.1).

У 17-летних студентов амплитуда альфа-волн ЭЭГ левой теменной доли головного мозга в период ОД, составляющая $74,3 \pm 4,3$ единицы, в период ДЭ, увеличившись на 10%, стала равной $82,5 \pm 15,8$ единицы. Этот уровень в период ПЭ по сравнению с ОД, увеличился на 64,8 % и составил $122,5 \pm 21,2$ единиц (таб.1).

Амплитуда альфа-волн ЭЭГ правого участка теменной доли головного мозга в период ОД была $71,1 \pm 2,7$ единиц, в период ДЭ эта величина равнялась $71,8 \pm 5,3$ единиц, а в период ПЭ – $77 \pm 6,1$ единиц. Если амплитуда альфа-волн ЭЭГ правой теменной доли головного мозга в период ДЭ не изменялась, то в период ПЭ отмечались незначительные отклонения (увеличение на 8,3%).

У студентов этого возраста амплитуда бета-волн ЭЭГ левого участка теменной доли головного мозга по сравнению с ОД в период ДЭ резко снизилась (примерно в 3 раза, $P < 0,01$).

Однако несмотря на то, что это снижение в период ПЭ приближалось к уровню ОД, оно все еще было выше уровня ДЭ более, чем в 2 раза (таб.1). Абсолютный показатель амплитуды бета-волн ЭЭГ правого участка теменной доли головного мозга по сравнению с левой долей была ниже и равнялась $32,9 \pm 8,9$ в период ОД, $21,1 \pm 3,3$ в период ДЭ и $27,3 \pm 6,2$ в период ПЭ.

Эти результаты показывают, что у студентов I-го курса в период экзаменационного процесса изменения амплитуды бета-волн ЭЭГ в каждом из двух участков теменной доли головного мозга носят волнообразный характер. Усиление волнения в период ДЭ и напряженность, связанная с ожиданием результата экзамена, оказывая резкое воздействие на амплитуду данных волн, приводит к их снижению. Однако это снижение в период ПЭ приближается к уровню ОД.

В очередном варианте проводимого исследования, изменения в амплитуде волн ЭЭГ теменной доли головного мозга, происходящие под воздействием эмоциональной напряженности экзаменационного процесса, изучались у 21-летних студентов V курса. Данные результаты представлены в таблице 2.

Установлено, что у 21-летних студентов амплитуда волн ЭЭГ левой части теменной доли в каждой из трех групп практически не изменяется. Это показывает, что эмоциональный стресс, возникающий от экзаменационного волнения у студентов-меланхоликов V-го курса, не оказывая серьезного воздействия на электрическую активность волн ЭЭГ, не демонстрирует различий при переходе от одной волны к другой.

Аналогичные закономерности обнаруживаются и у молодых людей в возрасте 21 года в амплитуде волн ЭЭГ правой части теменной доли головного мозга. Так, здесь также в каждой из трех групп амплитуда волн ЭЭГ практически не изменяется.

Таблица 2.

Сравнительный анализ амплитудных показателей ЭЭГ левого и правого участка теменной доли головного мозга по различным параметрам 21-летних студентов меланхолического типа по сравнению с другими типами

| Р левая | | Обычный день | | | | До экзамена | | | | После экзамена | | | |
|------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| | | Дельта | Тета | Альфа | Бета | Дельта | Тета | Альфа | Бета | Дельта | Тета | Альфа | Бета |
| | M | 259,4 | 165,1 | 76,4 | 18,0 | 266,0 | 169,0 | 76,4 | 16,7 | 262,3 | 166,3 | 76,3 | 18,0 |
| | ± m | 3,1 | 4,6 | 5,5 | 2,6 | 3,7 | 6,6 | 4,1 | 2,0 | 2,8 | 3,0 | 3,1 | 2,5 |
| | min | 250 | 155 | 65 | 12 | 258 | 150 | 65 | 10 | 249 | 155 | 65 | 10 |
| | max | 270 | 190 | 100 | 30 | 282 | 196 | 98 | 25 | 270 | 177 | 89 | 28 |
| | p17 | 0,182 | 0,352 | 0,826 | 0,004 | 0,684 | 0,954 | 0,562 | 0,487 | 1,000 | 0,246 | 0,147 | 0,011 |
| | род | | | | | 0,176 | 0,553 | 0,833 | 0,866 | 0,601 | 0,753 | 0,753 | 1,000 |
| | рдэ | | | | | | | | | 0,612 | 0,866 | 1,000 | 1,000 |
| | pf | 0,463 | 0,222 | 0,682 | 0,414 | 0,462 | 0,808 | 0,684 | 0,569 | 0,625 | 0,255 | 0,568 | 0,511 |
| | px | 0,779 | 0,633 | 0,634 | 0,361 | 0,661 | 0,721 | 0,251 | 0,812 | 0,552 | 0,499 | 0,283 | 1,000 |
| | ps | 0,617 | 0,238 | 0,466 | 0,338 | 0,525 | 0,319 | 0,219 | 0,276 | 0,651 | 0,341 | 0,358 | 0,133 |
| Р пра- вая | M | 264,6 | 164,7 | 78,3 | 18,1 | 268,9 | 169,7 | 77,6 | 18,0 | 265,6 | 167,6 | 76,0 | 18,7 |
| | ± m | 3,5 | 4,6 | 5,2 | 2,1 | 4,1 | 5,9 | 3,8 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 2,7 |
| | min | 254 | 150 | 63 | 11 | 256 | 158 | 63 | 10 | 255 | 156 | 63 | 11 |
| | max | 278 | 185 | 99 | 28 | 286 | 200 | 91 | 28 | 275 | 180 | 85 | 29 |
| | p17 | 0,183 | 0,487 | 0,413 | 0,385 | 0,027 | 0,562 | 0,295 | 0,416 | 0,817 | 0,602 | 0,728 | 0,202 |
| | род | | | | | 0,398 | 0,498 | 0,933 | 0,735 | 0,799 | 0,735 | 0,553 | 0,752 |
| | рдэ | | | | | | | | | 0,611 | 0,671 | 0,686 | 1,000 |
| | pf | 0,569 | 0,463 | 0,121 | 0,464 | 0,743 | 0,624 | 0,807 | 0,935 | 0,463 | 0,413 | 0,513 | 0,413 |
| px | 0,809 | 0,721 | 0,781 | 0,449 | 0,905 | 0,842 | 0,111 | 0,721 | 0,634 | 0,841 | 0,163 | 0,721 | |
| ps | 0,891 | 0,221 | 0,618 | 0,363 | 0,928 | 0,927 | 0,089 | 0,297 | 0,496 | 0,388 | 0,273 | 0,293 | |

Примечание: Статистическая достоверность между показателями:

род – в той же группе с показателями обычного дня (парное – по критерию Wilcoxon);
рдэ – в той же группе с показателями перед экзаменами (парное – по критерию Wilcoxon).

pf – с показателями группы флегматиков (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

px – с показателями группы холериков (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

ps – с показателями группы сангвиников (ранговое, по критерию Mann-Whitney);

p17 – со статистическими данными 17-летних.

Полученные результаты показывают, что эмоциональная напряженность как в период ДЭ, так и ПЭ не оказывает ни усиливающего, ни ослабляющего действия на амплитуду волн в правой части теменной доли головного мозга. Поэтому в течении каждого из двух экзаменационных процессов амплитуда волн не изменяется. Вероятнее всего, адаптационный процесс у студентов в этом возрасте уже полностью сформирован. С другой стороны, благодаря тому, что данные студенты в течении учеб-

ного процесса регулярно участвуют в экзаменационных процессах, у них ослабевают элементы ситуативного волнения, и в отличие от 17-летних действие эмоционального стресса на центральную нервную систему находится на более низком уровне. В конечном итоге, в каждой из двух теменных долей головного мозга сила амплитуды ЭЭГ волн во всех группах практически не изменяется.

У 21-летних юношей меланхолического типа в правой и левой частях теменной доли головного мозга амплитуда дельта-, тета-, альфа- и бета-волн в сравнении с соответствующими показателями других типов в течении всего исследования продемонстрировали неоднозначные различия. Такие различия хорошо заметны в амплитуде бета волн в период ПЭ ($P < 0,05$). При сравнении студентов меланхолического типа с флегматическим выяснилось, что в периоды ДЭ и ПЭ в бета-волнах левой и правой теменных долей имела место определенная разница. Аналогичная закономерность прослеживалась в бета-волнах в теменной доле головного мозга при сравнении меланхолического типа с холериками и сангвиниками в период ПЭ. Разница наблюдалась также и в альфа-волнах в периоде ДЭ. В левой теменной доле у студентов меланхолического и холерического типа разница чувствовалась в альфа- волнах в периоде ДЭ, в дельта- и альфа-волнах в периоде ПЭ. При сравнении меланхолического типа с сангвиниками в период ПЭ отмечалась разница в альфа-волнах левой теменной доли. В правой теменной доле в периодах ОД, ДЭ и ПЭ различий в волнах не наблюдалось.

Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что если в ритмах амплитуды волн ЭЭГ у 21-летних ($V_{\text{курс}}$) меланхоликов в правой и левой частях теменной доли головного мозга разница не обнаруживается, то у 17-летних студентов I-го курса в амплитуде всех волн выявляются резкие перепады. В периоды высокого эмоционального стресса ДЭ и ПЭ в обеих частях теменной доли увеличивается ритм амплитуды дельта – волн ЭЭГ [4, 5, 7, 9, 11]. Во время покоя ритм альфа-волн ЭЭГ слабо изменяется. Эта разница более заметна в период ДЭ. У всех студентов младших курсов во время ожидания результатов экзамена тревожная ситуация еще более усиливается [2, 3, 6, 11].

Поэтому в теменной доле головного мозга у меланхоликов в период ДЭ и ПЭ в связи с волнением ритм волн ЭЭГ повышается. Однако, в амплитуде бета-волн наблюдается резкое ослабление. С другой стороны, в

экзаменационной ситуации мотивы развития эмоционального напряжения у разных студентов повышаются в разной степени. Первопричина этого, в том, что студенты I-го курса впервые участвуют в экзаменах, в связи с чем у них отсутствует уверенность в достижении необходимых результатов. Фактически, экзамен будучи состоянием психоэмоционального напряжения, по-разному оказывает воздействие на функционирование организма. Возникновение эмоционального напряжения во время экзамена характеризуется как субъективное, так и объективное состояния студента. Поэтому индивидуальное состояние тревожности у первокурсников в период ДЭ варьирует в широких пределах [11]. У студентов V-го курса в экзаменационной ситуации повышение активности нейрофизиологического коррелятора эмоционального напряжения в разных долях головного мозга, в отличие от тех же показателей у студентов 1-го курса, между группами практически не изменяется [12, 13]. Перед экзаменами (ДЭ) у студентов с высокими по тесту Льюшера показателями стресса и с повышенной тревожной реактивностью по тесту Спилберга те или иные ЭЭГ ритмы в теменной доле головного мозга достоверно высокие [4, 5, 7, 8, 14]. Однако даже у таких студентов V-го курса степень адаптации к эмоциональному напряжению, возникшему во время экзаменационной ситуации, бывает высокой. В отличие от этого, у 21-летних студентов –меланхоликов амплитуда бета-волн ЭЭГ в правой и левой теменной доле головного мозга резко возрастает. У данных студентов происходит определенное ослабление формирования адаптации к эмоциональному напряжению в период экзаменов [11, 18].

Таким образом, важность проблемы, которую мы исследуем, обусловлена обострением противоречий между биопсихосоциальной сущностью человека и воздействием неудовлетворительных психосоциальных, экологических факторов, которые в последние годы все чаще приводят к нарушениям адаптации и развитию стресса. В связи с этим в исследованиях можно попытаться объяснить роль темперамента в стрессовых воздействиях путем обследования студентов разных курсов с использованием методов психофизиологического тестирования и электрофизиологических методов в условиях экзаменационного стресса, который является моделью эмоционального напряжения. Поскольку изучение системных механизмов интеграции физиологических функций в экзаменационных процессах у студентов является одной из важнейших задач современной возрастной физиологии, биомедицины в целом, реализация этих вопросов в течение образовательного процесса тесно связана с необходимостью разработки

теоретических критериев абсолютных значений физиологической нормы отклонений, отражающих тесную системную взаимосвязь функций.

Выводы

У 17-летних студентов с меланхолическим типом нервной системы в периоды ДЭ и ПЭ в обеих теменных долях головного мозга от воздействия тревожной ситуации эмоционального напряжения амплитуда дельта-, тета- и альфа-волн ЭЭГ в I семестре изменялась по нарастающей. Но у этих же студентов бета- волны изменялись двухфазно.

1. В процессе экзаменов от воздействия эмоционального напряжения у обучающихся на I и V курсах молодых людей меланхолического типа в левой и правой теменных долях головного мозга в ритме амплитуды волн ЭЭГ резких отклонений не происходит.
2. В экзаменационной ситуации у студентов V-го курса в отличие от студентов I-го курса нейрофизиологический коррелят эмоционального напряжения в зависимости от изменений активности в разных участках долей головного мозга между разными группами не различается.
3. Установлено, что в зависимости от темперамента нервной системы у студентов I-го и V-го курса в показателях электрической активности мозга есть существенная разница.
4. В зависимости от силы, подвижности и стабильности нервной системы, изменение ритмов амплитуды волн ЭЭГ в период ДЭ и после бывает различным. В амплитуде большинства волн в период ПЭ наблюдается частичное снижение.

Список литературы

1. Айзенк Г.Ю. Количество измерений личности: 16.5 или 3 критерия таксономической парадигмы // Иностранная психология, 1993, Т. 1, № 2. С. 9-24.
2. Александров А.Г., Лукьяненко П.И. Изменение уровней тревожности студентов в условиях учебной деятельности // Научное образование. Медицинские науки, 2016, №6. С. 5-14.
3. Бартош О. П., Бартош Т. П. Социально-психологический тренинг и метод биологической обратной связи как профилактика тревожности у младших школьников // Вестн. психотерапии. 2016, 58 (63). С. 35-45.
4. Березнева Е.Ю., Крысова Т.И. Взаимосвязь мотивации учебной деятельности у подростков с видами темперамента, ситуативной тревожностью и межличностными отношениями в семье // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015, №10-2. С. 357-360.

5. Глазачев О.С., Классина С.Я., Бобылева О.В. Полисенсорная ритмическая афферентация в оптимизации психофизиологического статуса человека // XXI съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова. Тезисы докладов. М., Калуга: «БЭСТ-Принт», 2010. С.144-145.
6. Двоеносов В.Г. Физиологическая характеристика адаптивных индивидуально-типологических реакций организма при действии экстремальных факторов. Дис....док.биол.наук, М., 2009. 354 с.
7. Искандерова Г.Т. Возрастная динамика психофизиологических показателей у юношей // Гигиена и санитария, 2006, №4. С.61-64 .
8. Курман О. А., Трубникова Л. В., Абдукаримов А. М. Влияние стрессового состояния на физиологические особенности учащихся во время пробного экзамена // Молодой ученый, 2018, №32. С. 22-24. URL: <https://moluch.ru/archive/218/52270/>
9. Лиля Н.Л. Особенности адаптивных воздействий студентов с разными индивидуально-типологическими характеристиками психической деятельности и вегетативной регуляции организма. Дис....канд.мед наук. Луганск, 2015. 147 с.
10. Сергеев Н. А. Влияние экзаменационного стресса на физиологические особенности организма учащихся девятого класса во время пробного экзамена по математике // Сборник исследовательских работ участников XXIII Всероссийского Конкурса юношеских исследовательских работ им. В. И. Вернадского. М., 2016. С. 46.
11. Тарасова С. Ю., Осницкий А. К. Психофизиологические и поведенческие показатели школьной тревожности // Психол. Наука и образование. 2015, Т. 20, №1. С.59-68.
12. Трошин В.Д. Стресс и стрессогенные расстройства. М.: МИА, 2007. 779 с.
13. Тумялис А.В., Коренек В.В., Махнев В.П. и др. Индивидуальная частота альфа-активности и переживание положительных и отрицательных эмоций // XXI Съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова. Тезисы докладов. М., Калуга: БЭСТ-Принт, 2010. С. 622-623.
14. Умрюхин Е. А., Джебрайлова Т.Д., Коробейникова И.И. и др. Связь результативности целенаправленной деятельности с параметрами ЭЭГ студентов в ситуации экзаменационного стресса // Психологический журнал. 2003, Т. 24, №3. С. 88-93.
15. Bazanova O.M., Aftanas L.I. Individual EEG Alpha Activity Analysis for Enhancement Neurofeedback Efficiency: Two Case Studies // Journal of Neurotherapy. 2010. Т. 14. № 3. С. 244-253.
16. Bratsas C., Papadelis C., Konstantinidis E., Pappas C. Toward Emotion Aware Computing: An Integrated Approach Using Multichannel Neurophysiological

- Recordings and Affective Visual Stimuli // IEEE transactions on information technology in biomedicine. 2010. Vol. 14, № 3. P.589–597.
17. Fingelkurts A.A., Fingelkurts A.A., Rytsala H. et al. Impaired functional connectivity at EEG alpha and theta frequency bands in major depression // Hum. Brain Mapp. 2007. Vol. 28, № 3. P.247–261.
 18. Hayden E.P., Shankman S.A., Olino Th.M. et al. Cognitive and temperamental vulnerability to depression: Longitudinal associations with regional cortical activity // Cognition & Emotion. 2008. Vol. 22, № 7. P.1415–1428.
 19. Schwarzer Ch., Buchwald P. Examination stress: measurement and coping // Anxiety, Stress & Coping: An Intern. Jour., 1477-2205, vol. 16, Issue 3, 2003, p. 247-249.
 20. Spielberger C.D., Ritterband L.M., Sydeman S.J., Reheiser E.C. Assessment of emotional states and personality traits: measuring psychological vital signs // Clinical Personality Assessment: Practical Approaches. New York: Oxford University Press, 1995, p. 42-58.

References

1. Eysenck G.Yu. *Inostrannaya psikhologiya* [Foreign Psychology], 1993, V. 1, No. 2. P. 9-24.
2. Alexandrov A.G., Lukyanenok P.I. *Nauchnoe obrazovanie. Meditsinskie nauki* [Scientific education. Medical Sciences], 2016, No. 6. P. 5-14.
3. Bartosh O.P., Bartosh T.P. *Vestnik Psikhoterapii* [Bulletin of psychotherapy]. 2016, 58 (63). P. 35-45.
4. Berezneva E.Yu., Krysova T.I. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2015, No. 10-2. P. 357-360.
5. Glazachev O.S., Klassina S.Ya., Bobyleva O.V. Polisensornaya ritmi-cheskaya af-ferezentsiya v optimizatsii psikhofiziologicheskogo statusa cheloveka [Polysensory rhythmic afferentation in the optimization of the psychophysiological status of a person]. *XXI sezd Fiziologicheskogo obshchestva im. I.P.Pavlova* [XXI Congress of the Physiological Society of the I.P. Pavlova]. Abstracts of reports. M.: Kaluga: "BEST-Print", 2010. P.144-145.
6. Dvoenosov V.G. *Fiziologicheskaya kharakteristika adaptivnykh individual'no-tipologicheskoy reaktivnoy organizma pri deystvii ekstremal'nykh faktorov* [Physiological characteristics of adaptive individual-typological reactions of the body under the action of extreme factors]. Dis. doc. Biol. Sciences, M., 2009.354 p.
7. Iskanderova G.T. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2006, №4. P.61-64.

8. Kurman O. A., Trubnikova L. V., Abdugarimov A. M. *Molodoy ucheny* [Young Scientist], 2018, No. 32. P. 22-24. URL: <https://moluch.ru/archve/218/52270/>
9. Leela N.L. *Osobennosti adaptivnykh vozdeystviy studentov s raznymi individual'no-tipologicheskimi kharakteristikami psikhicheskoy deyatel'nosti i vegetativnoy regulyatsii organizma* [Features of adaptive influences of students with different individual-typological characteristics of mental activity and autonomic regulation of the body]. Dis Candidate of Medical Sciences. Lugansk, 2015. 147 p.
10. Sergeev N.A. Vliyanie ekzamenatsionnogo stressa na fiziologicheskie osobennosti organizma uchashchikhsya devyatogo klassa vo vremya probnogo ekzamena po matematike [Influence of examination stress on the physiological characteristics of the organism of ninth grade students during a test exam in mathematics]. *Sbornik issledovatel'skikh rabot uchastnikov XXIII Vserossiyskogo Konkursa yunosheskikh issledovatel'skikh rabot im. V. I. Vernadskogo* [Collection of research papers of participants of the XXIII All-Russian Competition for youth research works named after V. V.I. Vernadsky]. M., 2016. P. 46.
11. Tarasova S. Yu., Osnitskiy A.K. *Psikhol. Nauka i obrazovanie* [Psychol. Science and education]. 2015, V. 20, No. 1. P.59-68.
12. Troshin V.D. *Stress i stressogennyye rasstroystva* [Stress and stress disorder]. M.: MIA, 2007. 779 p.
13. Tumyalis A.V., Korenek V.V., Makhnev V.P. et al. Individual'naya chastota al'fa-aktivnosti i perezhivanie polozhitel'nykh i otritsatel'nykh emotsiy [Individual frequency of alpha activity and the experience of positive and negative emotions]. *XXI Sez'd Fiziologicheskogo obshchestva im. I.P.Pavlova* [XXI Congress of the Physiological Society of I.P. Pavlova]. Abstracts of reports. M., Kaluga: BEST-Print, 2010. P. 622-623.
14. Umryukhin E. A., Dzhelbrailova T.D., Korobeynikova I.I. et al. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological journal]. 2003, V. 24, № 3. P. 88-93.
15. Bazanova O.M., Aftanas L.I. Individual EEG Alpha Activity Analysis for Enhancement Neurofeedback Efficiency: Two Case Studies. *Journal of Neurotherapy*. 2010. V. 14. № 3. P. 244-253.
16. Bratsas C., Papadelis C., Konstantinidis E., Pappas C. Toward Emotion Aware Computing: An Integrated Approach Using Multichannel Neurophysiological Recordings and Affective Visual Stimuli. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*. 2010. Vol. 14, № 3. P. 589–597.
17. Fingelkurts A.A., Fingelkurts A.A., Rytsala H. et al. Impaired functional connectivity at EEG alpha and theta frequency bands in major depression. *Hum. Brain Mapp*. 2007. Vol. 28, № 3. P. 247–261.

18. Hayden E.P., Shankman S.A., Olino Th.M. et al. Cognitive and temperamental vulnerability to depression: Longitudinal associations with regional cortical activity. *Cognition & Emotion*. 2008. Vol. 22, № 7. P. 1415–1428.
19. Schwarzer Ch., Buchwald P. Examination stress: measurement and coping. *Anxiety, Stress & Coping: An Intern. Jour.*, 1477-2205, vol. 16, Issue 3, 2003, P. 247-249.
20. Spielberger C.D., Ritterband L.M., Sydeman S.J., Reheiser E.C. Assessment of emotional states and personality traits: measuring psychological vital signs. *Clinical Personality Assessment: Practical Approaches*. New York: Oxford University Press, 1995, P. 42-58.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Рустамова Тюкязбан Вагиф кызы, доктор наук, доцент кафедры Анатомии, физиологии и зоологии
Гянджинский государственный университет
пр. Гейдара Алиева 425, г. Гянджа, AZ2001, Азербайджан
rustamovatukezban72@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Rustamova Tukazban, Dr. Sc., Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Zoology
Ganja State University
425, Heydar Aliyev ave., Ganja, AZ2001, Azerbaijan
rustamovatukezban72@mail.ru

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-113-127

UDC 577.12

**ADAPTIVE PECULARITIES
OF CHLOROPHYLL CONTENT DYNAMICS
IN PINUS SYLVESTRIS AND PICEA OBOVATA
CONIFERS UNDER VEGETATION CONDITIONS
IN THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA**

Oskorbina M.V., Korotaeva N.E., Suvorova G.G.

One of the most important factors in the study of photosynthesis is the state of the pigment Fund of the photosynthetic apparatus. Under different climatic and natural conditions, photosynthetic activity will tend to the maximum values. In the conditions of the South of Eastern Siberia, coniferous stands are most widespread, the stability and biological productivity of which directly depends on the realization of photosynthetic potential during the growing season.

*The study presents the analysis of the dynamics of the content of photosynthetic apparatus pigments of common pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) at optimal moisture and unfavorable soil humidity during vegetation season. The material was selected at the experimental site located on the outskirts of Irkutsk (the territory of SIFIBR SB RAS).*

The content of chlorophyll a and b in needles was determined using the SF 56 spectrophotometer in an extract with acetone during the vegetation periods under study. Photosynthetic uptake of carbon dioxide by needled shoots of the pine and spruce of the second year of lifespan was recorded by a multi-channel unit mounted on the basis of the IK gas analyzer "Infralyt-4". Two types of coniferous photosynthesis strategies are shown under different humidification conditions. It was found that under different conditions of soil moisture during the growing season in coniferous trees, the dynamics of chlorophyll content in light-harvesting complexes of photosystem II has several periods of increase.

Keywords: *chlorophyll; light-harvesting complexes; photosynthetic apparatus; photosynthesis; adaptation; climatic factors; coniferous trees.*

АДАПТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* И *PICEA OBOVATA* В УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИИ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Оскорбина М.В., Кортаева Н.Е., Суворова Г.Г.

Одним из важнейших факторов при изучении процесса фотосинтеза является состояние пигментного фонда фотосинтетического аппарата. При разных климатических и природных условиях фотосинтетическая активность будет стремиться к максимальным значениям. В условиях Юга Восточной Сибири наибольшее распространение имеют хвойные древостои, устойчивость и биологическая продуктивность которых напрямую зависит от реализации фотосинтетического потенциала в период вегетации. Материал отбирался на экспериментальном участке, заложенном на окраине г. Иркутска (территория СИФИБР СО РАН). Содержание хлорофилла *a* и *b* в хвое определяли с помощью спектрофотометра СФ 56 (ЛОМО, Россия) в вытяжке с ацетоном в течение исследуемых вегетационных периодов. Фотосинтетическое поглощение углекислого газа охвоенными побегами второго года жизни сосны и ели регистрировали многоканальной установкой, смонтированной на основе ИК-газоанализатора «Infracyt-4». В исследовании представлен анализ динамики содержания пигментов фотосинтетического аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в условиях оптимального увлажнения и неблагоприятного по уровню почвенной влажности периода вегетации. Показаны два типа стратегии фотосинтеза хвойных при различных условиях увлажнения. Установлено, что при различных условиях почвенного увлажнения периода вегетации у хвойных динамика содержания хлорофилла в светособирающих комплексах фотосистемы II имеет несколько периодов увеличения.

Ключевые слова: хлорофилл; светособирающие комплексы; фотосинтетический аппарат; фотосинтез; адаптация; климатические факторы; хвойные.

Introduction

Photosynthesis is one of the most important physiological and biochemical processes occurring in the plant body. Complete transformation of energy in the

process of photosynthesis is known to take place through five main protein complexes of the thylakoid membrane: PS I and PS II complexes, LHC cytochrome b6/f complex and membrane ATPase. The ratio of these complexes varies in the process of biogenesis of the photosynthetic apparatus [1, 2], as well as in the adaptation of plants to different light conditions [3]. Chl *a* is known to be part of RC, LHC contains carotenoids, Chl *a* and all Chl *b*. LHC and the PS II complex are mainly localized in the granule sections of the thylakoid membrane, while PS I and the mating complex are located in the contact zones of the membrane with the chloroplast matrix (in stromal thylakoids and end sections of granule thylakoids [1, 4].

The stability of plant photosynthetic apparatus is formed through the change of concentration and redistribution of green and yellow pigments in LHC and / or RC of photosystems [5]. Chl *a* is the main pigment of photosynthesis, its structure, biogenesis, and function have been studied in great detail. Chl *b* is widely known to serve as an auxiliary light-harvesting pigment that captures and transmits light energy to the reaction centers of photosystems. It accounts for approximately 15-25 % of the total chlorophyll content [6, 7]. Chl *b* is localized only in the light-accumulating complexes (LHC) of photosystems (LHC I and LHC II) and the small antenna of the photosystem (PS) II [8], in contrast to Chl *a*, which is a part of the crustal complexes of photosystems. In LHC I, Chl *b* is about 22 % of the total amount of chlorophylls, in LHC II - about 43 %, in the pigment-protein complex of the small antenna-31-46 % [4]. It has been shown that Chl *b* absorbs light in the short-wave region (425-475 nm), in which Chl *a* weakly absorbs light. In this regard, Chl *b* significantly increases light collection in low light conditions. Chl *b* participates in the transfer of approximately 50% of the energy absorbed by carotenoids to Chl *a* [9, 10].

According to modern concepts, Chl *a*: Chl *b* ratio is higher at higher light exposure than at low light exposure, and the regulation of the Chl *b* synthesis is important for the adaptation of plants to light of different intensity [11]. Chl *b* acts as the main regulator of the antenna size of the photosynthetic apparatus: the binding of Chl *b* to LHC antenna proteins stabilizes it, and the initial catabolism reaction of Chl *b* activates a cascade of proteins that perform antenna disassembly. Since Chl *b* is concentrated only in the antenna, a decrease in the content of antenna proteins leads to a change in Chl *a*: Chl *b* ratio [10, 12].

Quantitative data on the content of photosynthetic pigments can be considered as a component of the ecological and physiological characteristics that make it possible, together with other parameters of functional activity, to identify the features of adaptation of the species that ensure successful existence of plants under extreme environmental conditions [13].

The influence of climatic conditions on the course of photosynthesis and the content of pigments has been reported [14, 15].

Southern regions of Eastern Siberia are characterized by special climatic conditions, such as high levels of solar radiation, cold winters, and insufficient soil moisture during summer vegetation period. Most of the territory is dominated by such coniferous species (*Picea obovata* and *Pinus sylvestris*) that demonstrate high resistance to low temperatures and biological productivity [14]. These conditions contribute to the formation of their special mechanisms of adaptation to specific growing conditions.

With this in view, the aim of the present work was to identify adaptive changes in the content of chlorophylls and PSA LHC in needles of common pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) due to photosynthetic productivity during vegetation periods with different climatic conditions.

Research materials and methods

The material was selected at the experimental site located on the outskirts of Irkutsk (the territory of SIFIBR SB RAS). Needle samples were taken from the middle part of the crowns of three trees of each species.

The content of chlorophyll a and b in needles was determined using the SF 56 spectrophotometer (LOMO, Russia) in an extract with acetone [16, p. 154] during the vegetation periods under study. The samples were taken from the middle part of the crowns of three trees of each species. The proportion of chlorophylls included in light-harvesting complexes (LHC) from the total amount of green pigments was calculated taking into account the fact that all Chl *b* is in LHC and the ratio of chlorophylls *a/b* in LHC is 1.2 [17]. During all the years of observation, the arithmetic mean of the pigment content from 9 samples was calculated. The standard deviation calculated by Microsoft Excel 7.0 software varied within the range of $\pm 0.01-0.08$.

Photosynthetic uptake of carbon dioxide by needled shoots of the pine and spruce of the second year of lifespan was recorded by a multi-channel unit mounted on the basis of the IK gas analyzer “Infralyt-4” [18]. Three trees of each species were used in the experiments. Needles monthly photosynthetic productivity was calculated as a product of multiplication of the average daily photosynthetic productivity determined by the number of experimental days by the number of days in the month. Annual photosynthetic productivity was calculated as the sum of photosynthetic productivity readings for all growing months.

In parallel with studies of carbon dioxide gas exchange and pigment content, observations of environmental factors were made. The temperature in the assimilation chambers and outside air was recorded by a 12-point KSM recorder with copper thermal sensors. Air humidity was measured by a weekly hygrograph. The intensity of radiation over the canopy was measured by a Yanishevsky pyranometer with readings recorded by a KSP-4 potentiometer. Soil temperature at a depth of 5, 10, 15, 20 cm was measured by Savinov thermometers. Reserves of available soil moisture were determined by the thermostatic-weight method, taking samples every 10 cm in the upper 50 cm layer of the soil [19].

Results and discussion

These parameters were studied in the years of different moisture availability: 1 - with an extreme level of soil moisture and high air temperatures; and 2 - with a unique combination of high humidity and optimal air and soil temperatures.

To clarify the assumption that photosynthesis of conifers can be directly regulated by photochemical reactions, we studied the dependence of chlorophyll content on environmental factors and photosynthetic activity of needles. Dependence of biological productivity on the level of chlorophyll in cereal crops was previously demonstrated [20].

With this in view, dependence of changes in the content of chlorophyll on environmental factors and the water status of needles was analyzed. We previously found that under stressful conditions of soil drought, the dynamics of Chl *a* in *P. sylvestris* correlated with changes in soil temperature (Fig. 1 - A), and in *P. obovata* - with the dynamics of total water content in conifers (Fig. 1 - B) [21]. At optimal soil moisture, the content of Chl *b* in conifers in both species reliably correlated with the dynamics of soil temperature (Fig. 1- C, D). There was no dependence of chlorophyll content dynamics on the needles water status.

As a result, the content of Chl *a* in needles under stressful environmental conditions is regulated by the temperature status of the root system and the water status of needles.

The analysis of the dependence of maximum daily photosynthesis rate as an indicator of the photosynthetic potential realization on the content of chlorophyll in needles demonstrated that under stressful conditions of soil drought, the photosynthetic activity and the content of chlorophyll in *P. sylvestris* and *P. obovata* changed unidirectionally (Fig.2): the dynamics of photosynthesis is more consistent with chlorophyll *a* ($R^2=0.62-0.65$) (Fig. 2 A, C). At optimal soil moisture, there is no correlation of photosynthetic activity with chlorophyll content in the needles ($R^2=0,14-0,29$) (Fig. 2 B, D).

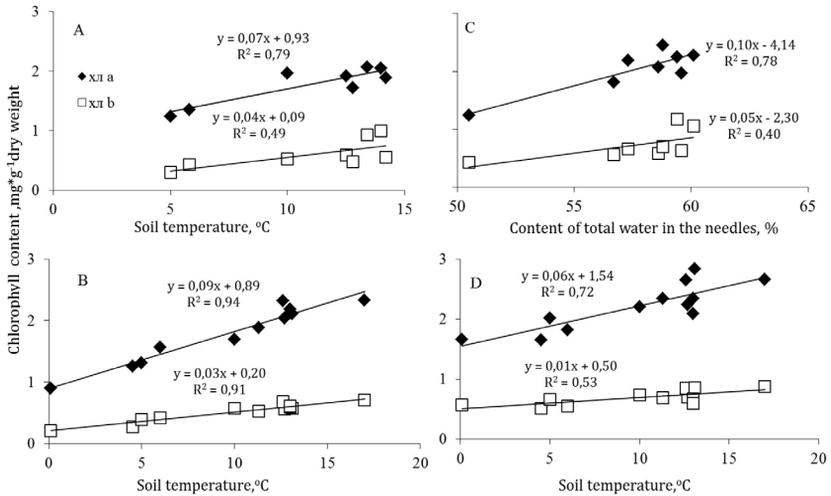


Fig. 1. Dependence of the content of Chl a and b in conifers of *P. sylvestris* (A, B) and *P. obovata* (C, D) on the water content in needles and soil temperature under stressful conditions (A, C) and optimal moisture (B, D).

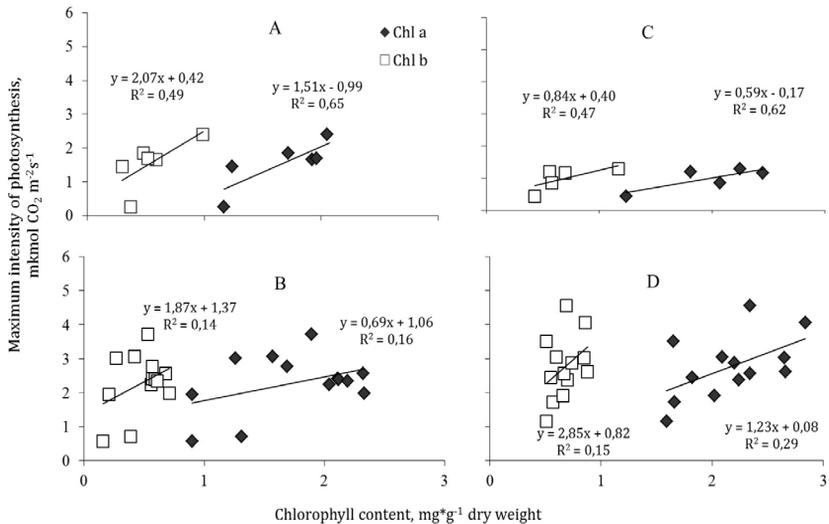


Fig. 2. Dependence of changes in the maximum daily photosynthesis intensity on the content of chlorophyll in *P. sylvestris* (A, B) and *P. obovata* (C, D) under drought conditions (A, C) and optimal moisture (B, D).

Thus, in dry years, conifers show direct regulation of photosynthesis: spruce: water regime-chlorophyll (a) – photosynthesis. In pine: soil temperature-chlorophyll (a) – photosynthesis. The pigment that perceives the external impact and transmits it to photosynthesis is Chl *a*. In optimal moisture years, the dynamics of Chl *a* and *b* is determined by the soil temperature and is not directly related to the dynamics of photosynthesis productivity. In this case, the pigments accepting external influence are both Chl *a* and the necessary component of LHC is Chl *b*.

We found that for both *P. sylvestris* and *P. obovata*, the highest values of Chl *a* were observed during the vegetation season with high photosynthetic productivity, and the highest values of Chl *b* were observed under stressful conditions. At the same time, the dynamics of chlorophyll content in LHC in these years was different: under stressful conditions, it had three maxima (periods of content increase) in *P. sylvestris* (Fig.3 A, B) and two in *P. obovata* (Fig. 3 C, D): in April, July-August and October. The first maximum of chlorophyll content in LHC is most likely due to the protection of the photosynthetic apparatus from the negative effects of high radiation levels and low temperatures during this period. The second period of increase in chlorophyll content in LHC is observed in both species during the maximum total content of Chl (*a*+*b*) and is probably associated with the restructuring of the PSA at temperature optimum. The third period of chlorophyll content increase in LHC in *P. sylvestris* may indicate preparation of the photosynthetic apparatus to winter and enhancement of light collection function due to two-threefold reduction of light levels high enough level of photosynthesis maintained.

During the vegetation season with a high level of photosynthetic productivity (Fig. 3), the dynamics of the chlorophyll content in LHC has no pronounced and statistically reliable maxima. Thus, LHC maxima reflect PSA response to stressful conditions. When comparing photosynthetic productivity with the dynamics of chlorophyll content in LHC, we did not find a direct relationship between them.

The analysis of long-term experimental data showed that the character of chlorophyll content dynamics in LHC is reproduced and we see two or three periods of chlorophyll content increase in LHC in unproductive years with photosynthesis depression (Fig. 4). It should be noted that over the past decade, there has been a decrease in seasonal photosynthetic productivity in conifers in the vegetation conditions under study due to climatic peculiarities (Fig. 5). These periods were characterized by insufficient soil moisture and air temperature and were considered to be unfavorable for photosynthetic activity of conifers in the South of Eastern Siberia.

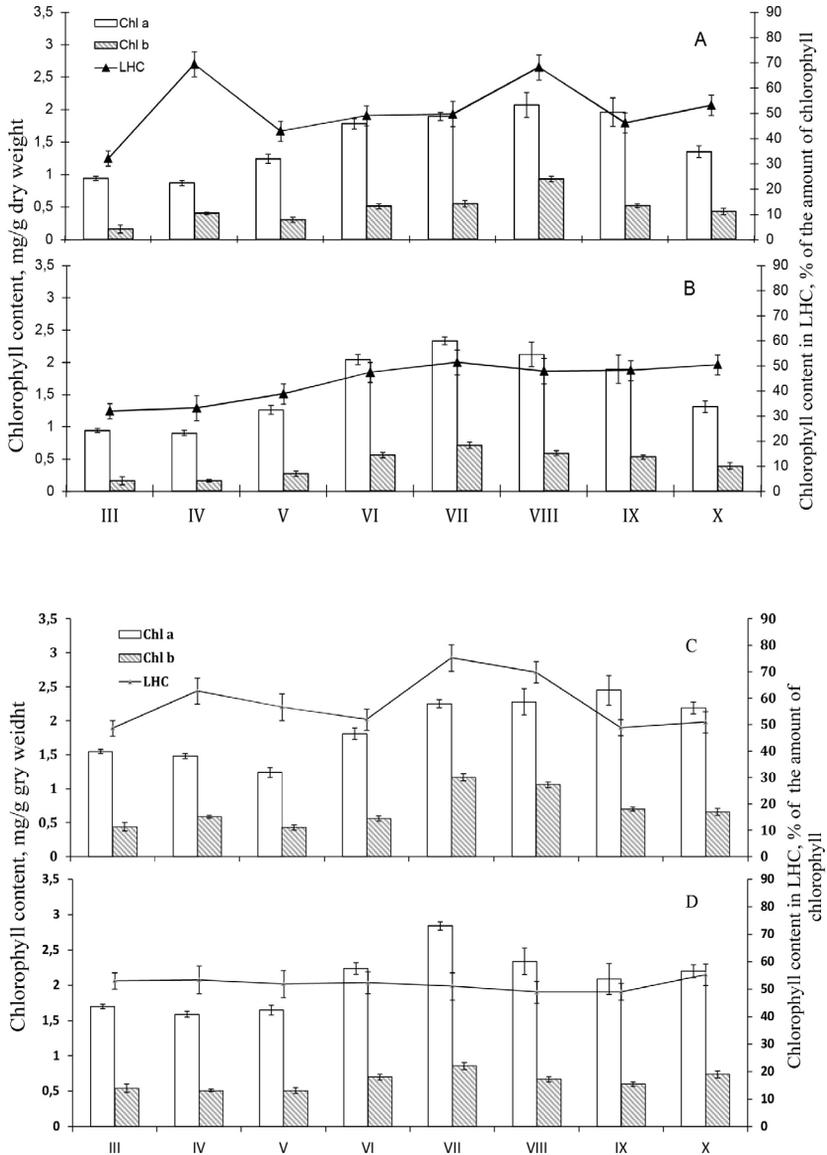


Fig. 3. Dynamics of chlorophyll and LHC content in *P. sylvestris* (A, B) and *P. obovata* (C, D) needles under drought conditions (A, C) and optimal soil moisture (B, D).

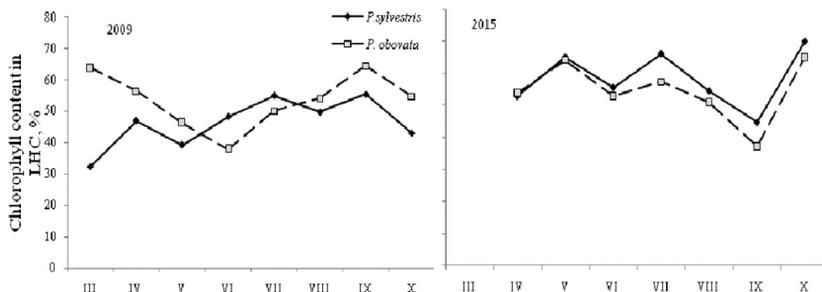


Fig. 4. Dynamics of chlorophyll content in pine and spruce LHCs during vegetation.

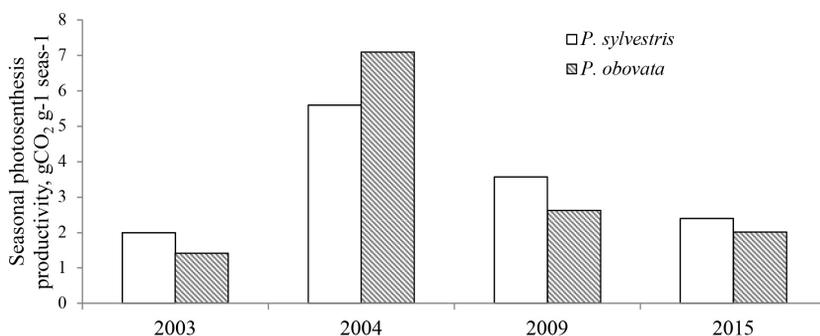


Fig. 5. Seasonal productivity of pine and spruce photosynthesis in different periods of vegetation.

The analysis suggests that under drought conditions, chlorophyll in LHC performs not only the function of light collection and thus regulation of photosystem activity, but also a protective function, which can be performed at the level of structural reorganization of thylakoids.

Recent studies have shown that mutant chloroplasts of barley seedlings and *A. thaliana* with impaired Chl *b* biosynthesis demonstrated impaired ability to form granules [3, 22], and the nature of packaging of pigment-protein complexes in the granule membrane was changed. The ability to form granules was reduced because the content of integral LHC II proteins, which play a major role in stacking, decreased in the granule membranes [23]. The smaller size of the particles contributes to their denser packing in the granule membrane. At the same time, the lateral diffusion of photosynthetic proteins and low-molecular hydrophobic molecules, as well as the electron carrier in the photosynthetic electron transport chain of plastoquinone is limited [10].

Conclusion

In the South of Eastern Siberia, which is characterized by a high level of insolation throughout the vegetation season, regardless of climatic conditions, the photosynthetic apparatus will always have sufficient active radiation for high level of photosynthesis. In this regard, the content of chlorophyll in LHC will not limit the process of photosynthesis. Under these conditions, the greatest load in ensuring the optimal photosynthesis process will have RC FS, which consist of Chl *a*. Chl *b* is known to be of great importance in the mechanisms of joining thylakoids into granules. It is Chl *b* that is one of the connecting links in the organization and stabilization of thylakoid membranes in grains. In this case, the participation of Chl *b* in LHC dynamics is most likely to have structural significance for the photosynthetic apparatus.

Acknowledgments

This work was performed using equipment belonging to the Bioanalitika Shared Instrumentation Center of the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk.

References

1. Rubin A. B., Krendeleva T. E. Reguliatsiia pervichnykh protsessov fotosinteza [Regulation of primary photosynthesis processes]. *Biophysics*, 2004, vol. 49, pp. 239-253.
2. Tyutereva E. V., Dmitrieva V. A., Voitsekhovskaya O. V. Hlorofil b kak istochnik signalov, regulirujushhih razvitie i produktivnost' rastenij [Chlorophyll b as a source of signals regulating the development and productivity of plants]. *Agricultural biology*, 2017, vol. 52, pp. 843-855. DOI: 10.15389/agrobiologiy.2017.5.843rus.
3. Lichtenthaler H.K. Biosynthesis, accumulation and emission of carotenoids, tocopherol, plastoquinone and isoprene in leaves under high photosynthetic irradiance. *Photosynthesis Research*, 2007, vol. 92, pp. 163–179. doi: 10.1007/s11120-007-9204-y.
4. Voitsekhovskaja O.V., Tyutereva E.V. Chlorophyll b in angiosperms: functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation. *Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 189, pp. 51-64. doi: 10.1016/j.jplph.2015.09.013.
5. Bukhov N.G. Dynamic light regulation of photosynthesis, *Plant Physiology*, 2004, vol. 51, pp. 825–837. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000047822.66925.bf.
6. Beale S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis. *Photosynthesis Research*, 1999, vol. 60, pp. 43-73. <https://doi.org/10.1023/A:1006297731456>.

7. Nakagawara E., Sakuraba Y., Yamasato A., Tanaka R., Tanaka A. Clp protease controls chlorophyll b synthesis by regulating the level of chlorophyllide a oxygenase. *The Plant Journal*, 2007, vol. 49, pp. 800-809. doi: 10.1111/j.1365-313X.2006.02996.x.
8. Yamasato A., Nagata N., Tanaka R., Tanaka A. The N-terminal domain of chlorophyllide a oxygenase confers protein instability in response to chlorophyll b accumulation in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 2005, vol. 17, pp. 1585-1597. doi: 10.1105/tpc.105.031518.
9. Formaggio E., Cinque G., Bassi R. Functional architecture of the major lightharvesting complex from higher plants. *Journal of Molecular Biology*, 2001, vol. 314, pp. 1157-1166. doi: 10.1006/jmbi.2000.5179.
10. Tyutereva E.V., Evkaikina A.I., Ivanova, A.N., Voitsekhovskaja O.V. The absence of chlorophyll b affects lateral mobility of photosynthetic complexes and lipids in grana membranes of Arabidopsis and barley chlorina mutants. *Photosynthesis Research*, 2017, vol. 113, pp. 357-370. DOI: 10.1007/s11120-017-0376-9.
11. Tanaka A., Ito H., Tanaka R., Tanaka N.K., Yoshida K., Okada K. Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, vol. 95, pp. 12719-12723. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.21.12719>.
12. Hooper J.K., Eggink L.L., Chen M. Chlorophylls, ligands and assembly of lightharvesting complexes in chloroplasts. *Photosynthesis Research*, 2007, vol. 94, pp. 387-400. DOI 10.1007/s11120-007-9181-1.
13. Shmakova N. Yu., Markovskaya, E. F. Photosynthetic pigments of plants and lichens of the Arctic tundra of Western Svalbard. *Plant Physiology*. 2010, vol. 57, pp. 819 – 825. DOI: 10.1134/S1021443710060038.
14. Suvorova G. G. *Fotosintez hvoynih derev'ev v usloviyah Sibiri* [Photosynthesis of coniferous trees in Siberia]. Novosibirsk: Publishing house "Geo", 2009. 194 p.
15. Ivanova M.V., Suvorova G.G. *Struktura i funkcija fotosinteticheskogo apparata hvoynih v usloviyah juga Vostochnoj Sibiri* [Structure and function of the photosynthetic apparatus of conifers in the South of Eastern Siberia]. Irkutsk: Publishing house of the Institute of Geography SB RAS, 2014. 102 p.
16. Shlyk A.A. *Opredelenie hlorofillov i karotinoidov v jekstraktah zelenyh list'ev* [Determination of chlorophylls and carotenoids in green leaf extracts] *Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij* [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow: Nauka, 1971. 226 p.
17. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment systems. *Photosynthetica*, 1993, vol. 29, pp. 195–203.

18. Shcherbatyuk A. S., Rusakova L. V., Suvorova G. G., Yankova L. S. *Uglekislotnyj gazoobmen hvojnih Predbaikal'ja* [Carbon Dioxide gas exchange of coniferous forests of the pre-Baikal region]. Novosibirsk: Nauka. Siberian branch, 1991. 135 p.
19. Fyodorovsky D.V. *Metody opredelenija nekotoryh fizicheskikh i vodnyh svojstv pochvy, primenjaemye pri polevyh i vegetacionnyh opytah. Agrohimicheskie metody issledovanija pochv* [Determination of water and physical properties of the soil during vegetation experiments. Agrochemical methods of soil research]. Moscow: Nauka, 1975. P. 296-330.
20. Andriyanova Y, Tarchevsky I. *Hlorofill i produktivnost' rastenij* [Chlorophyll and plant productivity]. Moscow: Nauka, 2000. 135 p.
21. Oskorbina M.V., Kopytova L.D., Suvorova G.G., Oskolkov V.A., Yankova L.S. Vlijanie klimaticeskikh uslovij na dinamiku zelenyh pigmentov i fotosinteticheskiju produktivnost' hvojnih [Influence of climatic conditions on the dynamics of green pigments and photosynthetic productivity of coniferous trees]. *Vestnik KrasGAU*, 2010, vol. 4, pp. 25-30.
22. Kim E.H., Li X.P., Razeghifard R., Anderson J.M., Niyogi K.K., Pogson B.J., Chow W.S. The multiple roles of light-harvesting chlorophyll a/b-protein complexes define structure and optimize function of Arabidopsis chloroplasts: a study using two 854 chlorophyll b-less mutants. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2009, vol. 1787, pp. 973-984. doi: 10.1016/j.bbabi.2009.04.009.
23. Miller K.R., Miller G.J., McIntyre K.R. The light-harvesting chlorophyll-protein complex of photosystem II. Its location in the photosynthetic membrane. *Journal of Cell Biology*, 1976, vol. 71, pp. 624-638. doi: 10.1083/jcb.71.2.624.

Список литературы

1. Rubin A.B., Krendeleva T.E. Regulation of primary photosynthesis processes // *Биофизика*. 2004. vol. 49. pp. 223-237.
2. Тютерева Е.В., Дмитриева В.А., Войцеховская О.В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. с. 843-855. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.843rus.
3. Lichtenthaler H.K. Biosynthesis, accumulation and emission of carotenoids, tocopherol, plastoquinone and isoprene in leaves under high photosynthetic irradiance // *Photosynthesis Research*, 2007, vol. 92, pp. 163–179. doi: 10.1007/s1120-007-9204-y.
4. Voitsekhovskaja O.V., Tyutereva E.V. Chlorophyll b in angiosperms: functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation // *Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 189, pp. 51-64. doi: 10.1016/j.jplph.2015.09.013.

5. Bukhov N.G. Dynamic light regulation of photosynthesis // *Plant Physiology*, 2004, vol. 51, pp. 825–837. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000047822.66925.bf.
6. Beale S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis // *Photosynthesis Research*, 1999, vol. 60, pp. 43-73. <https://doi.org/10.1023/A:1006297731456>.
7. Nakagawara E., Sakuraba Y., Yamasato A., Tanaka R., Tanaka A. Clp protease controls chlorophyll b synthesis by regulating the level of chlorophyllide a oxygenase // *The Plant Journal*, 2007, vol. 49, pp. 800-809. doi: 10.1111/j.1365-313X.2006.02996.x.
8. Yamasato A., Nagata N., Tanaka R., Tanaka A. The N-terminal domain of chlorophyllide a oxygenase confers protein instability in response to chlorophyll b accumulation in *Arabidopsis* // *The Plant Cell*, 2005, vol. 17, pp. 1585-1597. doi: 10.1105/tpc.105.031518.
9. Formaggio E., Cinque G., Bassi R. Functional architecture of the major lightharvesting complex from higher plants // *Journal of Molecular Biology*, 2001, vol. 314, pp. 1157-1166. doi: 10.1006/jmbi.2000.5179.
10. 6. Tyutereva E.V., Evkaikina A.I., Ivanova, A.N., Voitsekhovskaja O.V. The absence of chlorophyll b affects lateral mobility of photosynthetic complexes and lipids in grana membranes of *Arabidopsis* and barley chlorina mutants // *Photosynthesis Research*, 2017, vol. 113, pp. 357-370. DOI: 10.1007/s11120-017-0376-9.
11. Tanaka A., Ito H., Tanaka R., Tanaka N.K., Yoshida K., Okada K. Chlorophyll *a* oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll *b* formation from chlorophyll *a*. // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, vol. 95, pp. 12719-12723. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.21.12719>.
12. Hooper J.K., Eggink L.L., Chen M. Chlorophylls, ligands and assembly of lightharvesting complexes in chloroplasts // *Photosynthesis Research*, 2007, vol. 94, pp. 387-400. DOI 10.1007/s11120-007-9181-1.
13. Shmakova N. Yu., Markovskaya, E. F. Photosynthetic pigments of plants and lichens of the Arctic tundra of Western Svalbard // *Plant Physiology*. 2010, vol. 57, pp. 819 – 825. DOI: 10.1134/S1021443710060038.
14. Суворова Г.Г. Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2009. 194 с.
15. Иванова М.В., Суворова Г.Г. Структура и функция фотосинтетического аппарата хвойных в условиях юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 102 с.
16. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. М.: Наука, 1971. С. 154–169.

17. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment systems // *Photosynthetica*, 1993, vol. 29, pp. 195–203.
18. Углекислотный газообмен хвойных Предбайкалья / Щербатюк А.С., Рысакова Л.В., Суворова Г.Г., Янькова Л.С. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. 135 с.
19. Федоровский Д.В. Определение водных и физических свойств почвы при проведении вегетационных опытов / *Агрохимические методы исследования почв*. М.: Наука, 1975. С. 296–330.
20. Андриянова Ю., Тарчевский И. Хлорофилл и продуктивность растений М.: Наука, 2000. 135 с.
21. Влияние климатических условий на динамику зеленых пигментов и фотосинтетическую продуктивность хвойных / Оскорбина М.В, Копытова Л.Д., Суворова Г.Г., Осолков В.А., Янькова Л.С. // *Вестник КрасГАУ*. 2010. № 5. № 4. С. 25–30.
22. Kim E.H., Li X.P., Razeghifard R., Anderson J.M., Niyogi K.K., Pogson B.J., Chow W.S. The multiple roles of light-harvesting chlorophyll a/b-protein complexes define structure and optimize function of Arabidopsis chloroplasts: a study using two 854 chlorophyll b-less mutants // *Biochimica et Biophysica Acta*, 2009, vol. 1787, pp. 973-984. doi: 10.1016/j.bbabi.2009.04.009.
23. Miller K.R., Miller G.J., McIntyre K.R. The light-harvesting chlorophyll-protein complex of photosystem II. Its location in the photosynthetic membrane // *Journal of Cell Biology*, 1976, vol. 71, pp. 624-638. doi: 10.1083/jcb.71.2.624.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Oskorbina Maria Vladimirovna, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Ecosystems Bioindication
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (SIPPB SB RAS)
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
omaria-84@yandex.ru
SPIN-code: 9865-6605
ORCID: 0000-0002-1100-9743
ResearcherID: M-6979-2016
Scopus Author ID: 56539389800

Korotaeva Natalya Eugenyevna, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological Genetics

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences (SIPPB SB RAS)
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
knev73@yandex.ru
SPIN-code: 7696-3709
ORCID: 0000-0003-4236-389X
ResearcherID: I-5643-2018
Scopus Author ID: 6602401022*

Suvorova Galina Georgievna, Dr. Sc., Lead Researcher of the Laboratory of Ecosystems Bioindication

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences (SIPPB SB RAS)
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
suvorova@sifibr.irk.ru
SPIN-code: 6641-6878
ORCID: 0000-0002-8496-4995
ResearcherID: S-7291-2016
Scopus Author ID: 36998925700*

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Оскорбина Мария Владимировна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биоиндикации экосистем

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
omaria-84@yandex.ru*

Коротаева Наталья Евгеньевна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиологической генетики

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
knev73@yandex.ru*

Суворова Галина Георгиевна, д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биоиндикации экосистем

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
suvorova@sifibr.irk.ru*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-128-149

УДК 574.5 (502.5, 504.062.2)

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОДНИКОВ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ, 2012–2020 ГГ.)

*Соболева О.А., Анищенко Л.Н., Щетинская О.С.,
Долганова М.В., Демихов В.Т.*

Гидрохимические мониторинговые исследования обобщают результаты информационной базы эколого-химической оценки родников городских и сельских поселений Нечерноземья РФ (в пределах староосвоенного региона Брянской области) на основе восьмилетних изысканий. Комплексные научные работы по ведению и обновлению экомониторинговой базы родников городских и сельских поселений Брянской области реализуются с 2012 года для разработки и реализации программ их оптимизации. За период ведения мониторинговых наблюдений для информационной базы закартированы 248 родников с сопутствующими эколого-аналитическими данными состояния вод: 64 – на территории городских поселений, 182 – на территории сельских поселений. Каждый из отобранных образцов воды был проанализирован по 13 показателям эколого-аналитического качества по аттестованным методикам.

Мониторинговые исследования показали, что основные загрязняющие компоненты родниковых вод поселений Брянской области – нитрат-ионы, соли кальция и магния, общее содержание железа. За период наблюдений зарегистрировано значительное изменение химического состава родниковых вод в сторону повышения содержания загрязняющих компонентов на территории малых урбозкосистем в Брянской области. Основные причины изменения качества вод – антропогенный фактор, падение уровня подземных вод, сброс в водные объекты загрязненных промышленных и коммунальных стоков, интенсивное использование земель в сельскохозяйственном производстве. Рекомендовано ведение постоянного мониторинга гидрохимических показателей городских родников, особенно по химически значимым индикаторным показателям: содержанию нитрат-ионов, общей жёсткости, содержанию железа общего. Результаты данной

статьи будут использованы для дополнения мониторинговой базы, реализуемой в Атласе родников Брянской области.

Ключевые слова: родники; качество родниковых вод; подземные воды; децентрализованное водоснабжение; Нечерноземье РФ; Брянская область.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND CHEMICAL STATE OF SPRINGS IN URBAN AND RURAL SETTLEMENTS OF THE BRYANSK REGION BASED ON MONITORING DATA FOR 2012–2020

*Soboleva O.A., Anischenko L.N., Shchetinskaya O.S.,
Dolganova M.V., Demichov V.T.*

This paper presents the results of an ecological and chemical assessment of the springs of urban and rural settlements in the Bryansk region based on long-term research on monitoring the state of groundwater in the region. Comprehensive scientific research on maintaining and updating the environmental monitoring base of springs in urban and rural settlements of the Bryansk region has been carried out since 2012. During the period of the monitoring base, the properties of 248 springs were mapped and studied: 64 – located on the territory of urban settlements, 182 – on the territory of rural settlements. Each of the selected water samples was analyzed for 13 quality indicators using certified methods.

Monitoring studies have shown that the main polluting components of spring waters in settlements in the Bryansk region are nitrate ions, calcium and magnesium salts, and the total iron content. A significant change in the chemical composition of spring waters towards an increase in the content of polluting components in the territory of small towns of the Bryansk region was registered during the observation period. The main reasons for the change in water quality are the anthropogenic factor, the drop in the level of groundwater, the discharge of polluted industrial and municipal wastewater into water bodies, and the intensive use of land in agricultural production.

It is recommended to conduct continuous monitoring of hydrochemical indicators of urban springs, especially in terms of chemically significant indicator indicators: the content of nitrate ions, total hardness, total iron content. The results of this article will be used to supplement the monitoring base implemented in the Atlas of springs of the Bryansk region.

Keywords: *springs; quality of spring waters; groundwater; decentralized water supply; Non-Black Earth Region of the Russian Federation; Bryansk region.*

Введение

Родник – естественный сосредоточенный выход подземных вод на земную поверхность на суше или под водой – уникальные образования, носители геологической информации, отражение всех видов антропогенного воздействия на ландшафты, многочисленны на Среднерусской возвышенности с основными водоносными породами, подстилаемыми карбонатными грунтами [1]. Гидрохимия родников – широко обсуждаемый в научной литературе вопрос, связанный с исследованием химико-аналитических показателей вод в зоне активного водообмена, воздействия внешних и внутренних факторов на миграцию загрязнителей, что может диагностироваться по органолептическим показателям вод [2-4]. Отмечено, что наибольшее загрязнение регистрируется для неглубоких родниковых вод, а подвижность ионов вызывает ухудшение качества и глубоких водоносных горизонтов [5-7]. Второе направление исследований изучает воздействие естественных геоэкологических факторов на степень защищенности родниковых вод от загрязнений [8, 9]. В связи с активным использованием родников в качестве питьевых в Европе, государствах Азии активно разрабатываются охранные программы для родников и окружающих урочищ, в том числе и геоэкологические основы реабилитационных мероприятий, химических способов и приёмов очистки вод. Актуальность вопроса изучения родников объясняется тем, что их питание реализуется водами водостока наиболее загрязнённых урбанизированных территорий, сельскохозяйственной освоенностью местности, несанкционированными свалками, неконтролируемыми сбросами предприятий, в менее экономически развитых странах – отсутствием канализации в пригородах и сельских поселениях, что необратимо меняет их мониторинговые показатели [7, 10-13]. Поэтому цель ряда работ – разработка системы мониторинга родников и создание надёжной информационной базы об их состоянии для населения – объединяет исследователей в границах Water Framework Directive [7, 14, 15].

Цель мониторинговых изысканий в Нечерноземье РФ – представить эколого-химическую оценку вод родников городских и сельских поселений в рамках международных исследований Рамочной директивы по воде в староосвоенном регионе Брянской области для создания информационной системы «Родники».

Материалы и методы исследования

Объект исследования – 248 родников городских и сельских поселений Брянской области в мониторинговой базе с 2012 года. Из них 44

расположены на территории города Брянска и городского округа города Брянска (рис. 1), 204 – на территории области (рис. 2). По урбанизированности места выхода подземных вод разделены на расположенные на территории городских поселений – 64, на территории сельских поселений – 182; по каптажу: 64% родников каптированы; 36% родников, образуют некаптированные источники и значительные по объему воды и протяженности ручьи. В процессе работы использовали стандартные методики, предусмотренные нормативными документами РФ [16-21]. На месте регистрировали температуру воды и окружающей среды и дебит. Местонахождение родников закартировано для ведения мониторинговой базы по родникам.

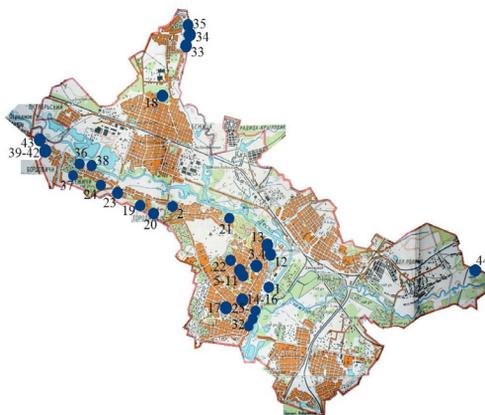


Рис. 1. Карта-схема расположения родников на территории г. Брянска

Указания к рисунку: 1 – Парк «Звёздный»; 2. – ост. Памятник Болгарским Патриотам; 3,4 – Памятник природы регионального значения «Верхний Судок»; 5-11 – Памятник природы областного значения «Нижний Судок»; 12 – Святой источник «Тихвинский»; 13 – Святой источник, ул. Верхняя Лубянка; 14 – Святой источник «Подарь», 15,16 – ул. Подарная; 17 – ул. Карачижская; 18 – мкр-н «Камвольный»; 19 – Городище, Святой источник Казанской иконы Божией Матери; 20 – Городище, Родник XIII века «Святой колодец»; 21 – Городище, у реки Десна; 22 – родник под стадионом БГИТУ; 23 – ул. Федюнского; 24 – Совхозный пр-д; 25-32 – ул. Сакко и Ванцетти; 33 – пос. Чайковичи, «Цыганский родник»; 34 – пос. Чайковичи, «Чайковичский родник»; 35 – пос. Чайковичи, за речкой; 36 – пос. Бежичи, «Нижний родник»; 37 – пос. Бежичи, «Верхний родник»; 38 – пос. Бежичи, у реки Десна; 39-42 – пос. Бордовичи; 43 – пос. Бордовичи, у реки Рудка; 44 – Святой источник иконы Божией Матери «Трое ручница», пгт. Белые Берега.

Анализ показателей качества проводили по аттестованным методикам: рН – потенциометрическим методом; общую минерализацию (сухой остаток), содержание сульфат-ионов SO_4^{2-} определяли гравиметрией; общую жёсткость, содержание хлорид-ионов Cl^- , концентрацию растворенного кислорода – титриметрически; содержание нитрат-ионов NO_3^- , нитрит-ионов NO_2^- , фосфат-ионов PO_4^{3-} , общее содержание железа – спектрофотометрически [18-21].

Результаты исследования

Эколого-химический анализ вод 248 исследуемых родников показал, в целом, состояние вод, соответствующих нормативным показателям. Хорошие органолептические характеристики воды свидетельствуют об отсутствии гнилостных процессов, «зацветании» и затухании воды. Исключение – Святой источник иконы Божией Матери «Троеручница» (пгт. Белые Берега, г.о. г. Брянск, №44, рис. 1), характеризующийся заметным сульфидным запахом и повышенной цветностью воды, и родник «Святого Патрика» (Унечский район, №184, рис. 2) с заметным гнилостным запахом и вяжущим привкусом.

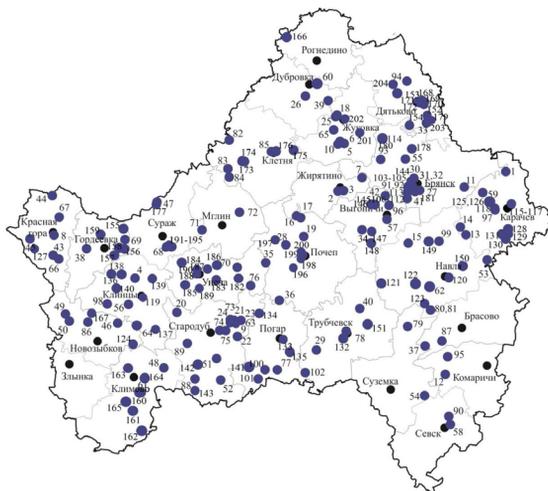


Рис. 2. Карта-схема расположения родников Брянской области

Условные обозначения: 1 – п. Желтоводье; 2 – п. Жирятино, ул. Овражная; 3 – п. Жирятино, ул. Больничная; 4 – с. Мельяковка; 5 – с. Задубравье (Купальня); 6 – с. Задубравье (ст.деревня); 7 – с. Страшевичи; 8 – пгт. Красная Гора (городище); 9 – д.

Меловое; 10 – с. Задубравье (Корневичок); 11 – п. Белые Берега; 12 – д. Ольгино; 13 – п. Теплое; 14 – п. Теплое; 15 – д. Гололобово; 16 – д. Шуморово; 17 – д. Тарутино; 18 – г. Жуковка (Святой источник); 19 – с. Игрушино; 20 – д. Запольские Халеевичи; 21 – д. Савенки; 22 – д. Невзорово; 23 – д. Заболотье; 24 – д. Желтая Акация; 25 – г. Жуковский (родник Санатория); 26 – Громовой колодец; 27 – п. Супонево (Святой источник); 28 – д. Чопово; 29 – д. Будимир; 30 – п. Кузьмино; 31 – п. Толмачево, Святой источник; 32 – Толмачево, Березовая роща; 33 – п. Любихна; 34 – п. Хмелево; 35 – д. Сибеки; 36 – д. Юрково; 37 – с. Холмецкий Хутор; 38 – д. Ст.Полоня; 39 – с.Голубья; 40 – д.Комягино; 41 – п. Супонево; 42 – п.Упорой; 43 – д. Любовшо; 44 – д. Кибирщина; 45 – с. Летяхи, «Синий колодец»; 46 – с.Белый Колодезь; 47 – д. Федоровка, криница ; 48 – с. Чернооково; 49 – с.Новые Бобовичи; 50 – с. Н.Бобовичи (Молодежный); 51 – д. Обуховка; 52 – с. Понуровка; 53 – д. Гремячее; 54 – п. Добрунь; 55 – д. Ивановка; 56 – д. Рудня-Голубовка; 57 – п. Выгоничи (Святой источник); 58 – с. Рождественское; 59 – с. Рясники; 60 – с. Арсенов колодец; 61 – с. Покровское; 62 – д. Святое; 63 – с. Меленское; 64 – д. Первомайское; 65 – п. Гостиловка; 66 – с.Городечня «Надежда»; 67 – с. Макаричи, «Калинов мостик»; 68 – д. Ст. Кисловка; 69 – с. Федоровка; 70 – пос. Рассуха; 71 – д. Ковалиха; 72 – д. Санниково; 73 – д. Меленск; 74 – с. Десятуха; 75 – д. Левенка; 76 – с.Новые Ивайтёнки; 77 – Родник Почаевской иконы, д. Марковское; 78 – г.Трубчевск; 79 – п. Стекланное, «Святые монахи»; 80 – п. Алтухово, Шешуевский родник; 81 – п. Алтухово, Шустовский колодец; 82 – д. Меловое, Большая Криница; 83 – д. Болотня; 84 – д. Тельча; 85 – пгт Клетня, ул. Мелиораторов; 86 – с. Внуковичи, Криница Король; 87 – п. Пчела Коммуна; 88 – с. Воронок, Святые колодцы; 89 – д. Чубковичи, Святая Криница иконы Чубковичской Одигитрии Божией Матери; 90 – п. Новая улица; 91,92 – д. Добрунь; 93 – п. Навля, возле церкви; 94 – пгт Ивот; 95 – п. Палецо; 96 – д. Скуратово; 97 – п. Трыковка (Святой источник); 98 – д. Кузнец (Святой источник); 99 – с. Чичково, Родник, освященный в честь иконы Божией Матери «Знамение»; 100 – п. Чемерисовка; 101 – д. Гудовка (Святая Криница); 102 – с. Белая Березка; 103 – п. Антоновка (Белый Колодец); 104,105 – п. Антоновка; 106-112 – д. Добрунь; 113 – д. Тиганово ; 114 – пгт Сельцо; 115-117 – г. Карачев, родник Михаила Архангела; 118 – д. Трыковка; 119 – г.Клинцы (ул. Плющенко, ул Гагарина); 120 – п. Навля, Святой источник «Навлинские родники», 121 – с. Вздружное, Святой источник «Николин колодец»; 122 – Святой источник «Бычин колодец», между н.п. Глинное и Халькино; 123 – урочище Меловые горки, Святой источник «Роженский колодец»; 124 – Святой Источник «Старый Кривец».; 125,126 – д. Одрина; 127 – д. Кашковка; 128-130 – д. Емельяново; 131 – д. Вильяминово; 132 – д. Телец; 133 – пгт. Погар; 134 – д. Балыкино; 135 – д. Курово; 136 – д. Лопатни; 137 – с. Медведово; 138 – с. Кожухово; 139 – родник санатория Затишье; 140 – с. Тулуковщина, Красная Криница; 141 – с. Андрейковичи; 142 – д. Озёрное; 143 – с. Ломаковка (ул Криничная); 144 – с. Супонево, ул. Московская; 145,146 – с. Паниковец; 147 – с. Мякишево; 148 – с. Рясное; 149 – с. Приволье; 150 – с. Селище; 151 – д. Радутино; 152 – г. Дятьково, ул. Грибоедова;

153 – г. Дятьково, «Три колодца»; 154 – д. Денисовка; 155 – д. Белица; 156 – д. Казаричи; 157 – с. Творишино; 158 – д. Черный ручей; 159 – д. Новоновицкая; 160 – с. Покровское; 161 – д. Соловьевка; 162 – с. Забрама, Монахова криница; 163 – с. Митьковка; 164 – с. Могилевцы; 165 – с. Чолхов; 166 – урочище Рясник, Святой источник иконы Божией Матери «Знамение»; 167 – пос. Синявка; 168 – г. Дятьково, ул. Герцена; 169,170 – г. Дятьково, Святой источник, ул. Приозёрная; 171 – г. Дятьково. Жиров переулок; 172 – г. Дятьково; 173,174 – д. Добрая Корна; 175 – д. Новая Осиновка; 176 – пгт. Клетня, родник «7 ключей», 177 – д. Федоровка; 178 – с. Дарковичи; 179 – д. Сосновка; 180 – д. Старь; 181 – с. Супонево; 182 – с. Рассуха-Гурок; 183 – Люба-Ключ; 184 – Родник «Святого Патрика»; 185 – д. Робчик, «Маргарита»; 186 – д. Пески, Родник имени Серафима; 187 – пос. Шевцов, Родник Святого Дионисия; 188 – г. Унеча; 189 – д. Нежданово, Родник Святого Антония; 190 – г. Унеча; 191-195 – Родник «Серебрянный ключ»; 196 – д. Бумажная фабрика; 197 – с. Старопочепье; – 198 – г. Почеп, Суконная фабрика; 199 – г. Почеп, Медвежий ров; 200 – г. Почеп, Святой источник в Верхнем саду; 201 – с. Овстуг; 202 – г. Жуковка, «Деснянка»; 203 – д. Неверь; 204 – д. Бытошь.

По температурному режиму воды изученных родников относятся к холодным [17]. Температура воды источников зависит, в первую очередь, от особенностей устройства каптажей: вода, накапливающаяся в ёмкостях (в бетонных колодцах, специально построенных резервуарах), отличается, как правило, более высокой температурой; родники, каптированные трубой, имеют менее высокую температуру воды (родники на ул. Сакко и Ванцетти, г. Брянск: №25-30, 32 – каптированные, №31 – некаптирован (рис. 1)). Самая низкая температура воды у подводных родников, образующих каскад ручьев (№ 3, 4, 8 на рис. 1). По дебиту практически все анализируемые родники относятся к классу малодобитных (1,0 л/с). Три родника классифицируются как среднедебитные – дебит 1,0-10 л/с: родник «Белая гора», г. Брянск (№9, рис. 1) – 1,724±0,186 л/с; родники Брянской области (рис. 2) №31 – 1,471±0,224 л/с; №107 – 1,686±0,952 л/с.

Таблица 1.

**Органолептические и геоэкологические показатели родников
г. Брянска и г.о. г. Брянска (осень-зима 2019 г.)**

| № родника* | pH | Дебит, л/с | Температура воды при температуре воздуха, °С | Вкус и привкус | Запах | Цветность, градус | Мутность, мг/л |
|------------|------|--------------|--|----------------|-------|-------------------|----------------|
| <i>ПДК</i> | 7-9 | | | 2 | 2 | 20 | 1,5 |
| 1 | 7,63 | 0,0568±0,001 | 8,7 при -2 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 2 | 7,88 | 0,806±0,027 | 7,5 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |

Окончание табл. 1.

| | | | | | | | |
|----|------|------------------|-------------|---|---|------------------|--------------|
| 3 | 7,51 | <i>подводный</i> | 3,0 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 4 | 7,45 | <i>подводный</i> | 3,1 при +3 | 1 | 1 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 5 | 7,58 | 0,218±0,006 | 9,6 при -1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 6 | 7,48 | <i>подводный</i> | 9,1 при -1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 7 | 7,46 | <i>подводный</i> | 9,6 при -1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 8 | 8,02 | <i>подводный</i> | 4,1 при -1 | 0 | 0 | слабо-желтая, 13 | не заметна |
| 9 | 7,29 | 1,724±0,186 | 7,7 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 10 | 7,62 | 0,0745±0,0004 | 7,6 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 11 | 7,64 | <i>подводный</i> | 7,5 при -3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 12 | 7,33 | 0,0692±0,001 | 7,1 при -1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 13 | 7,50 | 0,125±0,003 | 8,0 при 0 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 14 | 7,25 | <i>подводный</i> | 9,8 при 0 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 15 | 8,05 | 0,139 ±0,097 | 6,85 при -2 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 16 | 7,52 | <i>подводный</i> | 7,1 при -2 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 17 | 8,14 | <i>подводный</i> | 7,2 при -3 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 18 | 7,41 | 0,121±0,089 | 9,8 при 0 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 19 | 7,82 | 0,760±0,092 | 7,5 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 20 | 7,69 | 0,250±0,013 | 8,4 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 21 | 8,54 | <i>подводный</i> | 3,1 при +3 | 0 | 1 | слабо-желтый, 14 | не заметна |
| 22 | 7,58 | 0,216±0,005 | 8,4 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 23 | 7,60 | 0,655±0,057 | 8,2 при +4 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 24 | 8,46 | 0,124±0,091 | 8,5 при +4 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 25 | 7,77 | 0,182±0,003 | 8,9 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 26 | 7,68 | 0,213±0,004 | 8,5 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 27 | 7,53 | 0,275±0,004 | 8,6 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 28 | 8,12 | 0,131±0,002 | 9,8 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 29 | 7,81 | 0,0125±0,001 | 9,8 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 30 | 7,76 | 0,0182±0,001 | 9,8 при +3 | 0 | 1 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 31 | 7,74 | <i>подводный</i> | 10,2 при +3 | 1 | 0 | слабо-желтая, 18 | не заметна |
| 32 | 8,06 | 0,0112±0,001 | 9,7 при +3 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 33 | 7,46 | 0,144±0,010 | 8,6 при +1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 34 | 7,35 | 0,883±0,053 | 7,7 при +1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 35 | 6,88 | 0,208±0,005 | 7,5 при -3 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 36 | 7,79 | 0,167±0,022 | 6,5 при +2 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 37 | 8,02 | 0,241±0,031 | 6,0 при +2 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 38 | 7,88 | 0,0392±0,0018 | 7,1 при +2 | 1 | 0 | слабо-желтая, 20 | не заметна |
| 39 | 7,66 | 0,0962±0,0092 | 7,1 при -1 | 0 | 1 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 40 | 7,74 | 0,143±0,010 | 7,0 при 0 | 0 | 0 | бесцветна, <10 | не заметна |
| 41 | 7,47 | 0,0417±0,0026 | 6,9 при +1 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 42 | 7,73 | 0,0238±0,0011 | 6,3 при +1 | 1 | 0 | слабо-желтая, 20 | не заметна |
| 43 | 7,50 | 0,0315±0,0014 | 7,5 при +2 | 0 | 0 | бесцветна, <5 | не заметна |
| 44 | 6,86 | 0,655±0,057 | 8,1 при -2 | 2 | 3 | слабо-желтая, 20 | слабо-мутная |

*Примечание. Нумерация родников как и на рис. 1.

Население достаточно широко использует воды природных источников, в том числе родников, без специальной обработки. Утилитарное значение родников сохранилось не только в населенных пунктах Брянской области, но и в Брянске: родники до сих пор востребованы среди большого количества населения. Проведенный опрос горожан в Брянске показал, что 59% респондентов предпочитает водопроводной воде родниковую: особой популярностью пользуются родники №2, 5, 12, 13, 34, 37, 43. Если родник находится вблизи населенного пункта, то забор воды крайне интенсивен: от 80 до 180 литров в час в летний период (родники № 83, 103, 177).

Проведенный химический анализ родниковых вод показал отклонение от установленных нормативов содержания некоторых поллютантов. Анализ полученных результатов проведен по урбоэкосистемам. 73% изученных родников расположены на территории сельских поселений Брянской области. Гео- и эколого-химический анализ данных родников проводился ежегодно в осеннюю межень 2012–2020 гг. Практически все изученные видеоисточники относятся к родникам нисходящего типа, характеризуются как маломощные с незначительным дебитом – от $0,32 \pm 0,30$ до $0,92 \pm 0,39$ л/с. Не более 35% родников полностью удовлетворяют эколого-гигиеническим требованиям, предъявляемым к каптажам.

Гидрохимический анализ 91 родника в 2012–2013 гг. показал несоответствие по содержанию нитрат-ионов (7,7% не удовлетворяют установленным нормам для вод нецентрализованных источников водоснабжения), по показателю «общая жёсткость» (26,4% имеют превышения данного компонента), по содержанию общего железа выявлены отклонения от нормы в 6 образцах родниковых вод (6,6%), в 13 (14,3%) – содержание железа составляет 0,8–1,0 ПДК. В трёх контрольных пробах вод обнаружены следы нитрит-ионов. Присутствие остальных определяемых компонентов не превышает принятые нормативы.

Исследования по обновлению мониторинговой базы родников в 2019 году показали, что, в целом, показатели качества природных вод на территории Брянской области значительно не изменились. Из 182 родников сельских поселений Брянской области 29,1% (53 источника) не удовлетворяют принятым нормативам качества природной воды, имея превышения по содержанию нитрат-ионов, общей жёсткости, общего железа. В среднем по области, воды родников соответствуют нормативам по общей жёсткости (7–10°Ж – тип жёстких вод), вода характеризуется как слабощелочная (среднее значение pH – 7,76), пресная (средняя минерализация – 411 мг/л). Полученные усредненные результаты анализа химического

состава исследуемых родниковых вод по районам Брянской области во временном разрезе представлены в таблице 2.

Таблица 2.

**Результаты химического анализа родниковых вод
сельских поселений Брянской области**

| Район | Год ис- следования | PO ₄ ³⁻ , мг/л | NO ₂ ⁻ , мг/л | Сг, мг/л | NO ₃ ⁻ , мг/л | SO ₄ ²⁻ , мг/л | F, мг/л | Общ. жесткость °Ж | pH | Fe общее, мг/л |
|------------------------------|-----------------------|---|--|-------------|--|---|--------------|-------------------------|-----------|-------------------|
| ПДК | | 3,5 | 3,3 | 350 | 45 | 500 | 1,5 | 7-10 | 7-9 | 0,3 |
| Кара- зав- ский | 2012-2013 | 0,715±0,325 | 0,0522±0,0253 | 6,22±5,84 | 22,0±15,7 | 20,6±14,6 | 0,209±0,119 | 7,65±2,45 | 7,15±0,44 | 0,121±0,082 |
| | 2019-2020 | 0,450±0,150 | 0,0330±0,0148 | 8,48±3,65 | 35,7±13,1* | 27,1±17,6 | 0,245±0,112 | 5,34±0,67 | 7,90±0,11 | 0,110±0,020 |
| Жиря- тин- ский | 2012-2013 | 0,0425±0,0325 | 0,0062±0,0015 | 16,3±14,1 | 35,6±16,6 | 27,9±19,4 | 0,284±0,047 | 4,50±1,65 | 7,05±0,10 | 0,225±0,025 |
| | 2019-2020 | 0,631±0,187 | 0,0285±0,0009 | 27,4±8,2 | 53,5±44,4* | 38,6±11,0 | 0,213±0,011 | 7,68±2,62 | 7,64±0,08 | 0,0272±0,0095 |
| Крас- ногор- ский | 2012-2013 | 0,166±0,132 | 0,0119±0,0120 | 10,6±4,2 | 8,43±5,54 | 10,0±7,8 | 0,188±0,067 | 8,35±4,56 | 7,05±0,26 | 0,181±0,041 |
| | 2019-2020 | 0,239±0,137 | 0,0621±0,0603 | 32,7±8,7 | 89,4±46,7 | 72,6±65,9 | 0,197±0,056 | 5,89±0,78 | 6,87±0,38 | 0,0900±0,0030 |
| Брян- ский | 2012-2013 | 0,239±0,143 | 0,0812±0,0783 | 23,8±5,8 | 31,6±13,2 | 24,3±12,2 | 0,271±0,084 | 5,77±2,21 | 7,03±0,34 | 0,244±0,030 |
| | 2019-2020 | 0,516±0,128 | 0,146±0,163 | 21,0±10,2 | 25,7±22,9 | 24,6±16,2 | 0,297±0,119 | 9,26±3,30 | 7,80±0,18 | 0,135±0,048 |
| Ново- зав- ский | 2012-2013 | 0,190±0,064 | 0,0430±0,0456 | 9,72±5,87 | 12,1±7,8 | 17,0±9,1 | 0,208±0,036 | 16,4±8,2 | 7,34±0,15 | 0,214±0,042 |
| | 2019-2020 | 0,200±0,028 | 0,0238±0,0015 | 41,1±17,1 | 19,7±1,0 | 36,6±12,4 | 0,254±0,092 | 9,10±0,98 | 7,86±0,04 | 0,010±0,001 |
| Труб- чев- ский | 2012-2013 | 0,158±0,206 | 0,0052±0,0011 | 9,66±5,51 | 9,59±5,06 | 6,98±5,22 | 0,223±0,124 | 8,20±3,55 | 6,75±0,72 | 0,180±0,045 |
| | 2019-2020 | 0,465±0,235 | 0,0357±0,0079 | 49,1±10,4 | 23,7±5,1 | 54,5±6,0 | 0,198±0,051 | 11,6±0,9 | 7,56±0,08 | 0,0740±0,0100 |
| Клетня- нский | 2012-2013 | 0,414±0,344 | 0,0078±0,0022 | 19,8±2,7 | 25,8±9,4 | 69,2±74,0 | 0,164±0,038 | 7,50±1,40 | 7,05±0,12 | 0,202±0,022 |
| | 2019-2020 | 0,706±0,352 | 0,0689±0,0321 | 21,2±6,6 | 7,56±5,98 | 71,6±6,8 | 0,354±0,117 | 2,74±0,39 | 7,95±0,32 | 0,100±0,036 |
| Выго- нинский | 2012-2013 | 0,0700±0,0600 | 0,0065±0,0011 | 9,14±4,64 | 17,9±8,4 | 27,3±22,0 | 0,162±0,061 | 7,58±3,47 | 7,07±0,86 | 0,194±0,045 |
| | 2019-2020 | 1,00±0,05 | 0,0628±0,0045 | 7,70±1,31 | 4,59±2,21 | 1,55±1,11 | 0,189±0,070 | 6,1±0,9 | 6,71±0,51 | 0,091±0,025 |
| Поч- етский | 2012-2013 | 0,154±0,065 | 0,0202±0,0243 | 14,4±2,8 | 12,2±7,2 | 24,0±13,4 | 0,253±0,0814 | 6,10±0,84 | 6,88±0,30 | 0,256±0,041 |
| | 2019-2020 | 0,785±0,392 | 0,0560±0,0249 | 37,8±21,8 | 74,5±31,0 | 56,6±33,2 | 0,301±0,094 | 7,98±3,28 | 7,78±0,50 | 0,136±0,025 |
| По- гар- ский | 2012-2013 | 0,328±0,357 | 0,0138±0,0118 | 9,35±3,34 | 9,62±4,54 | 13,4±6,9 | 0,175±0,028 | 9,32±2,25 | 7,28±0,08 | 0,162±0,038 |
| | 2019-2020 | 0,605±0,124 | 0,0542±0,0341 | 44,7±25,7 | 39,0±34,9 | 63,4±21,8 | 0,192±0,041 | 8,90±0,91 | 7,83±0,22 | 0,207±0,045 |
| Жу- ков- ский | 2012-2013 | 0,105±0,032 | 0,0062±0,0023 | 28,7±13,9 | 18,5±4,0 | 31,3±7,6 | 0,313±0,099 | 8,05±0,85 | 7,28±0,08 | 0,182±0,041 |
| | 2019-2020 | 0,881±0,270 | 0,0552±0,0339 | 33,4±17,0 | 47,4±40,1 | 44,9±6,2 | 0,307±0,101 | 7,35±2,95 | 7,64±0,02 | 0,232±0,050 |
| Су- раж- ский | 2012-2013 | 0,171±0,032 | 0,0495±0,0138 | 18,5±1,8 | 18,9±3,2 | 29,4±3,6 | 0,154±0,031 | 9,05±0,12 | 7,15±0,05 | 0,210±0,032 |
| | 2019-2020 | 0,766±0,112 | 0,0797±0,0430 | 15,7±11,1 | 11,3±5,0 | 34,5±25,4 | 0,203±0,084 | 3,42±1,50 | 7,92±0,24 | 0,126±0,047 |
| Углевский | 2012-2013 | 1,03±0,53 | 0,0596±0,062 | 28,5±3,9 | 41,5±5,7 | 31,6±5,1 | 0,173±0,086 | 8,91±0,52 | 7,20±0,07 | 0,213±0,025 |
| | 2019-2020 | 0,781±0,646 | 0,0755±0,0338 | 40,3±37,0 | 32,4±30,5 | 37,8±26,7 | 0,193±0,057 | 4,52±2,32 | 7,44±0,68 | 0,230±0,144 |
| В сред- ней по области | 2012-2013 | 0,163±0,047 | 0,0577±0,0351 | 14,7±2,1 | 17,5±2,4 | 22,2±5,0 | 0,199±0,019 | 7,44±0,73 | 7,08±0,08 | 0,194±0,010 |
| | 2019-2020 | 0,488±0,198 | 0,0524±0,0435 | 22,1±12,3 | 32,4±24,4 | 38,9±24,2 | 0,234±0,118 | 8,09±3,00 | 7,76±0,24 | 0,101±0,041 |

* Примечание. Светло-серым цветом отмечены пробы, в которых содержание определяемого компонента находилось на уровне 0,8-1,0 ПДК, а темно-серым – на уровне более 1,0 ПДК.

Наиболее загрязненными оказались родники Жирятинского и Красногорского районов области – наблюдалось превышение установленной

нормы ПДК по нитрат-ионам в 2,2 и 2,6 раз, соответственно. Содержание нитратов в подземных вод принято в качестве индикатора антропогенного загрязнения вод, происходящего в результате попадания в воды бытовых и иных стоков или смыва минеральных удобрений с пахотных угодий. Воды пяти районов (Брянский, Трубчевский, Погарский, Жуковский, Стародубский) относятся к «жестким». Значительные показатели, но ниже ПДК, отмечаются по содержанию общего железа.

На территории Брянской области 16 городов, из них, согласно классификации Градостроительного кодекса, 1 крупный город (г. Брянск, 402,6 тыс. чел.), 1 средний (г. Клинцы, 62,99 тыс. чел.), 14 малых городов (Новозыбков, Дятьково, Унеча, Стародуб, Карачев, Жуковка, Почеп, Сельцо, Трубчевск, Фокино, Сураж, Мглин, Севск, Злынка) с общим числом проживающих в них 229,17 тыс. человек – 19,2% населения области (на 2020 год).

Результаты исследования родников малых городов Брянской области, проведенного в осеннее-зимнюю межень 2013-2014 гг., свидетельствуют об относительно благоприятном состоянии природных вод (табл. 3).

Таблица 3.

**Результаты химического анализа родниковых вод малых городов
Брянской области (осеннее-зимняя межень 2013–2014 гг.)**

| № | pH | NO ₃ ⁻ , мг/л | NO ₂ ⁻ , мг/л | PO ₄ ³⁻ , мг/л | Cl, мг/л | F ⁻ , мг/л | SO ₄ ²⁻ , мг/л | Общая жесткость, °Ж | Fe общее, мг/л |
|-----|-----|--|--|---|-------------|--------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| ПДК | 6-9 | 45 | 3,3 | 3,5 | 350 | 1,5 | 500 | 7-10 | 0,3 |
| 18 | 7,8 | 37,9 | 0,059 | 0,193 | 8,10 | 0,485 | 54,0 | 9,4 | 0,25 |
| 25 | 7,3 | 31,9 | 0,042 | 0,220 | 21,5 | 0,312 | 12,5 | 5,8 | 0,35 |
| 78 | 7,3 | 27,5 | следы | 1,10 | 15,7 | 0,117 | 19,0 | 7,2 | 0,24 |
| 114 | 6,7 | 16,3 | следы* | 0,0911 | 21,8 | 0,147 | 27,3 | 5,8 | 0,13 |
| 115 | 7,3 | 8,92 | следы | следы | 3,41 | следы | 18,3 | 4,2 | 0,24 |
| 152 | 7,4 | 44,0 | следы | следы | 22,0 | 0,311 | 15,0 | 6,2 | 0,19 |
| 153 | 7,5 | 53,0** | следы | 0,110 | 33,0 | 0,200 | 28,0 | 8,2 | 0,30 |

Указания к таблице. Нумерация родников рис. 2.

Примечания: * Ниже предела обнаружения

** Выделение в таблице показано для концентраций, превышающих установленные нормативы.

В зависимости от pH [22], исследуемые родниковые воды (за исключением №18) классифицируются как нейтральные, вода родника №18 – слабощелочная. Величина pH в природных водах обусловлена наличием Ca(HCO₃)₂ и Mg(HCO₃)₂, выявлена прямая корреляционная связь между

показателями рН и общей жёсткостью ($r=0,626$). По данному показателю воды родников № 25, 8, 114, 115, 152 с жёсткостью от 4 до 8 мг-экв/л считаются средней жёсткости, воды родников №18, 153 – жёсткие (значение жёсткости от 8 до 12 мг-экв/л). Наибольшие отклонения от нормативов установлены для показателя «железо общее» (предельно-допустимая концентрация – 0,3 мг/л), что объясняется природной геохимической аномалией железа в области [23, с. 10]. В воде родника №25 зафиксированное содержание железа превышает 1,2 ПДК, воды родников 18, 78, 115, 153 имеют отклонение в 0,8-1,0ПДК. Отмечена значимая корреляция между железом и цветностью (воды родников №25 и №153 характеризуются как слабо-желтоватые). Несоответствие установленному нормативу по содержанию нитрат-ионов в 45 мг/л выявлены для родников г. Дятьково: вода родника №153 имеет превышение данного показателя в 1,2ПДК, родника №152 – около 1,0ПДК.

Для обновления мониторинговой базы родников поселений Брянской области проведены исследования качественного химического состава родниковых вод 4 малых городов Брянской области в осеннюю межень 2019 года (табл. 4). Все образцы воды проанализированы на соответствие по 11 показателям согласно стандартным методикам.

Таблица 4.

**Результаты химического анализа родниковых вод малых городов
Брянской области (осенняя межень 2019 г., летняя межень 2020 г.)**

| № пп* | рН | NO ₃ ⁻ , мг/л | NO ₂ ⁻ , мг/л | PO ₄ ³⁻ , мг/л | Cl, мг/л | SO ₄ ²⁻ , мг/л | Общ. жёст- кость, °Ж | Fe общее, мг/л | Общ. мине- рали- зация, мг/л | Дебит, л/с | t°С воды при t°С ок- среды, °С |
|-------|------|--|--|---|-------------|---|-------------------------------|----------------------|--|-----------------|--|
| ПДК | 6-9 | 45 | 3,3 | 3,5 | 350 | 500 | 7-10 | 0,3 | 1000 | | |
| 78 | 7,50 | 166 | 0,0104 | 2,19 | 57,1 | 102,8 | 16,7 | 0,075 | 783 | 0,123± 0,011 | 7,8 при +1 |
| 114 | 7,70 | 28,8 | 0,0140 | 0,471 | 21,5 | 38,7 | 12,6 | следы | 379 | 0,118± 0,012 | 7,1 при 0 |
| 115 | 7,34 | 158 | 0,0216 | 0,671 | 93,6 | 101,7 | 14,4 | 0,10 | 697 | 0,188± 0,049 | 8,0 при 0 |
| 116 | 7,35 | 158 | 0,0233 | 0,770 | 94,8 | 48,2 | 13,8 | 0,14 | 701 | 0,180± 0,041 | 7,2 при 0 |
| 117 | 7,39 | 153 | 0,0189 | 0,810 | 93,2 | 42,6 | 13,6 | 0,35 | 644 | 0,125± 0,023 | 8,1 при 0 |
| 153 | 7,76 | 3,96 | 0,0224 | 1,36 | 6,1 | 2,5 | 1,9 | 0,072 | 246 | подводн. | 5,7 при -1 |
| 168 | 7,60 | 8,88 | 0,0114 | 1,39 | 17,4 | 54,2 | 6,3 | 0,076 | 299 | подводн. | 6,4 при -3 |

Окончание табл. 4.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|--------------|--------|--------|-------|-------|-------------|--------------|------|-------------------|------------------|
| 169 | 7,62 | 12,6 | 0,0125 | 1,34 | 9,9 | 50,6 | 4,7 | 0,099 | 352 | подводн. | 5,6 при -2 |
| 170 | 7,78 | 12,8 | 0,0243 | 1,29 | 10,8 | 44,1 | 4,4 | 0,071 | 256 | 0,064± 0,006 | 5,2 при -3 |
| 171 | 7,86 | 0,681 | 0,0209 | 0,470 | 3,8 | следы | 5,5 | 0,13 | 259 | 0,012± 0,001 | 4,5 при -2 |
| 188 | 7,37 | 31,1 | 0,0599 | 1,63 | 32,8 | 48,1 | 3,2 | 0,139 | 300 | 0,0669± 0,0003 | 11,1 при 24,3 |
| 190 | 8,03 | 1,86 | 0,0632 | 0,754 | 158,3 | 6,2 | 7,6 | 0,627 | 1002 | подв | 13,6 при 24,2 |
| 198 | 8,38 | 91,60 | 0,0538 | 0,391 | 27,6 | 89,4 | 11,2 | 0,116 | 251 | 0,0051± 0,0001 | 11 при 27,5 |
| 199 | 8,31 | следы | 0,0181 | 0,2020 | 16,0 | 54,2 | 8,9 | 0,230 | 367 | подв | 12,1 при 28,6 |
| 200 | 7,85 | 23,2 | 0,0511 | 0,657 | 20,6 | 51,5 | 8,9 | 0,128 | 511 | 0,0117± 0,0003 | 11,1 при 27,0 |
| 202 | 7,65 | 5,13 | 0,0213 | 1,158 | 16,6 | 38,8 | 4,3 | 0,281 | 226 | подв | 10,1 при 19 |

Пояснение к таблице. Нумерация родников рис. 2.

По дебиту указанные в табл. 4 родники относятся к классу малодобитных (среднее значение данного показателя по изученным родникам – 0,116 л/с): отмечается резкое снижение этого показателя за последние 2 года, свидетельствующее об уменьшении уровня подземных вод, вероятно, связанное с интенсивным использованием подземных вод для водоснабжения города, сокращением количества годовых атмосферных осадков или значительным антропогенным преобразованием родников. Применительно к родникам г. Почепа, основная причина снижения показателя дебита источника связана с интенсивным использованием земель в сельскохозяйственном производстве. По температурному режиму воды холодные [15], разница в температуре для разных родников значительна и составляет от 4,5°C до 8,1°C в осенне-зимний период, что объясняется преобладающим числом поллютантов. По значению рН родниковые воды г. Карачева – нейтральные (среднее значение водородного показателя – 7,36), воды остальных родников – слабощелочные. Воды родников г. Карачева и г. Трубчевска неудовлетворительны по химическому составу. Основные загрязняющие компоненты – нитрат-ионы: превышение ПДК для указанных городов – 3,5 и 3,7 раз, соответственно. Источники нитрат-ионов в природной воде – сточные воды и стоки с сельскохозяйственных угодий, следовательно, превышение их содержания свидетельствует о незащищенности водоносного слоя от канализационных и иных стоков, и о незначительной его глубине (от 7-8 до 10-15 м).

Установленному нормативу содержания жёсткости в воде нецентрализованных систем водоснабжения (7-10°Ж) не удовлетворяет ни один из изученных родников. Согласно классификации [22], вода родника №114 является мягкой (вода с жёсткостью менее 4 мг-экв/л), воды 168-171 – средней жёсткости (жёсткость от 8 до 12 мг-экв/л), воды № 78, 114-117 – очень жёсткие (жёсткость выше 12 мг-экв/л).

При этом отмечена сильная корреляционная связь (0,882) между параметрами «нитрат-ионы: общая жёсткость», то есть чем выше содержание первого компонента, тем выше показатель второго. Так как оба параметра являются химическими значимыми индикаторными показателями для вод Брянской области, выявленный тренд сильной корреляционной связи показывает возможность поддержания качества родниковой воды путём выборочного воздействия на причины накопления одного из параметров.

Показатели качества родниковых вод во многом определяются эколого-санитарной обстановкой в области питания родников, техническим и санитарным состоянием их каптажных камер [24].

Исследованы гидрохимические показатели 44 родников города Брянска (рис. 1). Полученные результаты после статистической обработки самых посещаемых населением города родников представлены в таблице 5. Санитарно-технические состояния каптажей данных родников оценены как хорошие. Родниковые воды – слабощелочные, пресные: среднее значение водородного показателя всех родников – 7,66, минерализации – 553 мг/л, электропроводности – 802 мкСм/см.

Таблица 5.

Показатели качественного состава родниковых вод города Брянска

| № шт.№. | Дебит л/с | t воды °С | pH | NO ₃ ⁻ , мг/л | NO ₂ ⁻ , мг/л | PO ₄ ³⁻ , мг/л | Сг, мг/л | Общ. °Ж | Fe общ., мг/л | SO ₄ ²⁻ , мг/л | Общ. минерализация, мг/л | Электропроводность, мкСм/см |
|---------|----------------|-----------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| ПДК | | | 6-9 | 45 | 3,3 | 3,5 | 350 | 7-10 | 0,3 | 500 | 1000 | 2000 |
| 2 | 1,340±0,535 | 8,4± 0,9 | 7,78± 0,11 | 17,0± 4,6 | 0,0279± 0,0222 | 0,621± 0,459 | 18,9± 13,4 | 6,5± 1,2 | 0,187± 0,299 | 2,2± 0,6 | 469±179 | 657±61 |
| 3 | подв. | 7,2± 4,1 | 8,01± 0,50 | 75,8± 33,1 | 0,113± 0,082 | 0,967± 0,483 | 54,5± 21,1 | 7,5± 2,0 | 0,144± 0,121 | 61,6± 15,6 | 549±37 | 832±79 |
| 5 | 0,275± 0,101 | 9,5± 0,3 | 7,62± 0,07 | 58,1± 11,4 | 0,0323± 0,0169 | 0,369± 0,037 | 45,9± 6,0 | 9,1± 0,4 | 0,0972± 0,0458 | 47,7± 10,5 | 617±94 | 798±43 |
| 12 | 0,0903± 0,0408 | 7,9± 0,9 | 7,58± 0,08 | 128± 26 | 0,0324± 0,0182 | 1,65± 0,07 | 77,0± 11,8 | 10,6± 0,5 | 0,108± 0,063 | 61,2± 46,0 | 742±149 | 998±84 |
| 33 | 1,648± 0,581 | 8,9± 0,8 | 7,36± 0,16 | 84,7± 14,5 | 0,0375± 0,0441 | 0,759± 0,321 | 44,9± 15,9 | 8,7± 1,9 | 0,121± 0,114 | 74,7± 46,7 | 634±56 | 849±79 |
| 36 | 0,167± 0,098 | 7,8± 1,1 | 7,70± 0,29 | 6,35± 4,06 | 0,0432± 0,0328 | 0,450± 0,204 | 16,63± 6,53 | 8,3± 2,6 | 0,192± 0,129 | 29,8± 15,6 | 284±183 | 621±63 |

Пояснение к таблице. Нумерация родников рис. 1

Содержание нитрит-, фосфат-, хлорид-, сульфат-ионов и общее содержание железа удовлетворяет принятым нормам для вод нецентрализованных систем водоснабжения. Значительное содержание фосфат-ионов (0,5ПДК) зафиксировано в воде Тихвинского источника (№12), лимитирующий токсикологический показатель вредности содержания общего железа (0,1 мг/л) превышают все изученные образцы родниковых вод. Отмечены отклонения от норм ПДК по общей жёсткости. Вода родника №12 классифицируется как очень жесткая (показатель выше 10°Ж), воды остальных родников имеют жесткость в пределах $7-10^{\circ}\text{Ж}$ (жесткие). Основные загрязнители родниковых вод города Брянска – нитрат-ионы: только 2 родника из 7 изученных удовлетворяют нормам ПДК (родники №2 и №36). Средние значения нитрат-ионов варьируются от $58,1 \pm 11,4$ мг/л (родник №5 – 1,3ПДК) до 128 ± 26 (родник №12 – 2,8ПДК). Присутствие в образцах избыточного количества нитрат-ионов свидетельствует о поступлении в гидросистему зоогенных загрязнителей и бытовых стоков.

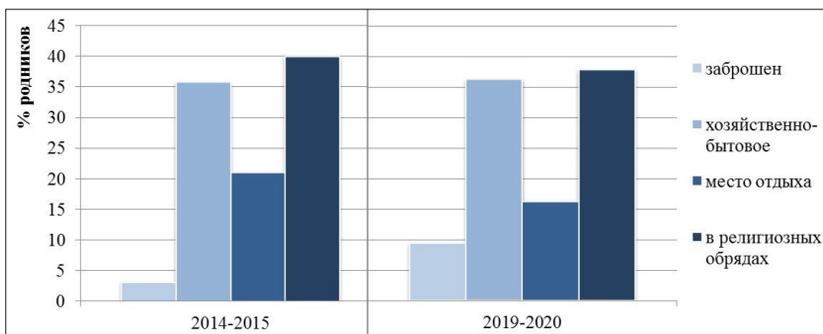


Рис. 3. Цели использования родников сельских поселений Брянской области

Значительное, но ниже ПДК для вод нецентрализованных систем водоснабжения, содержание общего железа (от $0,0972 \pm 0,0458$ мг/л до $0,217 \pm 0,102$ мг/л). Проведенная паспортизация показала, что в староосвоенном регионе – Брянской области – многообразно значение родников: они используются в религиозных обрядах, как источники нецентрализованного водоснабжения, как места отдыха. За период наблюдений доля брошенных и высохших родников возросла на 6,3%, большинство данных родников расположены на территориях ныне брошенных населенных пунктов, также данный показатель свидетельствует о падении уровня грунтовых вод. Снижение рекреационного значения источников на 4,7%

говорит о необходимости проведения для некоторых родников работ по благоустройству (рис. 3).

Выводы

1. Анализ органолептических, химических и биологических параметров вод 248 родников выявил их относительно удовлетворительное состояние. Воды родников характеризуются высокими органолептическими качествами, умеренной жесткостью и средней минерализацией. Дебит родников, определяющий возможность питьевого водоснабжения, в среднем, составляет от $0,32 \pm 0,30$ до $0,92 \pm 0,39$ л/с. Три родника области классифицируются как среднедебитные – родник «Белая гора», г. Брянск - $1,724 \pm 0,186$ л/с; Святой источник пос. Толмачево Брянского района – $1,471 \pm 0,224$ л/с; родник д. Добрунь Брянского района – $1,686 \pm 0,952$ л/с. Органолептические показатели вод источников достаточно однородны и соответствуют ГОСТ, т.к. основная водоносная порода для них – мел, обеспечивающий значительную естественную очистку и насыщенность вод химическими элементами.

2. Исследования по обновлению мониторинговой базы родников в 2019 году показали, что, в целом, показатели качества природных вод на территории Брянской области значительно не изменились. Из 182 родников сельских поселений Брянской области 29,1% не удовлетворяют принятым нормативам качества природной воды, имея превышения по содержанию нитрат-ионов, общей жесткости, общего железа. В среднем по области, воды родников соответствуют нормативам по общей жесткости, вода характеризуется как слабощелочная, пресная (средняя минерализация – 411 мг/л).

Основной загрязняющий компонент – нитрат-ионы. Содержание нитратов в подземных вод принято в качестве индикатора антропогенного загрязнения вод, происходящего в результате попадания в воды бытовых и иных стоков или смыва минеральных удобрений с пахотных угодий.

3. Проведенная паспортизация показала, что за период наблюдений доля заброшенных и высохших родников возросла на 6,3%. Снижение рекреационного значения источников говорит о необходимости проведения работ по благоустройству водных объектов и природниковых территорий.

4. Анализ мониторинговой базы определил перечень неотложных мероприятий в области экомониторинга родников следующая: организация сотрудничества с местным населением для проведения просветительской работы, привлечение государственных средств при оборудовании родников, создании водоохранной зоны, при поддержании их существования;

установление контакта с водными службами для внесения родников в Государственный водный кадастр, а также продолжение работ по паспортизации родников.

Список литературы

1. Mikhailov V.N., Mikhailova M.V. Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas // *Water Resources*, Maik Nauka, 2015, 42 (Suppl. 1), pp. 275-284.
2. Tshindane P., Mamba P.P., Moss L., Swana U.U., Moyo W., Motsa M.M., Nkambule T.T. The occurrence of natural organic matter in South African water treatment plants // *Journal of Water Process Engineering*. 2019, 31, pp. 1008-09.
3. Brezinski K., Gorczyca B. Multi-spectral characterization of natural organic matter (NOM) from Manitoba surface waters using high performance size exclusion chromatography (HPSEC) // *Chemosphere*, 2019, 225, pp. 53-64.
4. Hu Y., Foster J., Boyer T. H. Selectivity of bicarbonate-form anion exchange for drinking Water contaminants: influence of resin properties // *Separation and Purification Technology*, 2016, 163, pp. 128-139.
5. Mitryasova O., Pohrebennyk V. Hydrochemical Indicators of Water System Analysis as Factors of the Environmental Quality State. In: Królczyk G., Wzorek M., Król A., Kochan O., Su J., Kacprzyk J. (eds) *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems // Studies in Systems, Decision and Control*, vol 198. Springer, Cham. 2020, pp. 91-104.
6. Fatbardh G. Study of chemical characteristics and pollution assessment of spring and well waters in a part of the Istog municipality (Kosovo) // *Sustainable Water Resources Management*, vol.4, 2018, pp. 399-414.
7. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors // *Environmental Earth Sciences*. Vol. 75:712, 2016, pp. 432-447. DOI: 10.1007/s12665-016-5548-y
8. Рассказов А.А., Васильева Е.Ю. Комплексная классификация родников по геоэкологическим признакам (на примере территории Сергиево-Посадского района Московской области) // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 3. С. 71-76.
9. Merk M., Goeppert N., Goldscheider N. Processes controlling spatial and temporal dynamics of spring water chemistry in the Black Forest National Park // *Science of the Total Environment*, Vol. 723, 25, 2020.
10. Al-Khashman O.A. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: a three-year follow-up // *Water Resources Management*, 2007, 21(7), pp. 1145-1163.

11. Ibeneme S. Assessment of the Chemical Characteristics of a Spring Water Source at Ife-Owutu, Ezinihite-Mbaise, Southeastern Nigeria // *American Journal of Engineering Research (AJER)*, Volume-02, Issue-10, 2013, pp-282-290.
12. Jebreen H. (2015). Spring Water Qualitative Assessment in Mountainous Areas, Case Study: Soreq Catchment / Ramallah / West Bank // *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 7, pp. 851 – 859.
13. Chauhan J. S., Badwal T., Neha Badola N. Assessment of potability of spring water and its health implication in a hilly village of Uttarakhand, India // *Applied Water Science*, 2020, 10:73, pp. 154-162. DOI: 10.1007/s13201-020-1159-6
14. Abbasnia A, Yousef N, Mahvi AH, Nabizadeh R, Radfard M, Yousef M, Alimohammadi M. Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: case study of Sistan and Baluchistan province (Iran) // *J Hum Ecol Risk Assess Int J* 4, 2018, pp. 988–1005.
15. Reda H. Assessment of Physicochemical Quality of Spring Water in Arbaminch, Ethiopia // *Environmental Analytical Chemistry*, vol. 2.5, 2015, pp 276-284.
16. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.
17. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. М.: Стандартинформ, 2019. 18 с.
18. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 23 с.
19. ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.
20. ГОСТ 18309-2014. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ (с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.
21. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа (с Изменениями N 1, 2). М.: Стандартинформ, 2008. С. 466-472.
22. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Форум : ИНФРА-М, 2010. 192 с.
23. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2019 г. «Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области». Брянск: Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области, 2020. 276 с.
24. Гагарина О.В., Юнусова Л.З. Охрана родников как источников питьевого водоснабжения в аспекте развития Федеральной, региональной и местной нормативно-правовой базы // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*. 2015. № 2. С. 7-16.

References

1. Mikhailov V.N., Mikhailova M.V. Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas. *Water Resources*, Maik Nauka, 2015, 42 (Suppl. 1), pp. 275-284.
2. Tshindane P., Mamba P.P., Moss L., Swana U.U., Moyo W., Motsa M.M., Nkambule T.T. The occurrence of natural organic matter in South African water treatment plants. *Journal of Water Process Engineering*. 2019, 31, pp. 1008-09.
3. Brezinski K., Gorczyca B. Multi-spectral characterization of natural organic matter (NOM) from Manitoba surface waters using high performance size exclusion chromatography (HPSEC). *Chemosphere*, 2019, 225, pp. 53-64.
4. Hu Y., Foster J., Boyer T. H. Selectivity of bicarbonate-form anion exchange for drinking Water contaminants: influence of resin properties. *Separation and Purification Technology*, 2016, 163, pp. 128-139.
5. Mitryasova O., Pohrebennyk V. Hydrochemical Indicators of Water System Analysis as Factors of the Environmental Quality State. In: Królczuk G., Wzorek M., Król A., Kochan O., Su J., Kacprzyk J. (eds) Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 198. Springer, Cham., 2020, pp. 91–104.
6. Fatbardh G. Study of chemical characteristics and pollution assessment of spring and well waters in a part of the Istog municipality (Kosovo). *Sustainable Water Resources Management*, vol.4, 2018, pp. 399-414.
7. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environmental Earth Sciences*. Vol. 75:712, 2016. DOI: 10.1007/s12665-016-5548-y
8. Rasskazov A.A., Vasil'eva E.YU. Kompleksnaya klassifikaciya rodnikov po geokologicheskim priznakam (na primere territorii Sergievo-Posadskogo rajona Moskovskoj oblasti) [Comprehensive classification of springs by geocological characteristics (on the example of the territory of the Sergiev Posad district of the Moscow region)]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety]. 2010. № 3. pp. 71-76.
9. Merk M., Goepfert N., Goldscheider N. Processes controlling spatial and temporal dynamics of spring water chemistry in the Black Forest National Park. *Science of the Total Environment*, vol. 723, 25, 2020.
10. Al-Khashman O.A. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: a three-year follow-up. *Water Resources Management*, 2007, 21(7), pp. 1145-1163.
11. Ibeneme S. Assessment of the Chemical Characteristics of a Spring Water Source at Ife-Owutu, Ezinihite-Mbaise, Southeastern Nigeria. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 2013, Volume-02, Issue-10, pp. 282-290.

12. Jebreen, H. Spring Water Qualitative Assessment in Mountainous Areas, Case Study: Soreq Catchment/Ramallah/West Bank. *Journal of Water Resource and Protection*, 2015, vol. 7, pp. 851-859.
13. Chauhan J. S., Badwal T., Neha Badola N. Assessment of potability of spring water and its health implication in a hilly village of Uttarakhand, India. *Applied Water Science*, 2020, 10:73. DOI: 10.1007/s13201-020-1159-6
14. Abbasnia A, Yousef N, Mahvi AH, Nabizadeh R, Radfard M, Yousef M, Ali-mohammadi M. Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: case study of Sistan and Baluchistan province (Iran). *J Hum Ecol Risk Assess Int J* 4, 2018, pp. 988-1005.
15. Reda, H. Assessment of Physicochemical Quality of Spring Water in Arbaminch, Ethiopia. *Environmental Analytical Chemistry*, vol. 2.5, 2015.
16. GOST 31861-2012. Voda. obshhie trebovaniya k otboru prob [Water. General demands to sampling]. Moscow, *Standartinform Publ.*, 2019. pp. 32.
17. GOST P 57164-2016. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zapaha, vkusa i mutnosti [Drinking water. Methods for the determination of odor, taste and turbidity]. Moscow, *Standartinform Publ.*, 2019. pp. 18.
18. RD 52.24.419-2005. Massovaya koncentraciya rastvorennogo kisloroda v vodah. Metodika vypolneniya izmerenij jodometricheskim metodom [Mass concentration of dissolved oxygen in waters. Methodology for making measurements by the iodometric method]. *Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy*. 23 p.
19. GOST 33045-2014. Voda. Metody opredeleniya azotsoderzhashchih veshchestv [Water. Methods for the determination of nitrogen-containing substances]. Moscow, *Standartinform Publ.*, 2019. pp. 20.
20. GOST 18309-2014. Voda. Metody opredeleniya fosforsoderzhashchih veshchestv [Water. Methods for the determination of phosphorus-containing substances]. Moscow, *Standartinform Publ.*, 2015. pp. 22.
21. GOST 4011-72. Voda pit'evaya. Metody izmereniya massovoj koncentracii obshchego zheleza [Drinking water. Methods for measuring the mass concentration of total iron]. Moscow, *Standartinform Publ.*, 2008. pp. 466-472.
22. *Gidrohimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchej sredy: spravochnye materialy* [Hydrochemical indicators of the state of the environment: reference materials] / Ed. T.V. Guseva. M.: INFRA-M, 2010. pp. 192.
23. Godovoj doklad ob ekologicheskoy situacii v Bryanskoj oblasti v 2019 g. «Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda Bryanskoj oblasti» [Annual report on the environmental situation in the Bryansk region in 2019 "Natural re-

- sources and the environment of the Bryansk region”]. Bryansk: Departament prirodnih resursov i ekologii Bryanskoj oblasti, 2020. pp. 276.
24. Gagarina O.V., YUnusova L.Z. Ohrana rodnikov kak istochnikov pit’evogo vodosnabzheniya v aspekte razvitiya Federal’noj, regional’noj i mestnoj normativno-pravovoj bazy. [Protection of springs as sources of drinking water supply in the aspect of the development of the Federal, regional and local regulatory framework]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*. [Bulletin of the Udmurt University]. 2015. №. 2. pp. 7-16.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Соболева Ольга Александровна, аспирант кафедры географии, экологии, землеустройства

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация
OAsoboleva@bk.ru

Анищенко Лидия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация

Щетинская Ольга Стефановна, кандидат химических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация

Долганова Марина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация

Демихов Владимир Тихонович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Soboleva Olga Alexandrovna, PhD Student

*Bryansk state university of academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
E-mail: OAsoboleva@bk.ru
SPIN-code: 6657-3300*

Anishchenko Lidiya Nikolaevna, PhD (Agricultural), Dr. Habil, Professor

*Bryansk state university of academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
SPIN-code: 6600-6010
ORCID: 0000-0003-4842-5174*

Shchetinskaya Olga Stefanovna, PhD (Chemistry), Associate Professor

*Bryansk state university of academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation*

Dolganova Marina Vladimirovna, PhD (Biology), associate professor

*Bryansk state university of academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
SPIN-code: 7745-6513
ORCID: 0000-0001-8857-3513*

Demichov Vladimir Tichonovach, PhD (Agricultural), Dr. Habil, Associate Professor

*Bryansk state university of academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
SPIN-code: 7402-60
ORCID: 0000-0002-1657-3896*

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-150-164

УДК 616.12.127: 616-056.52

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАНТОВ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У МУЖЧИН МИГРАНТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ, РАЗЛИЧНЫХ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ

Яскевич Р.А., Москаленко О.Л.

Цель. Изучение вариантов ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) у мужчин, жителей Севера с артериальной гипертонией (АГ), различных конституциональных типов, переехавших на постоянное место жительства в Центральную Сибирь.

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 172 пациента с АГ мужского пола. В основную группу вошло 86 мужчин с АГ, ранее проживавших в условиях Крайнего Севера. Использовалась стандартная методика антропометрического исследования с последующим определением конституциональных типов, а также определение типов геометрического ремоделирования ЛЖ по данным ультразвукового исследования сердца. *Результаты.* Данные проведенного исследования выявили конституциональные особенности частоты неблагоприятных типов ремоделирования у мужчин обследованных групп. Мигранты с АГ характеризуются высокой частотой эксцентрической гипертрофии ЛЖ при брюшном соматотипе и высокой частотой концентрической гипертрофии ЛЖ при мускульном, в то время как мужчины с АГ, постоянно проживающих в г. Красноярске, характеризуются высокой частотой концентрической гипертрофии ЛЖ при брюшном соматотипе и высокой частотой эксцентрической гипертрофии ЛЖ при мускульном соматотипе.

Заключение. Неблагоприятные типы геометрии ЛЖ среди мигрантов Крайнего Севера чаще встречаются у лиц с конституциональными типами, характеризующиеся высоким содержанием жировой ткани (брюшной соматотип) и мышечной ткани (мускульный соматотип).

Ключевые слова: артериальная гипертония; ремоделирование миокарда левого желудочка; соматотип; Крайний Север.

FEATURES OF LEFT VENTRICULAR REMODELING OPTIONS IN MALE MIGRANTS OF THE FAR NORTH WITH ARTERIAL HYPERTENSION, DIFFERENT CONSTITUTIONAL TYPES

Yaskevich R.A., Moskalenko O.L.

Purpose. Study of left ventricular (LV) remodeling options in men, residents of the North with arterial hypertension (AG), various constitutional types who moved to permanent residence in Central Siberia.

Materials and methods. The study involved 172 male AG patients. The main group included 86 men from the AG who had previously lived in the Far North. A standard anthropometric examination technique was used, followed by the definition of constitutional types, as well as the definition of geometric LV remodeling types from cardiac ultrasound data.

Results. The data of the conducted study revealed the constitutional features of the incidence of adverse types of remodeling in men of the examined groups. Migrants with AG are characterized by a high frequency of eccentric LV hypertrophy in abdominal somatotype and a high frequency of concentric LV hypertrophy in muscular, while men with AG permanently living in Krasnoyarsk are characterized by a high frequency of concentric LV hypertrophy in abdominal somatotype and a high frequency of eccentric LV hypertrophy

Conclusion. Adverse types of LV geometry among migrants of the Far North are more common in individuals with constitutional types characterized by high adipose tissue (abdominal somatotype) and muscle tissue (muscular somatotype).

Keywords: arterial hypertension; left ventricular myocardial remodeling; somatotype; Far North.

Введение

Заболевания сердечно-сосудистой системы как причина инвалидизации и летальности среди других нозологических форм занимают одно из первых мест не только во всем мире [21, 23, 25], но и в России [1, 12, 18, 22]. Между различными формами сердечно-сосудистой патологии, артериальная гипертензия (АГ) привлекает всеобщее внимание, которое обусловлено её высокой популяционной частотой, негативным влиянием на состояние здоровья, работоспособность и продолжительность жизни населения [3, 18, 24]. Своевременный контроль факторов риска

ССЗ на ранней стадии заболевания, может предотвратить дальнейшее развитие патологического процесса [4, 7, 12, 19]. Известно, что независимым предиктором заболеваемости и смертности от ССЗ является масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ) [5, 6], а масса тела была признана в качестве наиболее важного детерминирующего признака ММЛЖ [19]. Считается, что независимо от наличия или отсутствия АГ, ожирение связано с увеличением ЛЖ. В связи с чем, в качестве мер по профилактики или уменьшения гипертрофии ЛЖ (ГЛЖ) было рекомендовано снижение массы тела [18]. Также установлено, что из компонентов массы тела, наиболее тесно связана с ГЛЖ её жировая [17] и мышечная составляющие [20].

В ходе проведенных ранее исследований выделен «северный» вариант АГ [13], для которого характерно сглаженность суточного профиля АД, нарушение циркадности суточного ритма, повышение метеочувствительности, более жесткое течение и более раннее поражение органов-мишеней, обусловленное гипертрофией миокарда ЛЖ и трофическими изменениями сосудистой стенки [13, 24]. Проживание человека в гипокомфортных климатогеографических условиях в сочетании с антропогенной нагрузкой приводит к более интенсивному использованию адаптационных резервов организма и как следствие, скорейшему их истощению [13]. Воздействие факторов внешней среды на организм человека может выражаться в различии антропометрических параметров населения [15, 16]. Индивидуально-типологические особенности человека можно считать маркерами, характеризующими особенности клинических проявлений, которые могут быть использованы в прогнозе развития тех или иных заболеваний и тяжести их течения [2, 8, 10, 14, 15]. Имеются данные о том, что определённое внешнее строение тела человека может соответствовать не только определённому внутреннему его строению, но и анатомо-физиологическим особенностям сердца и сосудов [8, 11]. В связи с этим большой интерес представляет изучение взаимосвязи конституциональных особенностей и вариантов ремоделирования левого желудочка у жителей Севера с АГ, различных конституциональных типов, переехавших на постоянное место жительства в Центральную Сибирь.

Цель исследования

Изучить частоту вариантов ремоделирования ЛЖ у мужчин, жителей Севера с АГ, различных конституциональных типов, переехавших на постоянное место жительства в Центральную Сибирь.

Материалы и методы

Для изучения частоты вариантов ремоделирования ЛЖ у лиц с АГ различных типов конституции, обследовано 172 пациента мужского пола, проходивших стационарное лечение в кардиологическом отделении НИИ медицинских проблем Севера – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН (НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН) г. Красноярск. Основную группу составили – мужчины пришлого населения (европеоиды) с АГ, ранее проживавшие на Крайнем Севере (г. Норильск) и переехавшие на постоянное место жительства в Центральную Сибирь (г. Красноярск, г. Минусинск) (86 чел., медиана возраста – 63 [56; 69] года), группу сравнения – мужчины с АГ, постоянно проживающие в г. Красноярске (86 чел., медиана возраста – 64 [58; 68] года). Сравнимые группы по не имели различий по возрасту ($U=15737,0$; $Z=-0,64$; $p=0,518$). Все участвующие в обследовании пациенты давали письменное информированное согласие. Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами проведения исследований с участием человека Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (Declaration of Helsinki), пересмотр 2013 г. и было одобрено локальным этическим комитетом НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН.

Антропометрическое исследование проводилось по общепринятым правилам антропометрических измерений. Соматотипирование проводилось по методу Бунака В. В. (1931) в модификации Чтецова В. П. с соавт. (1978) [8].

Типы геометрического ремоделирования ЛЖ определяли по классификации Ganau A. с соавт. (1992), на основе определения индекса массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ) и относительной толщины стенок ЛЖ (ОТСЛЖ). Гипертрофию миокарда ЛЖ диагностировали при значениях ИММЛЖ 115 г/м^2 и более для мужчин и 95 г/м^2 и более для женщин. У пациентов с эксцентрической гипертрофией ЛЖ, концентрической гипертрофией ЛЖ и концентрическим ремоделированием ЛЖ геометрическая модель ЛЖ рассматривалась как патологическая.

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программы Statistica 6.0 № EXXR202F256520FAN10 («StatSoft», США). Количественные данные представляли в виде медианы Me и межквартильного диапазона $[C_{25}; C_{75}]$. Статистическую значимость различий между группами при проверке нулевой гипотезы оценивали согласно критерию Манна-Уитни-Вилкоксона. Оценка сравнения качественных показателей проводилась с использованием критерия χ^2 (chi-square) Пирсона.

Критический уровень статистической значимости при проверке нулевой гипотезы принимали при 95% уровне значимости ($p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение

На основании результатов проведенного антропометрического исследования, обследованные мигранты и жители г. Красноярск, мужского пола, были распределены по соматотипам (рис.1). Среди мужчин мигрантов, больных АГ, чаще определялся мускульный конституциональный тип – 50,0% (43 чел. из 86) ($p=0,001$), реже наблюдались лица с брюшным типом конституции – 38,4% (33 чел. из 86), неопределенным – 7,0% (6 чел. из 86) и грудным – 4,7% (4 чел. из 86) соответственно (рис.1). Среди мужчин, постоянно проживающих в г. Красноярске (39 чел.) чаще встречался брюшной соматотип 47,7% (41 чел. из 86) ($p=0,001$), реже мускульный – 41,9% (36 чел. из 86), неопределенный – 5,8% (5 чел. из 86) и грудной – 4,7% (4 чел. из 86) (рис.1) соответственно.

Полученные результаты согласуются с данными проведенных ранее исследований среди мужчин г. Красноярск с АГ [15, 16] а также с результатами исследований Деревянных Е.В. с соавт. (2016) [2] и Козлова Е.В. с соавт. (2019) [9], согласно которых, самую многочисленную группу среди обследованных мужчин с АГ составили представители брюшного соматотипа.

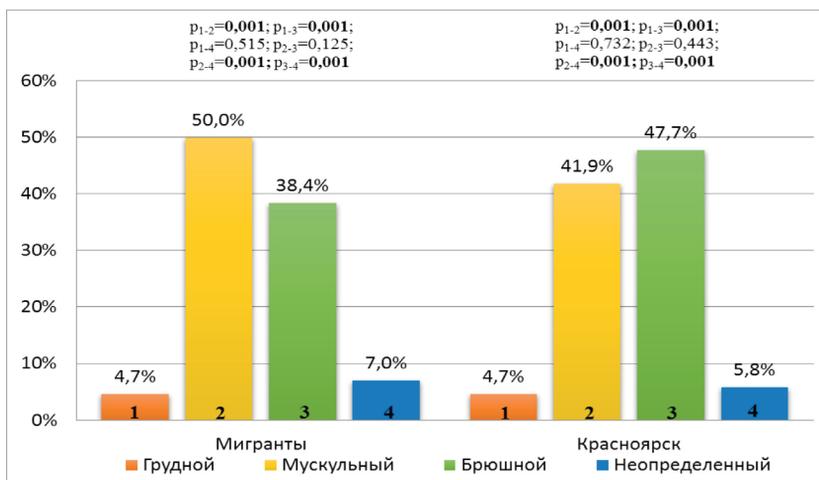


Рис. 1. Конституциональная характеристика обследуемых с АГ, мигрантов и жителей г. Красноярск.

Установлено, что между собой обследуемые группы не имели статистически значимых различий по частоте изучаемых конституциональных типов: брюшной соматотип – 38,4% vs 47,7% ($\chi^2=1,52$, $df=1$, $p=0,218$), грудной – 4,7% vs 4,7% ($\chi^2=0,00$, $df=1$, $p=1,000$), мускульный 50,0% vs 41,9% ($\chi^2=1,15$, $df=1$, $p=0,284$) и неопределенный – 7,0% vs 5,8% ($\chi^2=0,10$, $df=1$, $p=0,755$) тип конституции соответственно.

Проведен анализ уровней АД среди обследованных мужчин обеих групп с АГ, различных конституциональных типов. Отмечено, что наименьшие цифры АД среди мужчин больных АГ, обеих групп, определялись при грудном конституциональном типе, тогда как наибольшие значения АД, на уровне тенденции, отмечались среди лиц с брюшным типом конституции. Подобные тенденции были установлены ранее при обследовании мужчин, медицинских работников с АГ [2] и при изучении частоты нарушений ритма сердца у мужчин с АГ, различных соматотипов [15]. Между собой обследуемые группы мужчин не имели статистически значимых различий по уровням АД.

Исходя из полученных данных ультразвукового исследования сердца, пациенты обеих групп с АГ были разделены на группы согласно классификации Ganau A. с соавт. (1992) (рис. 2).

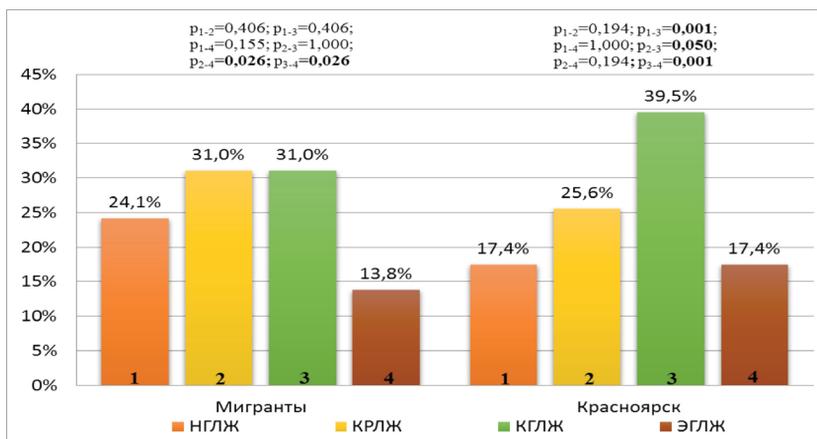


Рис. 2. Частота вариантов ремоделирования ЛЖ у обследуемых с АГ, мигрантов и жителей г Красноярска.

Примечание: НГЛЖ – нормальная геометрия ЛЖ, КРЛЖ – концентрическое ремоделирование ЛЖ, КГЛЖ – концентрическая гипертрофия ЛЖ, ЭГЛЖ – эксцентрическая гипертрофия ЛЖ.

У 24,1% (14 чел. из 58) мигрантов Крайнего Севера, больных АГ ИММ-ЛЖ и геометрия ЛЖ соответствовали нормативным величинам. Около трети обследованных имели концентрическое ремоделирование ЛЖ (КРЛЖ) – 31,0% (18 чел. из 58) и концентрическую ГЛЖ (КГЛЖ) – 31,0% (18 чел. из 58), реже эксцентрическую ГЛЖ (ЭГЛЖ) – 13,8% (8 чел. из 58) соответственно ($p=0,026$).

Изучена частота вариантов ремоделирования ЛЖ у мигрантов с АГ различных соматотипов (табл. 1).

Таблица 1.

Частота встречаемости вариантов ремоделирования левого желудочка у мигрантов Крайнего Севера с АГ, различных соматотипов

| Тип ремоделирования | Соматотипы | | | | <i>p</i> |
|----------------------------|---|---|---|---|---|
| | 1. Грудной | 2. Мускульный | 3. Брюшной | 4. Неопределенный | |
| | абс. (%) | абс. (%) | абс. (%) | абс. (%) | |
| 1. Нормальная геометрия ЛЖ | 1 (7,1%) | 8 (57,1%) | 4 (28,6%) | 1 (7,1%) | $p_{1,2}=0,020$; $p_{1,3}=0,244$; $p_{1,4}=0,674$; $p_{2,3}=0,157$; $p_{2,4}=0,114$; $p_{3,4}=0,562$ |
| 2. Концентрическое РЛЖ | 1 (5,6%) | 7 (38,9%) | 9 (50,0%) | 1 (5,6%) | $p_{1,2}=0,040$; $p_{1,3}=0,010$; $p_{1,4}=0,674$; $p_{2,3}=0,502$; $p_{2,4}=0,178$; $p_{3,4}=0,070$ |
| 3. Концентрическая ГЛЖ | 0 (0,0%) | 11 (61,1%) | 6 (33,3%) | 1 (5,6%) | $p_{1,2}=0,001$; $p_{1,3}=0,017$; $p_{1,4}=0,176$; $p_{2,3}=0,095$; $p_{2,4}=0,022$; $p_{3,4}=0,269$ |
| 4. Эксцентрическая ГЛЖ | 1 (12,5%) | 3 (37,5%) | 4 (50,0%) | 0 (0,0%) | $p_{1,2}=0,419$; $p_{1,3}=0,244$; $p_{1,4}=0,439$; $p_{2,3}=0,674$; $p_{2,4}=0,220$; $p_{3,4}=0,147$ |
| <i>p</i> | $p_{1,2}=1,000$; $p_{1,3}=0,309$; $p_{1,4}=1,000$; $p_{2,3}=0,309$; $p_{2,4}=1,000$; $p_{3,4}=0,309$ | $p_{1,2}=0,735$; $p_{1,3}=0,317$; $p_{1,4}=0,070$; $p_{2,3}=0,182$; $p_{2,4}=0,137$; $p_{3,4}=0,006$ | $p_{1,2}=0,083$; $p_{1,3}=0,457$; $p_{1,4}=1,000$; $p_{2,3}=0,311$; $p_{2,4}=0,083$; $p_{3,4}=0,457$ | $p_{1,2}=1,000$; $p_{1,3}=1,000$; $p_{1,4}=0,302$; $p_{2,3}=1,000$; $p_{2,4}=0,302$; $p_{3,4}=0,302$ | |

Так, при грудном соматотипе НГЛЖ наряду с КРЛЖ и ЭГЛЖ встречалась с одинаковой частотой – 33,3%, лиц с КГЛЖ выявлено не было. При мускульном конституциональном типе чаще, на уровне тенденции, выявлялась КГЛЖ – 37,9%, в сравнении с НГЛЖ – 27,6%, КРЛЖ – 24,1% и ЭГЛЖ – 10,3%. При брюшном соматотипе чаще, на уровне тенденции, выявлялись лица, имеющие КРЛЖ – 39,1%, в сравнении с НГЛЖ – 17,4%, КГЛЖ – 26,1% и ЭГЛЖ – 17,4% соответственно. При неопределенном типе конституции НГЛЖ наряду с КРЛЖ и КГЛЖ встречалась с одинаковой частотой – 33,3%, лиц с ЭГЛЖ выявлено не было.

При сравнении частоты вариантов ремоделирования ЛЖ между группами соматотипов можно отметить, что имеется тенденция к более высо-

кой частоте КРЛЖ – 50,0% и ЭГЛЖ – 50,0% при брюшном соматотипе и высокой частоте КГЛЖ – 61,1% при мускульном типе.

При изучении частота вариантов ремоделирования ЛЖ у мужчин с АГ различных соматотипов, постоянно проживающих в г. Красноярске (табл. 2) установлено, что при грудном соматотипе КГЛЖ и ЭГЛЖ встречалась с одинаковой частотой – 50%, лиц с НГЛЖ и КРЛЖ при этом типе конституции выявлено не было.

Таблица 2.

Частота встречаемости вариантов ремоделирования левого желудочка у жителей г. Красноярска с АГ, различных соматотипов

| Тип ремоделирования | Соматотипы | | | | p |
|----------------------------|--|--|--|--|--|
| | 1. Грудной | 2. Мускульный | 3. Брюшной | 4. Неопределенный | |
| | абс. (%) | абс. (%) | абс. (%) | абс. (%) | |
| 1. Нормальная геометрия ЛЖ | 0 (0,0%) | 6 (40,0%) | 9 (60,0%) | 0 (0,0%) | $p_{1,2}=0,027; p_{1,3}=0,027; p_{1,4}=1,000; p_{2,3}=0,947; p_{2,4}=0,027; p_{3,4}=0,027$ |
| 2. Концентрическое РЛЖ | 0 (0,0%) | 8 (36,4%) | 10 (45,5%) | 4 (18,2%) | $p_{1,2}=0,008; p_{1,3}=0,019; p_{1,4}=0,032; p_{2,3}=0,586; p_{2,4}=0,536; p_{3,4}=0,845$ |
| 3. Концентрическая ГЛЖ | 2 (5,9%) | 13 (38,2%) | 18 (52,9%) | 1 (2,9%) | $p_{1,2}=0,005; p_{1,3}=0,009; p_{1,4}=0,543; p_{2,3}=0,651; p_{2,4}=0,001; p_{3,4}=0,002$ |
| 4. Экцентрическая ГЛЖ | 2 (13,3%) | 9 (60,0%) | 4 (26,7%) | 0 (0,0%) | $p_{1,2}=0,072; p_{1,3}=0,877; p_{1,4}=0,143; p_{2,3}=0,012; p_{2,4}=0,004; p_{3,4}=0,166$ |
| <i>p</i> | $p_{1,2}=1,000; p_{1,3}=0,143; p_{1,4}=0,143; p_{2,3}=0,143; p_{2,4}=0,143; p_{3,4}=1,000$ | $p_{1,2}=0,517; p_{1,3}=0,033; p_{1,4}=0,340; p_{2,3}=0,131; p_{2,4}=0,757; p_{3,4}=0,228$ | $p_{1,2}=0,787; p_{1,3}=0,026; p_{1,4}=0,123; p_{2,3}=0,049; p_{2,4}=0,072; p_{3,4}=0,001$ | $p_{1,2}=0,032; p_{1,3}=0,309; p_{1,4}=1,000; p_{2,3}=0,142; p_{2,4}=0,032; p_{3,4}=0,309$ | |

При мускульном конституциональном типе чаще, на уровне тенденции, выявлялась КГЛЖ – 36,1%, в сравнении с НГЛЖ – 16,7%, КРЛЖ – 22,2% и ЭГЛЖ – 25,0%. При брюшном соматотипе чаще, на уровне тенденции, выявлялись лица, имеющие КГЛЖ – 43,9%, в сравнении с НГЛЖ – 22,0%, КРЛЖ – 24,4% и ЭГЛЖ – 9,8% соответственно. При неопределенном типе конституции КРЛЖ выявлялось у 80% и КГЛЖ у 20% обследованных мужчин, лиц с НГЛЖ и КРЛЖ, при данном конституциональном типе, выявлено не было.

При сравнительном анализе частоты вариантов ремоделирования ЛЖ между группами соматотипов мужчин, постоянно проживающих в г. Красноярске, можно отметить, что имеется тенденция к более высокой частоте КРЛЖ – 45,0% и КГЛЖ – 52,9% при брюшном соматотипе и высокой частоте ЭГЛЖ – 60,0% при мускульном типе конституции (табл. 2).

Резюмируя вышеизложенное следует отметить, что проведенное исследование позволило выявить и количественно охарактеризовать распределение неблагоприятных типов ремоделирования ЛЖ у мужчин, мигрантов Крайнего Севера и лиц, постоянно проживающих в г. Красноярске с АГ, по конституциональным типам. Выявленные конституциональные особенности частоты неблагоприятных типов геометрии ЛЖ у мужчин обследованных групп могут быть использованы для персонифицированной оценки сердечно-сосудистого риска.

Выводы

Установлено, что неблагоприятные типы геометрии ЛЖ чаще встречаются у лиц с конституциональными типами, характеризующиеся высоким содержанием жировой ткани (брюшной соматотип) и мышечной ткани (мускульный соматотип) как среди мужчин мигрантов, так и среди мужчин, постоянно проживающих в г. Красноярске. Выявлены конституциональные особенности частоты неблагоприятных типов геометрии ЛЖ у мужчин обследованных групп. Для мигрантов с АГ характерна высокая частота ЭГЛЖ при брюшном соматотипе и высокая частота КГЛЖ при мускульном, в то время как для постоянно проживающих в г. Красноярске, характерна высокая частота КГЛЖ при брюшном соматотипе и высокая частота ЭГЛЖ при мускульном соматотипе.

Список литературы

1. Давыдов Е. Л., Ульянова И. О. Медико-социальные аспекты больных артериальной гипертонией в пожилом возрасте // Клиническая геронтология. 2016. Т. 22, № 9-10. С. 24-25.
2. Деревянных Е. В., Яскевич Р. А., Балашова Н. А. Антропометрические особенности и компонентный состав массы тела у мужчин медицинских работников с артериальной гипертонией // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 6-2. С. 252-256.
3. Деревянных Е. В., Яскевич Р. А., Балашова Н. А. Возрастные особенности приверженности к лечению артериальной гипертонии у мужчин г. Красноярска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 6-1. С. 48-52.
4. Деревянных Е. В., Яскевич Р. А., Балашова Н. А., Москаленко О. Л. Распространенность избыточной массы тела среди женщин медицинских работников крупной клинической больницы города Красноярска // В мире научных открытий. 2016. № 7 (79). С. 26-46.

5. Кандилова В. Н. Ремоделирование сердца и сосудов при артериальной гипертензии: роль сопутствующего ожирения // Клиницист. 2020. Т. 14, № 1-2. С. 62-72.
6. Кедринская А. Г., Куприенко Н. Б., Образцова Г. И., Леонова И.А. Структурные изменения сердца и антропометрические маркеры ремоделирования миокарда при избыточной массе тела и ожирении у детей // Артериальная гипертензия. 2018. Т. 24, № 5. С.570-580.
7. Клеменков А. С., Фурсова Я. Е., Клеменков С. В. и др. Влияние общих пресных ванн и физических тренировок при разной длительности назначения на физическую работоспособность больных стабильной стенокардией с нарушением ритма // Фундаментальные исследования. 2006. № 3. С. 13.
8. Коган М. П., Филимонова Е. Э., Сорокин Е. Л., Кривко С. В. Возможности использования типологии морфофункционального строения организма человека в клинических исследованиях // Здравоохранение Дальнего Востока. 2020. № 1 (83). С. 90-94.
9. Козлов Е. В., Яскевич Р. А., Москаленко О. Л., Кочергина К. Н. Антропометрические особенности и компонентный состав массы тела у мужчин с хронической обструктивной болезнью легких в условиях коморбидности // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. № 4. С. 56-73.
10. Москаленко О. Л. Характеристика свойств темперамента у юношей-студентов разных соматотипов г. Железногорска // В мире научных открытий. 2015. № 8.1 (68). С. 442-449.
11. Никитюк Д. Б., Николенко В. Н., Хайруллин Р. М. и др. Антропометрический метод и клиническая медицина // Журнал анатомии и гистопатологии. 2013. Т. 2, № 2. С. 10-14.
12. Поликарпов Л. С., Хамнагадаев И. И., Яскевич Р. А., Деревянных Е. В. Артериальная гипертензия (распространенность, профилактика, адаптация и реадаптация к различным экологическим условиям). Красноярск: КрасГМУ, 2010. 289 с.
13. Хаснулин В. В., Воевода М. И., Хаснулин П. В., Артамонова О. Г. Современный взгляд на проблему артериальной гипертензии в приполярных и арктических регионах. Обзор литературы // Экология человека. 2016. №3. С.43-51.
14. Яскевич Р. А., Деревянных Е. В., Балашова Н. А. Использование показателей соматотипирования у мужчин в построении математических моделей прогноза развития артериальной гипертензии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 1-1. С. 64-69.

15. Яскевич Р. А., Повshedная О. Н., Деревянных Е. В. Нарушения ритма сердца у мужчин, жителей Сибири, с артериальной гипертонией различных конституциональных типов // Успехи современного естествознания. 2015. № 3. С. 127-132.
16. Яскевич Р. А., Москаленко О. Л. Антропометрические особенности и компонентный состав массы тела у мужчин мигрантов Крайнего Севера с артериальной гипертонией // В мире научных открытий. 2016. № 10 (82). С. 10-34.
17. Яскевич Р. А. Частота вариантов ремоделирования левого желудочка у больных с артериальной гипертонией различных конституциональных типов // Научное обозрение. Медицинские науки. 2020. № 4. С. 81-87.
18. Artyukhov I. P., Grinshtein Y. I., Petrova M. M. et al. Prevalence of arterial hypertension in the Krasnoyarsk Krai (Siberia, Russia) // BMC Cardiovasc. Disord. 2017. Vol. 17. P. 138.
19. Britton K.A., Massaro J. M., Murabito J. M. et al. Body fat distribution, incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality // J. Am. Coll. Cardiol. 2013. Vol. 62, N.10. – P.921-925.
20. Kim N. Y., Hong Y. M., Jung J. W. et al. The relationships of body mass index, waist-to-height ratio, and body fat percentage with blood pressure and its hemodynamic determinants in Korean adolescents: a school-based study // Korean J. Pediatr. 2013. Vol. 56, N 12. P. 526-533.
21. Nichols M., Townsend N., Scarborough P., Rayner M. Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update // Eur. Heart J. 2013. Vol.34. P. 3028-3034.
22. Polikarpov L. S., Yaskovich R. A., Derevyannich E. V. et al. Readaptation of patients with arterial hypertension long-term residents of the Far North to new climatic conditions // International Journal of Circumpolar Health. 2012. Vol. 72, S 1. P. 337-339.
23. Selvaraj S., Martinez E. E., Aguilar F. G. et al. Association of central adiposity with adverse cardiac mechanics: findings from the HyperGEN Study // Circ.: Cardiovasc. Imaging. 2016. Vol. 9, N 6. P. e004396.
24. Shurkevich N. P., Vetoshkin A. S., Gapon L. I., Gubin D. G. Structural changes in myocardium and 24-hour blood pressure profile in subjects with arterial hypertension studies during shift work in far north // European Heart Journal. 2018. Vol. 39, S 1. P. 596.
25. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH) // European Heart Journal. 2018. Vol. 39, N 33. P. 3021-104.

References

1. Davydov E. L., Ul'yanova I. O. Mediko-sotsial'nye aspekty bol'nykh arterial'noy gipertoniei v pozhilom vozraste [Medico-social aspects of patients with arterial hypertension in old age]. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical gerontology]. 2016. V. 22. № 9-10. P. 24-25.
2. Derevyannykh E. V., Yaskevich R. A., Balashova N. A. Antropometricheskie osobennosti i komponentnyy sostav massy tela u muzhchin meditsinskikh rabotnikov s arterial'noy gipertoniei [Anthropometric characteristics and component composition of body weight in male medical workers with arterial hypertension]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016. № 6-2. P. 252-256.
3. Derevyannykh E. V., Yaskevich R. A., Balashova N. A. Vozrastnye osobennosti priverzhennosti k lecheniyu arterial'noy gipertonii u muzhchin g. Krasnoyarska [Age characteristics of adherence to the treatment of arterial hypertension in men in Krasnoyarsk]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016. № 6-1. P. 48-52.
4. Derevyannykh E. V., Yaskevich R. A., Balashova N. A., Moskalenko O. L. Rasprostranennost' izbytochnoy massy tela sredi zhenshchin meditsinskikh rabotnikov krupnoy klinicheskoy bol'nitsy goroda Krasnoyarska [Prevalence of overweight among women medical workers of a large clinical hospital in Krasnoyarsk]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries]. 2016. № 7(79). P. 26-46.
5. Kandilova V. N. Remodelirovanie serdtsa i sosudov pri arterial'noy gipertenzii: rol' soputstvuyushchego ozhireniya [Remodeling of the heart and blood vessels in arterial hypertension: the role of concomitant obesity]. *Klinitsist* [Clinician]. 2020. V. 14. № 1-2. P. 62-72.
6. Kedrinskaya A. G., Kuprienko N. B., Obraztsova G. I., Leonova I.A. Strukturnye izmeneniya serdtsa i antropometricheskie markery remodelirovaniya miokarda pri izbytochnoy masse tela i ozhirenii u detey [Structural changes in the heart and anthropometric markers of myocardial remodeling in overweight and obesity in children]. *Arterial'naya gipertenziya* [Arterial hypertension]. 2018. V. 24. № 5. P.570-580.
7. Klemenkov A. S., Fursova Ya. E., Klemenkov S. V. i dr. Vliyanie obshchikh presnykh vann i fizicheskikh trenirovok pri raznoy dlitel'nosti naznacheniya na fizicheskuyu rabotosposobnost' bol'nykh stabil'noy stenokardiey s narusheniem ritma [Influence of general fresh baths and physical training with different duration of appointment on the physical performance of patients with stable angina pectoris with rhythm disturbances]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2006. № 3. P. 13.

8. Kogan M. P., Filimonova E. E., Sorokin E. L., Krivko S. V. Vozmozhnosti ispol'zovaniya tipologii morfofunktsional'nogo stroeniya organizma cheloveka v klinicheskikh issledovaniyakh [Possibilities of using the typology of the morphofunctional structure of the human body in clinical research]. *Zdravookhranenie Dal'nego Vostoka* [Healthcare of the Far East]. 2020. №1(83). P. 90-94.
9. Kozlov E. V., Yaskevich R. A., Moskalenko O. L., Kochergina K. N. Antropometricheskie osobennosti i komponentnyy sostav massy tela u muzhchin s khronicheskoy obstruktivnoy bolezn'yu legkikh v usloviyakh komorbidnosti [Anthropometric features and component composition of body weight in men with chronic obstructive pulmonary disease in conditions of comorbidity]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019. V. 11. № 4. P. 56-73.
10. Moskalenko O. L. Kharakteristika svoystv temperamenta u yunoshey-studentov raznykh somatotipov g. Zheleznogorska [Characteristics of the properties of temperament in young men-students of different somatotypes of the city of Zheleznogorsk]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries]. 2015. № 8.1(68). P. 442-449.
11. Nikityuk D. B., Nikolenko V. N., Khayrullin R. M. i dr. Antropometricheskii metod i klinicheskaya meditsina [Anthropometric method and clinical medicine]. *Zhurnal anatomii i gistopatologii* [Journal of Anatomy and Histopathology]. 2013. V. 2. № 2. P. 10-14.
12. Polikarpov L. S., Khamnagadaev I. I., Yaskevich R. A., Derevyannykh E. V. *Arterial'naya gipertoniya (rasprostranennost', profilaktika, adaptatsiya i readaptatsiya k razlichnym ekologicheskim usloviyam)* [Arterial hypertension (prevalence, prevention, adaptation and readaptation to various environmental conditions)]. Krasnoyarsk: KrasGMU. 2010. 289 p.
13. Khasnulin V. V., Voevoda M. I., Khasnulin P. V., Artamonova O. G. Sovremennyy vzglyad na problemu arterial'noy gipertenzii v pripolyarnykh i arkticheskikh regionakh. Obzor literatury [Modern view of the problem of arterial hypertension in the circumpolar and arctic regions. Literature review]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016. №3. P.43-51.
14. Yaskevich R. A., Derevyannykh E. V., Balashova N. A. Ispol'zovanie pokazateley somatotipirovaniya u muzhchin v postroenii matematicheskikh modeley prognoza razvitiya arterial'noy gipertonii [The use of somatotyping indicators in men in the construction of mathematical models for predicting the development of arterial hypertension]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2015. № 1-1. P. 64-69.
15. Yaskevich R. A., Povshednaya O. N., Derevyannykh E. V. Narusheniya ritma serdtsa u muzhchin, zhiteley Sibiri, s arterial'noy gipertoniey razlichnykh konstitut-

- sional'nykh tipov [Heart rhythm disturbances in men, inhabitants of Siberia, with arterial hypertension of various constitutional types]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science]. 2015. № 3. P. 127-132.
16. Yaskevich R. A., Moskalenko O. L. Antropometricheskie osobennosti i komponentnyy sostav massy tela u muzhchin migrantov Kraynego Severa s arterial'noy gipertoniey [Anthropometric characteristics and component composition of body weight in male migrants of the Far North with arterial hypertension]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries]. 2016. № 10 (82). P. 10-34.
 17. Yaskevich R.A. Chastota variantov remodelirovaniya levogo zheludochka u bol'nykh s arterial'noy gipertoniey razlichnykh konstitutsional'nykh tipov [Frequency of variants of left ventricular remodeling in patients with arterial hypertension of various constitutional types]. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki* [Scientific Review. Medical sciences]. 2020. № 4. P. 81-87.
 18. Artyukhov I. P., Grinshtein Y. I., Petrova M. M. et al. Prevalence of arterial hypertension in the Krasnoyarsk Krai (Siberia, Russia). *BMC Cardiovasc. Disord.* 2017. Vol. 17. P. 138.
 19. Britton K.A., Massaro J. M., Murabito J. M. et al. Body fat distribution, incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013. Vol. 62. N.10. P.921-925.
 20. Kim N. Y., Hong Y. M., Jung J. W. et al. The relationships of body mass index, waist-to-height ratio, and body fat percentage with blood pressure and its hemodynamic determinants in Korean adolescents: a school-based study. *Korean J. Pediatr.* 2013. Vol. 56. N12. P. 526-533.
 21. Nichols M., Townsend N., Scarborough P., Rayner M. Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update. *Eur. Heart J.* 2013. Vol.34. P. 3028-3034.
 22. Polikarpov L.S., Yaskevich R.A., Derevyannich E.V. et al. Readaptation of patients with arterial hypertension long-term residents of the Far North to new climatic conditions. *International Journal of Circumpolar Health.* 2012. Vol. 72. S 1. P. 337-339.
 23. Selvaraj S., Martinez E. E., Aguilar F. G. et al. Association of central adiposity with adverse cardiac mechanics: findings from the HyperGEN Study. *Circ.: Cardiovasc. Imaging.* 2016. Vol. 9. N 6. P. e004396.
 24. Shurkevich N. P., Vetoshkin A. S., Gapon L. I., Gubin D. G. Structural changes in myocardium and 24-hour blood pressure profile in subjects with arterial hypertension studies during shift work in far north. *European Heart Journal.* 2018. Vol. 39. S 1. P. 596.
 25. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European So-

ciety of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *European Heart Journal*. 2018. Vol. 39. N 33. P. 3021-104.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Яскевич Роман Анатольевич доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней и терапии, ведущий научный сотрудник группы патологии сердечно-сосудистой системы, кандидат медицинских наук, доцент *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера»; АГОУ ВПО «КрасГМУ им. проф. Ф.В. Войно-Ясенецкого» МЗ РФ ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация; ул. Партизана Железняка, 1а, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация*
cardio@impn.ru

Москаленко Ольга Леонидовна старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера» ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация
gre-ll@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yaskevich Roman Anatolyevich, Associate Professor at Department of Propeutics of Internal Diseases and Therapy, Leading Researcher of the Group Pathology of the Cardiovascular System, Candidate of Medical Science, Docent
Scientific Research Institute of medical problems of the North; Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenezkiy 3g, P. Zheleznyaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation; 1a, P. Zheleznyaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
cardio@impn.ru

Moskalenko Olga Leonidovna, Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences
Scientific Research Institute of medical problems of the North 3g, P. Zheleznyaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
gre-ll@mail.ru

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-165-178

УДК 550.814

ОБНАРУЖЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ СЕНСОРОВ LANDSAT TM/ETM+

Мамедалиева В.М., Насирова В.Р.

Цель. *Определить содержание глинистых минералов и состояние лесной растительности на тех же участках.*

Материалы и методы. *Для выявления зависимости были использованы мультиспектральные изображения земной поверхности, полученные с помощью спутников Landsat в различные годы (1986 и 2011 гг.). В ходе исследования были определены запасы глинистых минералов в Дашкесанской области Азербайджана, а также спектральный индекс SIPI (индекс нечувствительности к структуре пигмента), отражающий степень здоровья растений в этом регионе.*

Определение участков с высоким содержанием глинистых материалов было произведено путем расчета соотношения изображений в спектральных диапазонах SWIR 1 и SWIR 2. Составлены электронные карты. Было выявлено общее уменьшение площади таких участков за 25 лет на 5831 га. Также были рассчитаны значения индекса SIPI. На основе полученных значений этого индекса произведена классификация всех участков лесной растительности на три класса: со здоровой, поврежденной и разрушенной растительностью. Составлены электронные карты, показывающие разделение лесного покрова на 3 зоны в соответствии с указанными классами.

Данный алгоритм обработки был применен к данным 1986 и 2011 года. Для каждого года были составлены карты расположения глинистых минералов и значений индекса SIPI. Эти карты были наложены друг на друга и определено содержание глинистых минералов в каждой из 3 различных зон.

Результаты. *Анализ динамики показал, что площадь участков с глинистыми минералами увеличилась на 2233 га в зоне здоровой лесной растительности, уменьшилась на 8064 га на поврежденных участках, а в разрушенных лесах не изменилась.*

Заключение. Представленный метод был также использован для определения участков, содержащих соединения двух- и трехвалентного железа.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; Landsat; глинистые минералы; лес; растительность; электронные карты.

DETECTION OF CLAY MINERALS BASED ON SATELLITE IMAGES OF LANDSAT TM / ETM+ SENSORS

Mammadaliyeva V.M., Nasirova V.R.

Determine the content of clay minerals and the state of forest vegetation in the same areas.

Materials and methods. *To identify the dependence, multispectral images of the earth's surface were used, obtained with the help of Landsat satellites in different years (1986 and 2011). During the study, the reserves of clay minerals in the Dashkesan region of Azerbaijan were determined, as well as the spectral index SIPI (index of insensitivity to the structure of the pigment), reflecting the degree of plant health in this region.*

The identification of areas with a high content of clay materials was made by calculating the ratio of images in the spectral ranges SWIR 1 and SWIR 2. Electronic maps have been drawn up. An overall decrease in the area of such plots for 25 years by 5831 hectares was revealed. The SIPI index values were also calculated. Based on the obtained values of this index, a classification of all areas of forest vegetation into three classes was made: with healthy, damaged and destroyed vegetation. Electronic maps have been compiled showing the division of forest cover into 3 zones in accordance with the specified classes.

This processing algorithm was applied to data from 1986 and 2011. For each year, maps of the location of clay minerals and SIPI values were compiled. These maps were superimposed on each other and the content of clay minerals in each of 3 different zones was determined.

Results. *Analysis of the dynamics showed that the area of sites with clay minerals increased by 2233 hectares in the zone of healthy forest vegetation, decreased by 8064 hectares in the damaged areas, and did not change in the destroyed forests.*

Conclusion. *The presented method was also used to identify areas containing ferrous and ferric compounds.*

Keywords: *remote sensing; Landsat; clay minerals; forest; vegetation; electronic maps.*

Горнодобывающая промышленность играет определяющую роль в коренном изменении рельефа, почвы и растительности. Добыча полезных ископаемых, горнодобывающая и горно-обогащительная промышленности являются важнейшими отраслями в экономике Дашкесанского района. Месторождение алунита в Заглике, используемое с 1960 г., является самым крупным в Европе [1]. В результате различных мероприятий антропогенного характера в северо-восточной части Малого Кавказа, особенно в Кедабекском и Дашкесанском районах Азербайджана, возникли очаги с экологической напряженностью. В связи с развитием металлургической промышленности, производства и переработки топлива, транспорта, сельского хозяйства, животноводства на данной территории земли подверглись загрязнению. Особенно в тех районах, где развита металлургическая промышленность, это загрязнение стало наиболее интенсивным. Земли этих районов более загрязнены различными отходами горнодобывающей промышленности, а также тяжелыми металлами. Это, в свою очередь, привело к ухудшению окружающей среды.

В настоящее время стало невозможным представить картографирование без использования мультиспектральных изображений Земли, получаемых с помощью космических спутников. Обладая высокой точностью географического позиционирования, спутники могут быстро наводиться на определённые участки земной поверхности, которые нужно сфотографировать [2]. Обработка мультиспектральных снимков основывается на том факте, что различные по составу объекты имеют присущую только им зависимость коэффициента отражения от длины электромагнитных волн. Это позволяет вычислять индексы для определения растительности, минералов, водных ресурсов, других объектов. Благодаря точности спектральных и пространственных характеристик, данные дистанционного зондирования используются в минералогии для картирования минералов, извлечения информации об изменениях их содержания [3, 4].

Для лесоведения информация о содержании минералов очень важна. Нормальная жизнедеятельность растений может происходить только при возможности получения из почвы элементов минерального питания. Роль различных элементов неодинакова. В лесовыращивании основное значение имеют три макроэлемента: азот, фосфор и калий. Важна роль и других минеральных элементов. Так, железо способствует фотосинтезу и дыханию, участвует в фиксации азота из воздуха клубеньковыми бактериями, катализирует начальные этапы синтеза хлорофилла, при недостатке железа падает фотосинтез и дыхание, появляется хлороз. До сих пор не выявлена роль многих других веществ [5].

Цель статьи состоит в определении местоположений и количественной оценке месторождений полезных ископаемых в выбранной контрольной зоне с использованием технологий GIS и мультиспектральных снимков земной поверхности, полученных с помощью спутника Landsat 5, а также в идентификации участков с повреждениями или разрушениями лесной растительности в этом районе, и в определении динамики повреждений.

Материалы и методы

Одним из наиболее широко применяемых методов для изучения растительного покрова является анализ данных дистанционного зондирования Земли [6]. Вместе с тем возможности анализа космических снимков до сих пор используются недостаточно, например, оценка и картографирование параметров среды [7]. В качестве примера можно привести оценку и взаимосвязь содержания минералов и состояния лесной растительности. Между тем, разработка и применение моделей краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования динамики лесов в условиях комбинированного действия антропогенных и природных факторов входит в число приоритетных направлений развития лесной науки [8].

Обработка мультиспектральных снимков и операции со спектральными каналами позволяют перейти от визуального дешифрирования снимков к автоматическому распознаванию содержания тех или иных минералов или состояния растительности в целом. Вычисление спектральных индексов позволяет подчеркнуть разницу в отражении излучения в определенных частях спектра различными объектами [9].

Индекс нечувствительности к структуре пигмента, то есть индекс SIPI, может быть применен к многоспектральным изображениям для выявления областей поврежденной или разрушенной лесной растительности. Индекс SIPI максимизирует чувствительность к отношению объемных каротиноидов к хлорофиллу, одновременно сводя к минимуму влияние переменной структуры купола. Это очень полезно в областях с высокой изменчивостью структуры купола или индекса площади листа. После наложения изображений рассчитанного индекса SIPI и изображений, отражающих минералы, становится ясно, что минералы влияют на разрушения или повреждения лесного покрова.

Выбранная для исследования территория исследования богата полезными ископаемыми и имеет густой лесной массив. Исследования проводились в основном на трех типах минералов. Определялись области

с содержанием трехвалентного, двухвалентного железа и глинистых составов. В этой статье будет обсуждаться изучение глинистых соединений минералов.

Исследование было основано на спутниковых снимках Landsat 5, полученных с использованием датчика TM/ETM+. Датчик имеет следующие спектральные диапазоны (таблица 1) [10].

Таблица 1.

Спектральные диапазоны спутника Landsat-5

| Номер канала (название) | Длина волны, мкм |
|---|------------------|
| 1 (BLUE – синий) | 0.45 - 0.52 |
| 2 (GREEN – зеленый) | 0.52 - 0.60 |
| 3 (RED – красный) | 0.63 - 0.69 |
| 4 (NIR – ближний инфракрасный) | 0.76 - 0.90 |
| 5 (SWIR 1 – коротковолновый инфракрасный 1) | 1.55 - 1.75 |
| 6 (TIR – тепловой инфракрасный) | 10.40 - 12.50 |
| 7 (SWIR 2 – коротковолновый инфракрасный 2) | 2.08 - 2.35 |

В первую очередь все исследуемые изображения прошли радиометрическую и атмосферную коррекцию. Обработка была проведена с помощью программы ENVI и входящего в ее состав модуля FLAASH [11, 12]. Для определения динамики изменений были исследованы спутниковые изображения Landsat 5 1986–2011 годов. Выбор для исследования этих лет был сделан по следующим причинам. Период с 1986 по 2011 годы можно характеризовать как период деградации лесного массива в регионе. В другой же период, с 2011 по 2019 годы, отмечена определенная стабильность площади лесных покровов. Таким образом, именно первые года указанных периодов являются наиболее репрезентативными точками.

Почти все минералы характеризуются высокими значениями коэффициента отражения в середине ближней инфракрасной области спектра (канал 5), но минералы глины (каолинит, монтмориллонит и др.) имеют полосу поглощения около 2.2 мкм в середине дальней инфракрасной области спектра (канал 7). Приводимый индекс соотношения глинистых минералов использует тот факт, что водосодержащие минералы, такие как глина и квасцовый камень, поглощают излучение в части спектра 2.0-2.3 микрон. Этот индекс снижает изменения в освещении, относящиеся к рельефу. Следовательно, для обнаружения этих минералов можно использовать следующее выражение [13, 14].

$$\text{ClayMineralRatio} = \text{SWIR1}/\text{SWIR1} \quad (1)$$

где:

SWIR 1 – значение пикселей изображений канала 5;

SWIR 2 – значение пикселей изображений канала 7.

На основании расчетов по данной формуле построены и наложены на карту Дашкесанского района изображения с указанием участков с высоким содержанием глинистых минералов 1986 и 2011 годов (рис. 1). Данные расчетов также указаны в таблице 2.

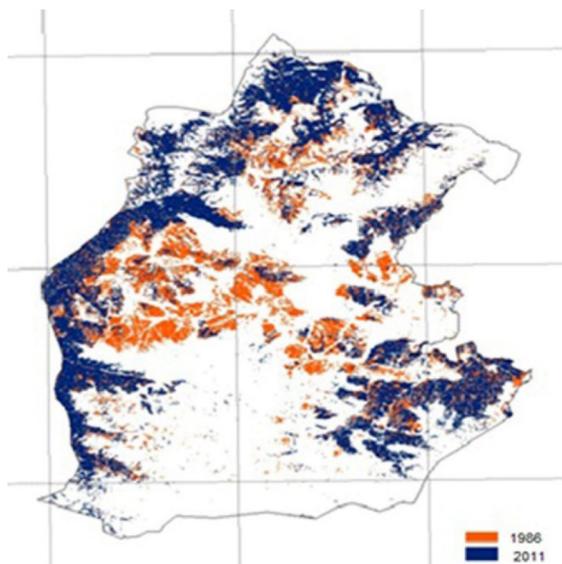


Рис. 1. Динамика изменений содержания глинистых минералов 1986–2011 гг.

Таблица 2.

Динамика изменений содержания глинистых минералов (га)

| | |
|------------|-------|
| 1986 | 28513 |
| 2011 | 22682 |
| Уменьшение | 5831 |

Таким образом, с 1986 по 2011 года произошло уменьшение площади с глинистыми минералами на 5831 га.

Индекс нечувствительности к структуре пигмента используется как индикатор состояния растений [15]. Высокие значения SIPI тесно связаны с увеличением количества каротиноидных пигментов, что указывает

на стресс растений. Этот индекс очень полезен для мониторинга здоровья растительности. Индекс SIPI определяется следующим выражением [16-19]:

$$SIPI = (NIR - BLUE)/(NIR - RED) \quad (2)$$

где:

NIR – значение пикселей изображений канала 4;

BLUE – значение пикселей изображений канала 1;

RED – значение пикселей изображений канала 3.

Индекс SIPI может изменяться от 0 до 2, а у здоровых зеленых растений это значение обычно колеблется от 0.8 до 1.8.

На основании расчетов по данной формуле построены и наложены на карту Дашкесанского района изображения значений индекса SIPI 1986 и 2011 годов (рис. 2а и 2б соответственно). Данные расчетов также указаны в таблице 3.

Темно-красные области, показанные на изображениях, представляют собой поврежденную растительность.

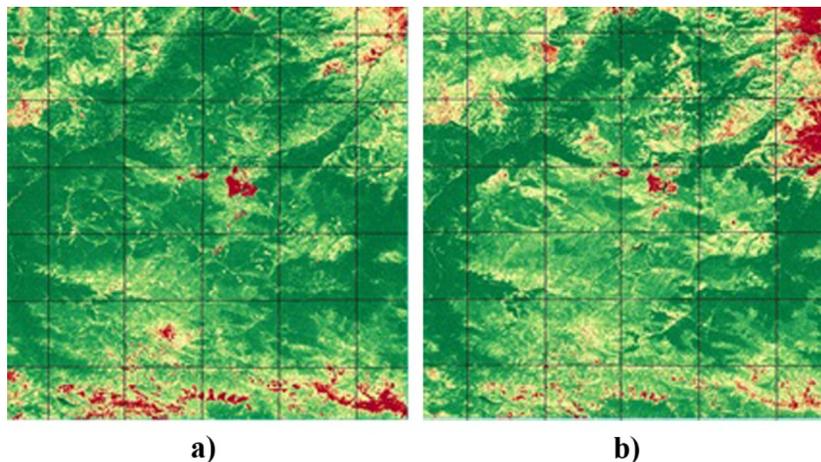


Рис. 2. Значения индекса SIPI для Дашкесанского региона за: а) 1986 г.; б) 2011 г.

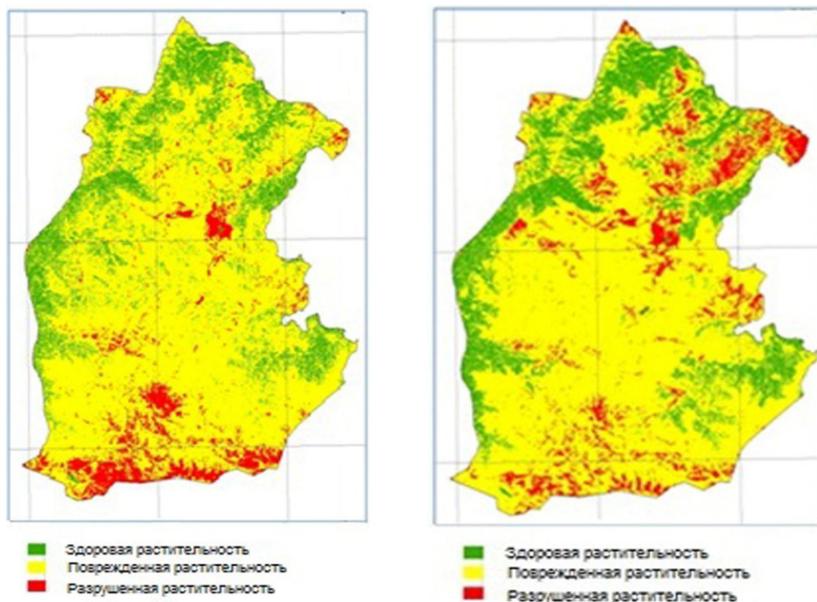
На основании рассчитанных значений SIPI была проведена классификация лесной растительности на 3 класса: здоровые, поврежденные и разрушенные участки. Результаты обработки приведены в графическом виде на рис. 3 и в виде численных данных в таблице 3. На рис. 3 зеленым цветом показаны участки со здоровой лесной растительностью, желтым –

с поврежденной и красным – с разрушенной. На основании полученных результатов можно сказать, что за 25 лет площадь здорового лесного покрова увеличилась на 1273 га, площадь поврежденных участков уменьшилась на 2290 га, а площадь разрушенного леса увеличилась на 1018 га.

Таблица 3.

Лесные площади в Дашкесанской области за 1986 и 2011 годы, га

| Название класса лесной растительности | 1986 | 2011 |
|--|-------|-------|
| Здоровая лесная растительность | 17042 | 18315 |
| Поврежденный (ослабленный) лесорастительный покров | 77242 | 74952 |
| Разрушенная лесная растительность | 8591 | 9609 |



а)

б)

Рис. 3. Классификация структуры нечувствительного пигментного индекса Дашкесанского района за: а) 1986 г.; б) 2011 г.

Результаты и обсуждение

Карты содержания глинистых минералов (рис. 1) были наложены на карты состояния лесной растительности (рис. 3). На рис. 3 области с гли-

нистыми минералами отмечены черным цветом. Были рассчитаны площади, занимаемые участками с высоким содержанием глинистых минералов, в каждой из 3 зон (со здоровой, поврежденной или разрушенной лесной растительностью). Площади были рассчитаны как для 1986 года, так и 2011 года. Результаты вычислений отражены в графическом виде на рис. 4, а численные значения приведены в таблице 4.

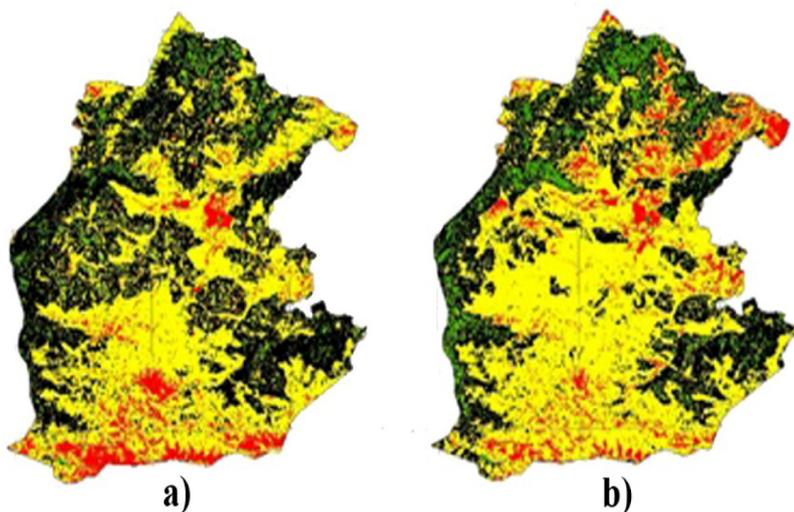


Рис. 4. Сравнение местоположений глинистых минералов в Дашкесанском районе и карты нечувствительного пигментного индекса за: а) 1986 г.; б) 2011 г.

Таблица 4.

Сравнение местоположений глинистых минералов и карты индекса SIPI в Дашкесанском районе

| Название класса лесной растительности | Площади с глинистыми минералами, га | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| | 1986 | 2011 |
| Здоровая лесная растительность | 12442 | 14675 |
| Поврежденный лесорастительный покров | 16071 | 8007 |
| Разрушенная лесная растительность | 0.36 | 0.36 |

Выводы

Исходя из результатов таблицы, можно сказать, что площади с содержанием глинистых минералов увеличились на 2233 га в зоне здоровой

лесной растительности, уменьшились на 8064 га в поврежденной зоне и не изменились в зоне разрушенной лесной растительности. Таким образом, этот тип минералов, а точнее, его уменьшение в основном влияет на поврежденный лес. Глинистые минералы почти всегда встречаются там, где есть здоровая растительность. Однако с уменьшением плотности минеральных отложений это сказывается на состоянии растительности. Здоровье не остается прежним, оно слабеет.

Представленный метод был также использован для определения участков, содержащих соединения двух- и трехвалентного железа. Были использованы следующие индексы [20].

Индекс Ferrous Minerals Ratio используется для определения содержания соединений двухвалентного железа (Fe^{2+}) и вычисляется по следующей формуле:

$$FerrousMineralRatio = SWIR1/NIR1 \quad (3)$$

Индекс Iron Oxide Ratio используется для определения содержания соединений трехвалентного железа (Fe^{3+}) и вычисляется по следующей формуле:

$$IronOxideRatio = RED/BLUE \quad (4)$$

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- в зоне здоровой растительности наблюдается понижение содержания железа, и повышение глинистых минералов;
- в зоне поврежденной растительности наблюдается повышение содержания соединений двухвалентного железа и понижение содержания остальных минералов.

Аналогичным способом может быть определено влияние и других минералов. По результатам исследования составлена программа, полученные карты добавлены в базу геоданных района.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Геология СССР, т. XL-НІ. Азербайджанская ССР. Полезные ископаемые. М.: Недра. 1976. С. 377-378.
2. Special Issue “Remote Sensing in Geology”. URL: https://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/geology (дата обращения: 02.10.2020).

3. A Review of Geological Applications of High-spatial-resolution Remote Sensing Data. Chunming Wu, Xiao Li, Weitao Chen, Xianju Li. Preprint. Posted: 7 November 2018. 24 p. DOI: 10.20944/preprints201811.0162.v1.
4. Kruse F.A., Perry S.L. Mineral Mapping Using Simulated Worldview-3 Short-Wave-Infrared Imagery // *Remote Sensing*. 2013. Vol. 5(6). P. 2688-2703, DOI: 10.3390/rs5062688.
5. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение: учебн. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2010. 432 с.
6. Homolova L., Malenovský Z., Clevers J., Garcia-Santos G., Schaepman M. Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping // *Ecological Complexity*. 2013. Vol. 15. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.ecocom.2013.06.003.
7. Комарова А.Ф., Журавлева И.В., Яблоков В.М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова // *Принципы экологии*. 2016. Т. 5. № 1(17). С. 24-62.
8. Приоритетные направления развития лесной науки как основы устойчивого управления лесами. Лукина Н.В., Исаев А.С., Крышень А.М., Онучин А.А., Сирин А.А., Гагарин Ю.Н., Барталев С.А. // *Лесоведение*. 2015. № 4. С. 243–254.
9. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. М.: 2010. 424 с.
10. Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). URL: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products (дата обращения: 19.06.2020).
11. ENVI. URL: <http://www.gisa.ru/3430.html> (дата обращения: 19.06.2020).
12. Руководство по эксплуатации модуля ENVI – FLAASH. URL: <https://docplayer.ru/25965001-Rukovodstvo-po-ekspluatácii-modulya-envi-flaash.html> (дата обращения: 19.06.2020).
13. Mulligan C.N., Yong R.N., Gibbs B.F. Remediation technologies for metals contaminated soils and groundwater: an evaluation // *Engineering Geology*. 2001. Vol. 60. No. 1-4. Pp. 193-207. DOI: 10.1016/S0013-7952(00)00101-0.
14. Кравцов С.Л. О применении данных дистанционного зондирования Земли в геологии // *Информатика*. 2008. №3 (19). С.70-80.
15. SIPI. URL: <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete>. (дата обращения: 20.07.2020).
16. Genc H., Genc L., Turhan H. Vegetation indices as indicators of damage by the sunnpest (Hemiptera: Scutelleridae) to field grown wheat // *African Journal of Biotechnology*. 2008. Vol. 7 (2). P. 173-180.

17. Митрофанов Е.В., Шашнев И.В., Бубненко Д.И. О применении узко-спектральных вегетационных индексов для оценки состояния лесной растительности // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2012. № 4. С.118-122.
18. Custom-scripts. A repository of custom scripts that can be used with Sentinel-Hub services. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/sipi1/> (дата обращения: 03.07.2020).
19. Earth Observing System. 6 spectral indexes on top of NDVI to make your vegetation analysis complete. URL: <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete/> (дата обращения: 03.07.2020).
20. Drury S. Image Interpretation in Geology. London: Allen and Unwin. 1987. 243 pp.

References

1. *Geologiya SSSR. Vol. XL-III. Azerbaydzhanskaya SSR. Poleznye iskopaemye* [Geology of the USSR. Vol. XL-III. Azerbaijan SSR. Minerals]. Moscow: Nedra. 1976. P. 377-378.
2. *Special Issue "Remote Sensing in Geology"*. URL: https://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/geology (accessed: 02.10.2020).
3. *A Review of Geological Applications of High-spatial-resolution Remote Sensing Data*. Chunming Wu, Xiao Li, Weitao Chen, Xianju Li. Preprint. Posted: 7 November 2018. 24 p. DOI: 10.20944/preprints201811.0162.v1.
4. Kruse F.A., Perry S.L. Mineral Mapping Using Simulated Worldview-3 Short-Wave-Infrared Imagery. *Remote Sensing*. 2013. Vol. 5(6). P. 2688-2703, DOI: 10.3390/rs5062688.
5. Luganskiy N.A., Zalesov S.V., Luganskiy V.N. *Lesovedenie: uchebn. posobie*. [Forestry: textbook]. Yekaterinburg: Ural State forestry university. 2010. 432 p.
6. Homolova L., Malenovský Z., Clevers J., Garcia-Santos G., Schaepman M. Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping. *Ecological Complexity*. 2013. Vol. 15. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.ecocom.2013.06.003.
7. Komarova A.F., Zhuravleva I.V., Yablokov V.M. Otkrytye mul'tispektral'nye dannye i osnovnye metody distantsionnogo zondirovaniya v izuchenii rastitel'nogo pokrova [Open multispectral data and main methods of remote sensing in the study of vegetation cover]. *Printsiipy ekologii* [Principles of ecology]. 2016. Vol. 5. № 1(17). P. 24-62.
8. Lukina N.V., Isaev A.S., Kryshen' A.M., Onuchin A.A., Sirin A.A., Gagarin Yu.N., Bartalev S.A. Prioritetnye napravleniya razvitiya lesnoy nauki kak osnovny ustoychivogo upravleniya lesami [Priority directions for the development

- of forest science as the basis for sustainable forest management]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2015. № 4. P. 243–254.
9. Lur'e I.K. *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye. Metody geoinformatiki i tsi-frovoy obrabotki kosmicheskikh snimkov: Uchebnik* [Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of space images: Textbook]. Moscow: 2010. 424 p.
 10. *Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*. URL: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products (accessed: 19.06.2020).
 11. *ENVI*. URL: <http://www.gisa.ru/3430.html> (accessed: 19.06.2020).
 12. *Rukovodstvo po ekspluatatsii modulya ENVI – FLAASH* [User manual for the ENVI - FLAASH module]. URL: <https://docplayer.ru/25965001-Rukovodstvo-po-ekspluatatsii-modulya-envi-flaash.html> (accessed: 19.06.2020).
 13. Mulligan C.N., Yong R.N., Gibbs B.F. Remediation technologies for metals contaminated soils and groundwater: an evaluation. *Engineering Geology*. 2001. Vol. 60. No. 1-4. Pp. 193-207. DOI: 10.1016/S0013-7952(00)00101-0.
 14. Kravtsov S.L. O primenenii dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli v geologii [On the application of Earth remote sensing data in geology]. *Informatika* [Informatics]. 2008. №3 (19). P.70-80.
 15. *SIP1*. URL: <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete>. (accessed: 20.07.2020).
 16. Genc H., Genc L., Turhan H. Vegetation indices as indicators of damage by the sunnpest (Hemiptera: Scutelleridae) to field grown wheat. *African Journal of Biotechnology*. 2008. Vol. 7 (2). P. 173-180.
 17. Mitrofanov E.V., Shashnev I.V., Bubnenkov D.I. O primenenii uzkospektral'nykh vegetatsionnykh indeksov dlya otsenki sostoyaniya lesnoy rastitel'nosti [On the use of narrow-spectral vegetation indices for assessing the state of forest vegetation]. *Vestnik MGOU. Seriya «Estestvennye nauki»* [Vestnik MGOU. Series "Natural Sciences"]. 2012. № 4. P.118-122.
 18. *Custom-scripts. A repository of custom scripts that can be used with Sentinel-Hub services*. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/sipi1/> (accessed: 03.07.2020).
 19. *Earth Observing System. 6 spectral indexes on top of NDVI to make your vegetation analysis complete*. URL: <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete/> (accessed: 03.07.2020).
 20. Drury S. *Image Interpretation in Geology*. London: Allen and Unwin. 1987. 243 pp.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Мамедалиева Валида Мехман кызы, нач. отдела, к.геогр.н., доцент
Институт экологии, Национальное Аэрокосмическое Агентство
ул. С.С. Ахундова, 1, г. Баку, AZ1115, Азербайджан
valide.mamedaliyeva@mail.ru

Насирова Вусала Рагиб кызы, научный сотрудник
Институт экологии, Национальное Аэрокосмическое Агентство
ул. С.С.Ахундова, 1, г. Баку, AZ1115, Азербайджан

DATA ABOUT THE AUTHORS

Mammadaliyeva Valida Mehman, Department Director, PhD in Geography,
Associate Professor
Institute of Ecology, National Aerospace Agency
1, S.S. Akhundov Str., Baku, AZ1115, Azerbaijan
valide.mamedaliyeva@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8775-8564

Nasirova Vusala Rahib, Researcher
Institute of Ecology, National Aerospace Agency
1, S.S. Akhundov Str., Baku, AZ1115, Azerbaijan

DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-179-191

UDC 581.1:581.19

INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES ON HEAT TOLERANCE AND SYNTHESIS OF HEAT SHOCK PROTEINS IN SPRING WHEAT AT THE INITIAL STAGES OF DEVELOPMENT

Fedotova O.A., Polyakova E.A., Grabelnykh O.I.

Wheat is one of the agricultural crops that is subjected to temperature stress during ontogenesis and it is especially sensitive to action of the stress at the initial stages of wheat development. High temperatures restrict of growth, development and plant productivity. However, plants can to acclimate to temperature stress and have the adaptive mechanisms at the cellular and molecular levels. One of this adaptive mechanism is an increase of the synthesis of the heat shock proteins (HSPs), which functions are very important and various.

*The aim of this study was to determine the influence of different heat treatments (37 and 39 °C for 1, 3, 6, 24 h and 50 °C for 1, 3, 5 h) on the heat tolerance in spring wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) and synthesis of the HSPs (101, 70, 60 and 16.9 kDa) in shoots of the 4-day-old seedlings and leaves of the 8-day-old seedlings.*

Based on the findings, it is concluded that the 4-day-old and 8-day-old spring wheat seedlings are characterized by a similar response to heat stress at 50 °C, however, 4-day-old seedlings are more resistant in the initial period of stress influence. The exposures at 37 and 39 °C are suitable for acclimation of spring wheat at the initial stages of development (the 4-day and 8-day-old seedlings). These temperatures lead to a similar trend in the heat resistance of seedlings and the synthesis of HSPs in shoots and leaves. At the same time the content of HSP16.9 depends on the developmental stage of wheat. It is noted the synthesis of HSP16.9 in shoots, but not in leaves under normal conditions. It is concluded that the heat acclimation of the 8-day-old seedlings is a longer process (6-24 h of exposure at 37 and 39 °C) compared with the 4-day-old seedlings (3-6 h of exposure at 37 and 39 °C).

Keywords: *Triticum aestivum* L.; heat shock proteins; acclimation; seedlings; shoots; leaves; high temperature; heat tolerance.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ И СИНТЕЗ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА В ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ

Федотова О.А., Полякова Е.А., Грабельных О.И.

Пшеница одна из сельскохозяйственных культур, которая подвергается действию температурного стресса в течение онтогенеза и особенно чувствительна к действию стресса на начальных стадиях её развития. Высокие температуры ограничивают рост, развитие и продуктивность растений. Однако, растения могут адаптироваться к температурному стрессу и имеют адаптивные механизмы на клеточном и молекулярном уровнях. Одним из таких адаптивных механизмов является увеличение синтеза белков теплового шока (БТШ), функции которых очень важны и разнообразны.

*Целью данной работы было изучить влияние различных тепловых обработок (37 и 39 °С в течение 1, 3, 6, 24 ч и 50 °С в течение 1, 3, 5 ч) на теплоустойчивость проростков яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и синтез БТШ (101, 70, 60 и 16.9 кДа) в побегах 4-х суточных и листьях 8-ми суточных проростков.*

На основании полученных данных сделан вывод, что 4-х суточные и 8-ми суточные проростки яровой пшеницы характеризуются схожей реакцией на тепловой стресс при 50 °С, однако 4-х суточные проростки более устойчивы в начальный период стрессового воздействия. Воздействие температурами 37 и 39 °С подходит для адаптации яровой пшеницы на начальных стадиях её развития (4-х суточные и 8-ми суточные проростки). Эти температуры приводят к схожей тенденции в синтезе БТШ в побегах и листьях. В то же время, содержание БТШ16.9 зависит от стадии развития пшеницы. В нормальных условиях был отмечен синтез БТШ16.9 в побегах, но не в листьях. Сделано заключение, что адаптация 8-ми суточных проростков более длительный процесс (6-24 ч воздействия 37 и 39 °С) по сравнению с 4-х суточными проростками (3-6 ч воздействия 37 и 39 °С).

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; белки теплового шока; адаптация; проростки; побеги; листья; высокая температура; теплоустойчивость.

Introduction

Wheat is one of the agricultural crops that is subjected to temperature stress and it is very sensitive to action of the heat stress during ontogenesis at the stages of seedling germination and leaf formation, anthesis and grain filling. On these stages of development, the high temperatures restrict of growth, development and wheat productivity [1]. The normal temperature of vegetative development of wheat is reported to be 20-30 °C, and the adverse of the stress effect depends on the magnitude, timing and the duration of stressful influence [2]. However, plants can to adapt to stress and for heat tolerance is required different changes on physiological, biochemical and molecular levels. The synthesis of heat shock proteins (HSPs) is one of essential component of the plant response to elevated temperatures and thermotolerance [3-8]. The heat resistant depends on the synthesis of HSPs that improve different processes, such as photosynthesis, respiration, membrane stability, water use efficiency, assimilate partitioning and can to use the reactive oxygen species as a signal molecule and regulate the activity of the antioxidant enzymes [9]. The principal heat shock proteins are grouped into five conserved classes: HSP100, HSP90, HSP70, HSP60, and the small heat shock proteins (sHSPs) [3, 9]. HSP16.9 is a sHSPs, that belongs to a family of class I of HSP20 family. HSP16.9 may interact with many essential polypeptides in a manner similar to HSP90 [3, 10]. sHSPs form a high molecular weight oligomeric complexes which may to serve as cellular matrix for stabilization of unfolded proteins and for its function are needed HSP100, HSP70 [3, 6, 9]. HSP60 perform the function of ATP-dependent specialized folding machinery [3]. HSP100 is responsible for ATP-dependent dissociation and degradation of aggregate protein [3, 11]. HSP70 is responsible for primary stabilization of newly formed proteins [3, 12]. It is known that the low-molecular-weight HSPs can protect the chloroplasts and the mitochondria from heat damage [13]. The chloroplastic and mitochondrial sHSPs are considered to play an important role in heat tolerance [6].

The responses of plants to high temperatures are very complex including different physiological and metabolic changes that effect on the plant development and the interactions on cellular and molecular levels. Therefore, little research has systematically compared the effects of heat elevated and stressful temperatures of various durations in various developmental phases of wheat [2]. Many works are devoted to the study of the influence of high elevated and stressful temperatures at the level of wheat flowering and grain filling, but not at the initial stages of wheat development. In this connection, the purpose of this work was to determine compared analyze of the influence of elevated (37

and 39 °C for 1, 3, 6, 24 h) and stressful (50 °C for 1, 3, 5 h) temperatures on the heat resistant (*Triticum aestivum* L.) and synthesis of the HSPs (101, 70, 60 and 16.9 kDa) in wheat at the initial stages of development.

Samples and Research Methods

We used the 4-day-old and 8-day-old seedlings of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) variety “Novosibirskaya 29”. The 2-day-old seedlings were transferred into 3-dm³ boxes with solution a half-strength Knop medium and were grown in a KBWF 400 chamber at 23 °C / 20 °C (16 h day / 8 h night) and illumination 200 μmol (photon) m⁻² s⁻¹ photosynthetic active radiation.

For heat acclimation, control seedlings into 3-dm³ boxes were transferred in a KBWF 240 chamber at 37 or 39 °C for 1, 3, 6, 24 h under light conditions. For heat stress treatment, control seedlings into 3-dm³ boxes were transferred in a KBWF 240 chamber and were subjected to heat stress at 50 °C for 1-5 h under light conditions. Cultivation and temperature treatments were carried out in Binder chambers (Tuttlingen, Germany) of the experimental station “Fitotron” SIPPB SB RAS.

The effectiveness of acclimation is assessed by the accumulation of heat shock proteins in the shoots of 4-day-old seedlings and leaves of 8-day-old plants spring wheat after heat treatments.

The heat resistant was studied using conductivity meters HI 8734 (Hanna Instruments Inc., Nufalau, Romania). The yield of electrolytes from the leaf and shoot cells (V, %) was calculated by the formula: $V = 100 (L_t / L_k)$, where L_t is the electrical conductivity of the sample after heat treatment, L_k is the conductivity of the same sample after 15 min of the boiling.

Content of the heat shock proteins in shoot and leaves of seedlings were investigated by 1D SDS-PAGE electrophoresis with using the Mini-PROTEAN III Electrophoretic Cell (Bio-Rad, USA). The total protein from green shoots and leaves was extracted according with Borovik and Grabelnych [14]. After SDS-PAGE, the separated proteins were transferred on a nitrocellulose membrane (GE Healthcare, Freiburg, Germany) by the Mini Trans-Blot (Bio-Rad, USA). Then the HSPs were visualized with a BCIP-T/NBT alkaline phosphate system (Thermo Scientific, Vilnius, Lithuania). It was used the following antibodies: anti-HSP101 (AS07 253, Agrisera, Vännäs, Sweden), anti-HSP70/Hsc70 (SPA-820, StressGen, Victoria, Canada), anti-HSP60 (H1830-77B, US Biological, Salem, MA, USA), anti-HSP16.9 (AS12 2570, Agrisera, Vännäs, Sweden), anti-Actin (AS13 2640, Agrisera, Vännäs, Sweden), and secondary antibodies conjugated with alkaline phosphatase (Agrisera, Vännäs, Sweden).

The statistical significance of differences for the comparison of groups was determined by ANOVA with using program of SigmaPlot14.0 (Systat Software Inc. (SSI), USA). It was done at least three independent experiments. Data are presented as mean \pm SD (standard deviation of the mean) and as median with percentiles (75th percentile and 25th percentile). The differences at $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Research Results and Discussion

Since wheat is sensitive to high temperatures during stages of seedling germination and leaf formation, it was selected these stages as 4-day and 8-day-old seedlings, respectively (fig. 1).



Fig. 1. The seedlings of spring wheat.

Note: a – the 4-day-old seedlings; b – the 8-day-old seedlings of spring wheat

The heat resistance of seedlings was assessed by the yield of electrolytes from cells into water. It should be noted that the yield of electrolytes in control samples is different and it is much higher in shoots of 4-day-old seedlings compared with the leaves of 8-day-old seedlings (fig. 2).

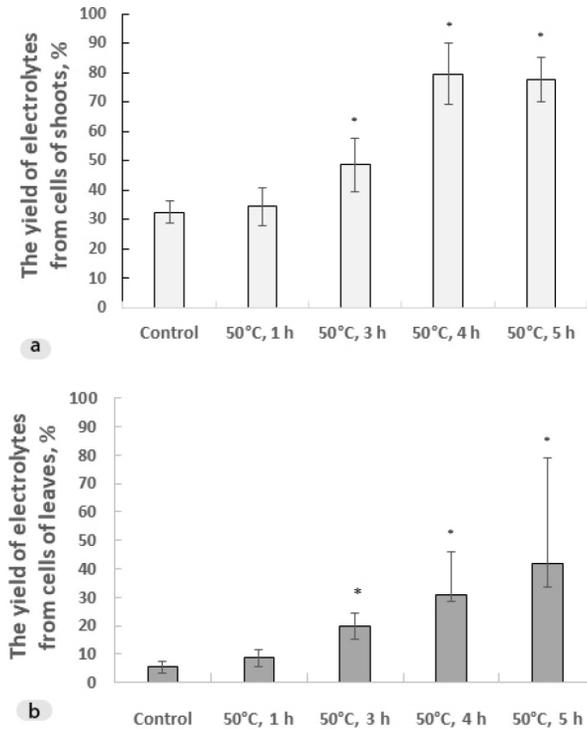


Fig. 2. The influence of heat stress (50 °C) on the heat resistant of spring wheat seedlings.

Note: a – the 4-day-old seedlings; b – the 8-day-old seedlings of spring wheat. The data are presented as mean \pm SD for *a* and median and percentiles (75th percentile and 25th percentile) for *b*. $n = 3$. * The differences between the control and heat treatments are statistically significant; $P < 0.05$.

The heat shock at 50 °C (from 1 to 5h) resulted in the increase of yield of electrolytes from cells of the leaves and shoots. At the same time the content of electrolytes from shoot cells was significantly lower compared with the leaves (fig. 2). As shown in Fig. 2, the heat stress at 50 °C for 3 h resulted in the increase of yield of electrolytes from cells of shoots and leaves by 1.5 and 3-fold, respectively. This indicates that the 4-old-day seedlings are more resistant to heat stress at initial period of influence at 50 °C. It is likely that this increased heat resistance deals with a higher level of carbohydrates, HSPs and other pro-

tective compound that are accumulated under action of high temperature in seedlings [6, 15-17].

For next stage of the work, it was selected the temperatures of heat acclimation (37 and 39 °C) with an exposure interval (1, 3, 6, 24 h) which was estimated by heat resistant of seedlings and synthesis of HSPs in shoots and leaves (fig. 3).

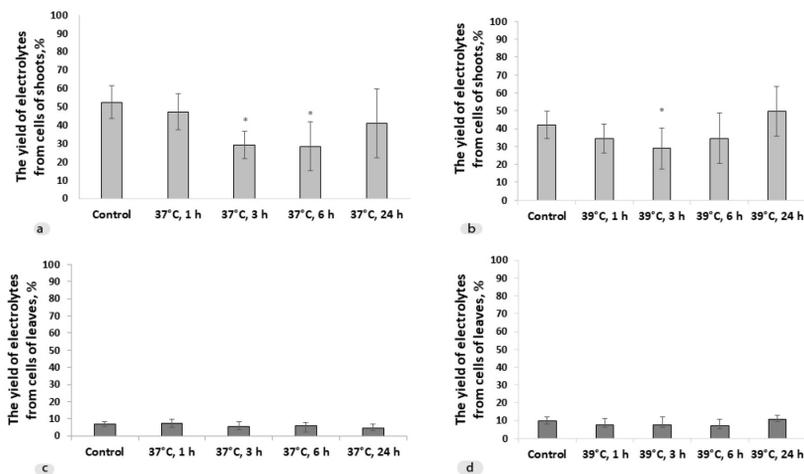


Fig. 3. The influence of heat treatments (37 and 39 °C) on the heat resistant of spring wheat seedlings.

Note: a, b – the 4-day-old seedlings; c, d – the 8-day-old seedlings of spring wheat. The data are presented as mean \pm SD for a,b and median and percentiles (75th percentile and 25th percentile) for c,d. n = 3. * The differences between the control and heat treatments are statistically significant; $P < 0.05$.

The increase in the duration of the time exposed at 37 and 39 °C (from 1 to 24 h) was not accompanied by an increase the yield of electrolytes from shoot and leaves cells (fig. 3).

The induction of HSP synthesis is classical plant response to high temperatures and it is an essential component of the plant heat acclimation and thermo-tolerance [3, 5, 7, 9, 18]. The efficiency of heat acclimation for 4-day-old and 8-day-old plants was assessed by the synthesis of HSPs with molecular weight of 101, 70, 60 and 16.9 kDa in shoots and leaves of the seedlings (figs. 4 and 5). It was noted that the synthesis of HSP16.9 is observed only in shoots of the 4-day-old seedlings, but not in leaves of the 8-day-old seedlings at the control conditions (fig. 4).

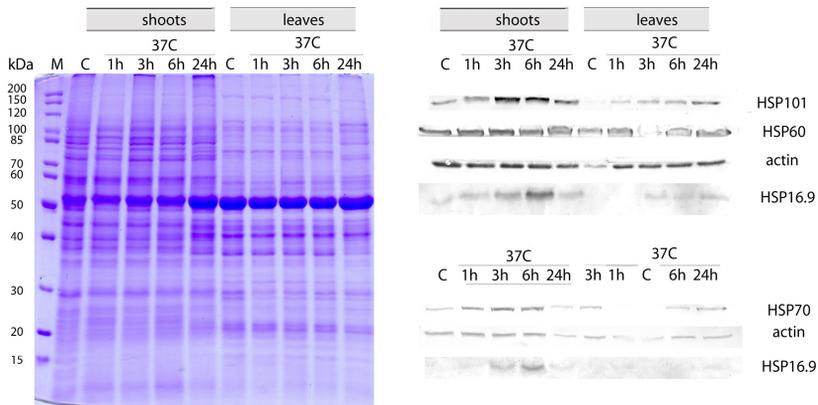


Fig. 4. Effect of the heat treatments (37 °C for 1 to 24h) on the HSPs content in the spring wheat seedlings.

Note: C – control seedlings; M – the protein markers; 1 D SDS-PAGE separation of total proteins followed by immunoblotting with antibodies against HSPs and actin that were visualized with a BCIP-T/NBT alkaline phosphate system are presented from left to right. n = 3.

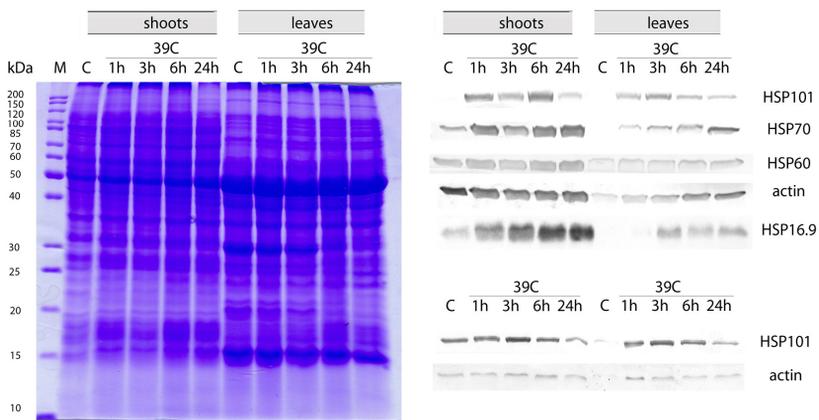


Fig. 5. Effect of the heat treatments (39 °C for 1 to 24h) on the HSPs content in the spring wheat seedlings.

Note: C – control seedlings; M – the protein markers; 1 D SDS-PAGE separation of total proteins followed by immunoblotting with antibodies against HSPs and actin that were visualized with a BCIP-T/NBT alkaline phosphate system are presented from left to right. n = 3.

The changes in the HSPs content in spring wheat seedlings after heat treatments is observed (figs. 4 and 5). It is known that under high temperature the HSP100, HSP90, HSP70 and HSP20 (or small HSPs) are expressed in maximal amounts [6]. The increase in the duration of time exposed to 37 °C (from 1 to 24 h) was accompanied by an increase in the HSP101 content in both shoots and leaves of seedlings of spring wheat (fig. 4). The higher induction of the synthesis of HSP70 is detected under heat exposure at 37 °C for 3-6 h in shoots and at 37 °C for 24 h in leaves. As shown in Fig. 4, the higher induction of the synthesis of HSP16.9 is detected under heat exposure at 37 °C for 6 h in shoots and at 37 °C for 24 h in leaves.

Also as shown in Fig. 4, the content of HSP16.9 was detected only in shoots, but not in leaves at the control conditions (fig. 5). At the same time, for the higher content of HSP16.9 is required under a prolonged exposure of 39 °C in both 4-day-old and 8-day-old seedlings (fig. 5).

As shown in Fig. 5, the higher induction of the synthesis of HSP70 is detected under heat exposure at 39 °C for 1-24 h in shoots and at 39 °C for 24 h in leaves. The increase in the duration of time exposed to 39 °C (from 3 to 6 h) was accompanied by an increase in the HSP101 content in both shoots and leaves of seedlings of spring wheat (fig. 5). Based on the research conducted, it was supposed that synthesis of HSP16.9 depends on the developmental stage of spring wheat. It is known that some sHSPs are highly-expressed in embryogenic tissues and growing fruits [6] and not only under stress condition, but in normal development [8, 9].

Conclusion

It was concluded that the ability of wheat to acclimation depends on duration of the exposure at temperatures (37 and 39 °C) and stages of the wheat development. The thermotolerance also depends on the stages of wheat development. The important role of the heat shock proteins (especially of small heat shock proteins) in the heat acclimation of wheat at the initial stages of its development was revealed.

Conflict of interest information

We have no conflict of interest to declare.

Sponsorship information

This work was carried out with the financial support of the grant of the President of the Russian Federation No. MK-1720.2020.4.

Acknowledgments

This research was done using the equipment of The Core Facilities Center “Bioanalitika” and the collections of The Core Facilities Center “Bioresource Center” at The Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS (Irkutsk, Russia).

References

1. Abdelrahman M., Burritt D.J., Gupta A., Tsujimoto H., Tran L.P. Heat stress effects on source-sink relationships and metabolome dynamics in wheat. *J Exp Bot*, 2020, vol. 7, pp. 543-554, doi: 10.1093/jxb/erz296
2. Balla K., Karsa I., Bónis P., Kiss T., Berki Z., Horváth Á, Mayer M., Bencze S., Veisz O. Heat stress responses in a large set of winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) depend on the timing and duration of stress. *PLoS One*, 2019, vol.14(9): e0222639, doi: 10.1371/journal.pone.0222639
3. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M.M., Roychowdhury R., Fujita M. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Int. J. Mol. Sci.*, 2013, vol. 14, pp. 9643-9684, doi: 10.3390/ijms14059643
4. Jacob P., Hirt H., Bendahmane A. The heat-shock protein/chaperone network and multiple stress resistance. *Plant Biotechnol J*, 2017, vol. 15, pp. 405-414, doi: 10.1111/pbi.12659
5. Rizhsky L., Liang H., Shuman J., Shulaev V., Davletova S., Mittler R. When defense pathways collide. The response of Arabidopsis to a combination of drought and heat stress. *Plant Physiol.*, 2004, vol. 134, pp. 1683-1696, doi: 10.1104/pp.103.033431
6. Sarkar N.K., Kim Y., Grover A. Rice sHsp genes: genomic organization and expression profiling under stress and development. *BMC Genomics*, 2009, vol. 10: 393, doi: 10.1186/1471-2164-10-393
7. Vierling E. The roles of heat shock proteins in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1991, vol. 42, pp. 579-620, doi: 10.1146/annurev.pp.42.060191.003051
8. Waters E.R., Aebermann B.D., Sanders-Reed Z. Comparative analysis of the small heat shock proteins in three angiosperm genomes identifies new subfamilies and reveals diverse evolutionary patterns. *Cell Stress Chaperones*, 2008, vol. 13, pp. 127-142, doi:10.1007/s12192-008-0023-7
9. Ul Haq S., Khan A., Ali M., Khattak A.M., Gai W., Zhang H., Wei A., Gong Z. Heat shock proteins: Dynamic biomolecules to counter plant biotic and abiotic stresses. *Int. J. Mol. Sci.*, 2019, vol. 20:5321, doi:10.3390/ijms20215321

10. Morrow G., Hightower L.E., Tanguay R.M. Small heat shock proteins: big folding machines. *Cell Stress and Chaperones*, 2015, vol. 20, pp. 207-212, doi: 10.1007/s12192-014-0561-0
11. Bösl B., Grimminger V., Walter S. The molecular chaperone Hsp104 - a molecular machine for protein disaggregation. *J. Struct Biol.*, 2006, vol. 156, pp. 139-148, doi: 10.1016/j.jsb.2006.02.004
12. Tang T., Yu A., Li P., Yang H., Liu G., Liu L. Sequence analysis of the Hsp70 family in moss and evaluation of their functions in abiotic stress responses. *Sci Rep.*, 2016, vol. 6: 33650, doi: 10.1038/srep33650
13. Maestri E., Klueva N., Perrotta C., Gulli M., Nguyen H.T., Marmioli N. Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals. *Plant Mol. Biol.*, 2002, vol. 48, pp. 667-681, doi: 10.1023/a:1014826730024
14. Borovik O.A., Grabelnych O.I. Mitochondrial alternative cyanide-resistant oxidase is involved in an increase of heat stress tolerance in spring wheat. *Journal of Plant Physiology*, 2018, vol. 231, pp. 310-317, doi: 10.1016/j.jplph.2018.10.007.
15. Dong S., Beckles D.M. Dynamic changes in the starch-sugar interconversion within plant source and sink tissues promote a better abiotic stress response. *Journal of Plant Physiology*, 2019, vol. 234-235, pp. 80-93, doi: 10.1016/j.jplph.2019.01.007
16. Mangelsen E., Kilian J., Harter K., Jansson C., Wanke D., Sundberg E. Transcriptome analysis of high-temperature stress in developing Barley caryopses: Early stress responses and effects on storage compound biosynthesis. *Molecular Plant*, 2011, vol. 4, pp. 97-115, doi: 10.1093/mp/ssq058
17. Su P., Jiang C., Qin H., Hu R., Feng J., Chang J., Yang G., He G. Identification of potential genes responsible for thermotolerance in wheat under high temperature stress. *Genes (Basel)*, 2019, vol. 10(2):174, doi: 10.3390/genes10020174
18. Barnabás B., Jäger K., Fehér A., 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environ.*, 2008, vol. 31, pp. 11-38, doi: 10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x

DATA ABOUT THE AUTHORS

Fedotova Olga Andreevna, Ph.D., Senior Researcher of the Laboratory of Physiological Genetics
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
ol.borovik@mail.ru; olgaborovik@sifibr.irk.ru
SPIN-code: 3886-9838

ORCID: 0000-0002-6276-5792
ResearcherID: I-7726-2018
Scopus Author ID: 52563279400

Polyakova Elizaveta Alekseevna, Graduate Studies of the Departments of Plant Physiology, Cell Biology and Genetics; Lead Engineer of the Laboratory of Physiological Genetics
Irkutsk State University; Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS
1, K. Marx Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation; 132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
polyakova.elizaveta727@mail.ru
SPIN-code: 4597-1310
ORCID: 0000-0002-4830-5888

Grabelnykh Olga Ivanovna, Dr. Sci. (Biology), Principal Research Scientist of the Laboratory of Physiological Genetics; Professor of the Departments of Plant Physiology, Cell Biology and Genetics
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS; Irkutsk State University
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation; 1, K. Marx Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation
grolga@sifibr.irk.ru
SPIN-code: 1156-0511
ORCID: 0000-0003-4220-6608
ResearcherID: R-5190-2016
Scopus Author ID: 6602939392

ДАнные об авторах

Федотова Ольга Андреевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологической генетики
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН)
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
ol.borovik@mail.ru; olgaborovik@sifibr.irk.ru

Полякова Елизавета Алексеевна, магистрант; ведущий инженер лабор-

ратории физиологической генетики

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»); Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН)

*ул. Карла Маркса, 1, г. Иркутск, 664003, Российская Федерация; ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
polyackova.elizaveta727@mail.ru*

Грабельных Ольга Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории физиологической генетики; профессор кафедры Физиологии растений, клеточной биологии и генетики *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН); Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»)*
*ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация; ул. Карла Маркса, 1, г. Иркутск, 664003, Российская Федерация
grolga@sifibr.irk.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

| | |
|---|----|
| ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ АДАМАНТАНА Осипов А.Л., Трушина В.П. | 11 |
| АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭТИОЛОГИИ И КЛИНИКИ СИНДРОМА РАЗДРАЖЕННОГО КИШЕЧНИКА У ДЕТЕЙ Малеева Н.П., Кацова Г.Б. | 16 |
| ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ TULIPA WIEBERSTEINIANA SCHULT. ET SCHULT. (LILIACEAE) В УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ Анжаев Н.О., Борлыков С.Х., Овадыкова Ж.В., Лиджиева Н.Ц. | 22 |
| КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЧЕТАННЫХ ВИРУСНЫХ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ У ДЕТЕЙ В Г. БАКУ Рустамова Л.И., Кулиева З.М., Гылынджова Ф.В., Исаева М.М., Ахундова Р.М. | 32 |
| ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЕРМАКОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В 2018 ГОДУ Коваль Ю.Н. | 42 |
| ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ Попова М.А., Чистова В.В., Щербакова А.Э. | 53 |
| THE EFFECTS OF DIETS SUPPLEMENTED WITH SPIRULINA PLATENSIS IN DIFFERENT QUANTITIES ON PIGMENTATION AND GROWTH PERFORMANCE OF GOLDFISH (CARASSIUS AURATUS) Kargın N., Dikbaş M.D. | 62 |

| | |
|--|------------|
| ЭКОЛОГИЗАЦИЯ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ: АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ Бахарев В.В., Капустина И.В., Митяшин Г.Ю., Катрашова Ю.В. | 79 |
| ВЛИЯНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО СТРЕССА НА АМПЛИТУДУ ВОЛН ЭЭГ В ТЕМЕННОЙ ДОЛЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА БИОЛОГИИ-ХИМИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ Рустамова Т.В. | 97 |
| АДАПТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ PINUS SYLVESTRIS И PICEA OBOVATA В УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИИ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ Оскорбина М.В., Коротаева Н.Е., Суворова Г.Г. | 113 |
| ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОДНИКОВ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ, 2012–2020 ГГ.) Соболева О.А., Анищенко Л.Н., Щетинская О.С., Долганова М.В., Демихов В.Т. | 128 |
| ОСОБЕННОСТИ ВАРИАНТОВ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У МУЖЧИН МИГРАНТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ, РАЗЛИЧНЫХ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ Яскевич Р.А., Москаленко О.Л. | 150 |
| ОБНАРУЖЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ СЕНСОРОВ LANDSAT TM/ETM+ Мамедалиева В.М., Насирова В.Р. | 165 |
| ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ И СИНТЕЗ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА В ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ Федотова О.А., Полякова Е.А., Грабельных О.И. | 179 |
| ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ | 192 |

CONTENTS

| | |
|--|----|
| PREDICTION OF LIPOPHILIC PROPERTIES OF ADAMANTANE DERIVATIVES Osipov A.L., Trushina V.P. | 11 |
| CURRENT ASPECTS OF THE ETIOLOGY AND CLINIC OF IRRITABLE BOWEL SYNDROME IN CHILDREN Maleeva N.P., Katsova G.B. | 16 |
| VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF PLANTS IN TULIPA BIEBERSTEINIANA SCHULT. ET SCHULT. (LILIACEAE) COENOPOPULATIONS IN KALMYKIA Anzaev N.O., Borlikov S.H., Ovadykova Zh.V., Lidzhieva N.Ts. | 22 |
| THE CLINICO-LABORATORY CHARACTERISTIC OF MIXED VIRAL INTESTINAL INFECTIONS IN CHILDREN IN BAKU CITY Rustamova L.L., Kuliyeva Z.M., Qilindjova F.V., Isayeva M.M., Akhundova R.M. | 32 |
| FOREST FIRE IN THE TERRITORY YERMAK MUNICIPAL AREA OF KRASNOYARSK REGION IN 2018 Koval Yu.N. | 42 |
| INFLUENCE OF INTEGRATED HEALTH AND PHYSICAL LOADS ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE AUTOMATIVE AND CENTRAL NERVO SYSTEM OF TEACHERS OF THE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION Popova M.A., Chistova V.V., Sherbakova A.E. | 53 |
| THE EFFECTS OF DIETS SUPPLEMENTED WITH SPIRULINA PLATENSIS IN DIFFERENT QUANTITIES ON PIGMENTATION AND GROWTH PERFORMANCE OF GOLDFISH (CARASSIUS AURATUS) Kargın H., Dikbaş M.D. | 62 |
| ECOLOGIZATION OF RETAIL: AN ANALYSIS OF STRATEGIES Bakharev V.V., Kapustina I.V., Mityashin G.Yu., Katrashova Yu.V. | 79 |

| | |
|---|-----|
| INFLUENCE OF EXAMINATION STRESS ON EEG AMPLITUDE IN THE CEREBRAL SPHERE OF THE BRAIN OF STUDENTS OF THE FACULTY OF BIOLOGY-CHEMISTRY WITH DIFFERENT INDIVIDUAL TYPOLOGICAL FEATURES Rustamova T.V. | 97 |
| ADAPTIVE PECULARITIES OF CHLOROPHYLL CONTENT DYNAMICS IN PINUS SYLVESTRIS AND PICEA OBOVATA CONIFERS UNDER VEGETATION CONDITIONS IN THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA Oskorbina M.V., Korotaeva N.E., Suvorova G.G. | 113 |
| ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND CHEMICAL STATE OF SPRINGS IN URBAN AND RURAL SETTLEMENTS OF THE BRYANSK REGION BASED ON MONITORING DATA FOR 2012–2020 Soboleva O.A., Anischenko L.N., Shchetinskaya O.S., Dolganova M.V., Demichov V.T. | 128 |
| FEATURES OF LEFT VENTRICULAR REMODELING OPTIONS IN MALE MIGRANTS OF THE FAR NORTH WITH ARTERIAL HYPERTENSION, DIFFERENT CONSTITUTIONAL TYPES Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. | 150 |
| DETECTION OF CLAY MINERALS BASED ON SATELLITE IMAGES OF LANDSAT TM / ETM+ SENSORS Mammadaliyeva V.M., Nasirova V.R. | 165 |
| INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES ON HEAT TOLERANCE AND SYNTHESIS OF HEAT SHOCK PROTEINS IN SPRING WHEAT AT THE INITIAL STAGES OF DEVELOPMENT Fedotova O.A., Polyakova E.A., Grabelnykh O.I. | 179 |
| RULES FOR AUTHORS | 192 |

Подписано в печать 25.12.2020. Дата выхода в свет 25.12.2020. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 14,39. Тираж 5000 экз. Свободная цена. Заказ SJLSA125/020. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.