

ISSN 2658-6649

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

www.discover-journal.ru



Volume 13, Number 6
2021

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

Volume 13, Number 6
2021

Главный редактор:

Дентовская С.В. – доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией микробиологии чумы (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)

Заместители главного редактора:

Медведев Л.Н. – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биофизики Института фундаментальной биологии и биотехнологии (ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Российская Федерация)

Оказова З.П. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности (ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет», Грозный, Российская Федерация)

Москаленко О.Л. – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической патофизиологии (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture

Научно-практический рецензируемый журнал
Peer-reviewed scientific-practical journal

Периодичность. 6 номеров в год / Periodicity. 6 issues per year

Том 13, № 6, 2021

<p>Учредитель и издатель: ООО Научно-инновационный центр</p> <p>Журнал основан в 2008 году Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство регистрации ПИ № ФС 77 - 71726 от 30.11.2017 г.</p> <p>Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Перечень ВАК)</p> <p>Индексирование и реферирование: Scopus РИНЦ Ulrich's Periodicals Directory Cyberleninka Google Scholar ВИНИТИ РАН DOAJ BASE EBSCO WorldCat OpenAIRE ЭБС IPRbooks ЭБС Znanium ЭБС Лань</p> <p>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/</p> <p>Подписной индекс в каталоге Почты России «Подписные издания» – ПИ900</p>	<p>Founder and publisher: Science and Innovation Center Publishing House</p> <p>Founded 2008 Mass media registration certificate PI № FS 77 - 71726, issued November 30, 2017.</p> <p>Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture is included in the list of leading peer-reviewed scientific journals and editions, approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles (the VAK) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation</p> <p>Indexing and Abstracting: Scopus RSCI Ulrich's Periodicals Directory Cyberleninka Google Scholar VINITI Database RAS DOAJ BASE EBSCO WorldCat OpenAIRE IPRbooks Znanium Lan'</p> <p>Editorial Board Office: 9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation E-mail: editor@discover-journal.ru http://discover-journal.ru/</p> <p>Subscription index in the 'The Russian Post' General catalog – PI900</p> <p>Свободная цена © Научно-инновационный центр, 2021</p>
---	--

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. Оболensk, 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)

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

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

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

Лисняк Анатолий Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесного почвоведения

УкрНИИЛХА; доцент кафедры экологии и неозологии 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 взрослых и детей (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Российская Федерация)

Полунина Наталья Валентиновна, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующая кафедрой 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)

Поползухина Нина Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, природопользования и биологический работник сферы образования Российской Федерации, Почетный работник сферы образования Российской Федерации (ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П.А.Столыпина, Омск, 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)

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 агроботехнологий 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)

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 Neoecology (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)

Nina Popolzikhina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology, Nature Management and Biology, Honorary Worker of Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Education of the Russian Federation (Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, 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)

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

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

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

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)

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

INTERNAL MEDICINE

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-11-28

УДК 616-159.9.075

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ, УРОВНЯ ТРЕВОГИ И ДЕПРЕССИИ У ПАЦИЕНТОВ

*О.Л. Москаленко, О.В. Смирнова,
Э.В. Каспаров, И.Э. Каспарова*

Обоснование. В статье рассматривается оценка качества жизни, психологического состояния (тревожно-депрессивные расстройства, невротоподобные состояния) у пациентов с метаболическим синдромом. Распространенность метаболического синдрома в разных странах составляет 25-30% и варьирует от применяемых критериев. Выраженность клинических проявлений метаболического синдрома оказывает влияние на качество жизни пациентов, при этом снижаются показатели физического и психического здоровья. Проблема качества жизни пациентов, страдающих избыточным весом и ожирением, является актуальной и социально значимой. Ожирение приводит к тревожно-депрессивным расстройствам, невротоподобным состояниям, что способствует ухудшению прогноза основного заболевания. Число пациентов с хроническими нарушениями обмена веществ (ожирение, сахарный диабет 2 типа, неалкогольная жировая болезнь печени) увеличивается в мире с каждым годом.

Целью работы явилась оценка качества жизни, уровня тревоги и депрессии у пациентов с метаболическим синдромом.

Материалы и методы. Авторами представлены результаты исследования 60 больных с метаболическим синдромом и 45 практически здоровых добровольцев. Проведены осмотр пациентов, определение антропометрических показателей с оценкой качества жизни (опросник SF-36). Уровень тревоги и депрессии определяли по госпитальной шкале тревоги и депрессии HADS.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 8,0».

Результаты. Большинство показателей качества жизни статистически достоверно различались у больных с метаболическим синдромом относительно контрольной группы. Было выявлено снижение среднего уровня параметров «физическое функционирование» на 17,3%, «ролевое функционирование» на 31%, «общее здоровье» на 11,3%, «жизнеспособность» на 13%, «эмоциональное функционирование» на 50,1%. Уровень тревоги и депрессии у больных с метаболическим синдромом соответствовал субклинически выраженному уровню, уровень депрессии превышал значение контрольной группы на 18%.

Заключение. Проведенное исследование показывает, что для больных с метаболическим синдромом характерно снижение показателей качества жизни, субклинически выраженная тревога/депрессия. Целью любого лечения, по мнению специалистов MAPI Research Institute, является улучшение качества жизни больных до уровня здоровых лиц, следовательно, для больных с метаболическим синдромом наряду с патогенетической терапией, направленной на снижение массы тела, требуется коррекция психологических расстройств, которая уменьшит уровень тревожно-депрессивных расстройств и повысит показатели качества жизни.

Ключевые слова: ожирение; метаболический синдром; качество жизни; тревожно-депрессивные расстройства

Для цитирования. Москаленко О.Л., Смирнова О.В., Каспаров Э.В., Каспарова И.Э. Метаболический синдром: оценка качества жизни, уровня тревоги и депрессии у пациентов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 11-28. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-11-28

METABOLIC SYNDROME: ASSESSMENT OF QUALITY OF LIFE, ANXIETY AND DEPRESSION IN PATIENTS

**O.L. Moskalenko, O.V. Smirnova,
E.V. Kasparov, I.E. Kasparova**

Rationale. The article examines the assessment of the quality of life, psychological state (anxiety-depressive disorders, neurosis-like states) in patients with metabolic syndrome. The prevalence of metabolic syndrome in different countries is 25-30% and varies depending on the criteria used. The severity of the clinical

manifestations of the metabolic syndrome affects the quality of life of patients, while the indicators of physical and mental health decrease. The problem of the quality of life of patients suffering from overweight and obesity is relevant and socially significant. Obesity leads to anxiety-depressive disorders, neurosis-like states, which contributes to a worsening of the prognosis of the underlying disease. The number of patients with chronic metabolic disorders (obesity, type 2 diabetes mellitus, non-alcoholic fatty liver disease) is increasing in the world every year.

The aim of our work was to assess the quality of life, the level of anxiety and depression in patients with metabolic syndrome.

Materials and methods. The authors presented the results of a study of 60 patients with metabolic syndrome and 45 apparently healthy volunteers. Examination of patients, determination of anthropometric indicators with an assessment of the quality of life (questionnaire SF-36) were carried out. The level of anxiety and depression was determined according to the hospital scale of anxiety and depression HADS. Statistical processing of the obtained data was carried out using the application package "STATISTICA 8.0".

Results. Most of the quality of life indicators were statistically significantly different in patients with metabolic syndrome relative to the control group. There was a decrease in the average level of the parameters "physical functioning" by 17.3%, "role functioning" by 31%, "general health" by 11.3%, "vitality" by 13%, "emotional functioning" by 50.1%. ... The level of anxiety and depression in patients with metabolic syndrome corresponded to the subclinical level, the level of depression exceeded the value of the control group by 18%.

Conclusion. The study shows that patients with metabolic syndrome are characterized by a decrease in quality of life indicators, subclinically severe anxiety / depression. The goal of any treatment, according to MAPI Research Institute specialists, is to improve the quality of life of patients to the level of healthy individuals, therefore, for patients with metabolic syndrome, along with pathogenetic therapy aimed at reducing body weight, correction of psychological disorders is required, which will reduce the level of anxiety-depressive disorders and will improve quality of life indicators.

Keywords: obesity; metabolic syndrome; quality of life; anxiety-depressive disorders

For citation. Moskalenko O.L., Smirnova O.V., Kasparov E.V., Kasparova I.E. Metabolic Syndrome: Assessment of Quality of Life, Anxiety and Depression in Patients. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 11-28. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-11-28

Метаболический синдром (МС) – сложный эндокринологический комплекс, характеризующийся ожирением [17, с. 2659-2665; 19, с. e212], нарушением толерантности к глюкозе [9, с. 132; 18, с. 2709-2716], изменениями в липидном обмене и артериальной гипертензией [11, с. 81-88; 29, с. 59-73; 30, с. 47-63]. В настоящее время заболеваемость МС прогрессивно увеличивается в развитых и в развивающихся странах, что свидетельствует об актуальности изучения данной патологии в мире [5, с. 62-65; 21, с. 486-491; 25, с. 112-121; 10]. Распространённость МС у взрослых больных составляет 20-25%. Высокая частота среди населения МС и его компонентов является прогностически неблагоприятным [23, с. 596; 28, с. 3021-104].

Для больных с МС характерны различные психологические расстройства, низкая самооценка [14, с. 19-23; 26, с. 1422-1427], депрессия, адаптационные трудности [6; 4, с. 26-46], все это приводит к утяжелению клинического состояния больных и снижению качества жизни [1, с. 304-309; 8, с. 49-55].

По данным российских и зарубежных исследований (Успенский Ю.П., Балукова Е.В., Хохлов А.Л., Seppälä J., Tuula H., Heiskanen L.K.) распространённость депрессий, пессимистических взглядов на жизнь, потери способности ощущать радостные эмоции и увеличение негативных мыслей у пациентов с МС составляет 15,5-42,2%, при этом чаще страдают женщины [13, с. 10270-1030; 20, с. 7-11]. Выраженность депрессивных расстройств зависит от сочетания и количества осложнений МС [15, с. 10-34; 16, с. 150-164; 22, с. 65; 24, с. 784-793]. Для 74% женщин с МС факт ожирения связан со сниженной самооценкой и чувством неуверенности, в противоположность только 35,8% мужчин согласны с данным утверждением. Чувство неуверенности из-за ожирения испытывают 44% женщин с МС и 23,2% мужчин. Более половины женщин с МС и ожирением находятся в состоянии хронического стресса, что ведет к расстройствам психологического профиля [3, с. 10-28; 10; 7].

Важно отметить, что у пациентов с МС отмечаются жалобы соматического характера и психологического профиля (тревожно- депрессивные синдромы). Известно, тревожно-депрессивные расстройства ухудшают состояние пациентов с МС, что в дальнейшем приводит к снижению качества жизни и страдает пищевое поведение. Так у пациентов с ожирением могут наблюдаться разные нарушения пищевого поведения (эмоциогенное, компульсивное, синдром ночной еды).

Качество жизни – это универсальный сложносоставной параметр, отражающий степень отрицательного воздействия заболевания на повседневную жизнь человека. Для пациента с МС внешность нередко становится

препятствием для самореализации в важнейших сферах самовосприятия, интимно-личностной, профессиональной и сохранения здоровья. Для оценки качества жизни необходимо установить общее самочувствие пациента, симптомы основного заболевания, работоспособность, а также оцениваются ощущения благополучия, планы больного на будущее, необходимость медико-социальной помощи.

Таким образом, проблема психологического состояния и качества жизни пациентов с ожирением и МС в наше время становится более актуальной и социально значимой.

Целью нашей работы явилась оценка качества жизни, уровня тревоги, депрессии у пациентов с метаболическим синдромом.

Методы исследования:

Дизайн исследования. Проведено наблюдательное одномоментное открытое сравнительное исследование по принципу «случай-контроль».

Критерии соответствия:

Критерии включения: возраст от 20 до 65 лет; индекс массы тела (ИМТ; $\text{кг}/\text{м}^2$) более $27,5 \text{ кг}/\text{м}^2$, наличие подписанного информированного согласия.

Критерии исключения: онкологические заболевания в анамнезе; перенесенное ОРВИ или обострение хронического заболевания в течение последнего месяца, беременность.

Условия проведения

Набор пациентов проводился на базе клиники Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера ФИЦ КНЦ СО РАН. Исследованы 60 больных с МС и 45 практически здоровых добровольцев, не имеющих сопутствующих заболеваний и не страдающих ожирением.

Продолжительность исследования

Включение и обследование пациентов проводились с июня 2019 г. по ноябрь 2020 г.

Описание медицинского вмешательства

Протоколы исследования включали:

Проведен осмотр пациентов с определением антропометрических показателей (окружность талии, см; масса тела, кг; ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$). Оценка качества

жизни определялась по опроснику SF-36 [3, с. 10-18]. Уровень тревоги и депрессии определяли по госпитальной шкале тревоги и депрессии HADS [27]. Критерии включения в исследование: абдоминальный тип ожирения, ИМТ 25-29,9 и более 30 кг/м³, артериальная гипертензия, повышение уровня триглицеридов, снижение уровня ХС ЛПВП, повышение уровня ХС ЛПНП, гипергликемия натощак, нарушение толерантности к глюкозе.

Опросник SF-36 состоит из 36 вопросов, которые включают восемь шкал, далее шкалы формировали два показателя: физический компонент здоровья и психологический компонент здоровья. Результаты представлены в виде оценок в баллах по всем 8-ми шкалам, где более высокая оценка указывает на более высокий уровень качества жизни, т.е. чем больше число набранных баллов, тем выше качество жизни.

Госпитальная Шкала Тревоги и Депрессии (HADS) проста в применении и обработке результатов. Рекомендована для диагностики уровня тревожности и депрессивного состояния у пациентов. Также применяется в дифференциальной диагностике. Шкалу нужно заполнить за 10-15 минут (первая реакция является наиболее верной, не раздумываясь над ответом). Анкета заполняется самостоятельно, выбираются ответы по всем пунктам, и преобладает тот из ответов, который соответствует состоянию обследуемого в течении последних 7 дней. Для каждого утверждения шкалы HADS соответствуют 4 варианта ответа. Преимуществом теста является простота использования и обработки информации. Результаты представляют в баллах: от 0 до 7 баллов – норма (отсутствие достоверно выраженных симптомов тревоги и депрессии); 8-10 баллов – субклинически выраженная тревога / депрессия; 11 баллов и выше – клинически выраженная тревога / депрессия. При сумме баллов шкалы уровня тревоги/ депрессии 8 и выше, обследуемым необходима консультация невролога и психотерапевта для назначения необходимого лечения.

Этическая экспертиза

В работе с пациентами соблюдались этические принципы. Каждый обследуемый подписывал форму информированного согласия, подтверждающее его добровольное участие в исследовании. Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФИЦ КНЦ СО РАН (№ 3 от 24.03.2019)

Статистический анализ

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 8.0». Рассчитывали

среднее арифметическое значение и стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). При нормальном распределении статистически значимыми различиями являлись $p < 0,05$ критерия Стьюдента. Был проведен корреляционный анализ по методу Спирмена.

Результаты

Объекты (участники) исследования

Проведено обследование 60 больных с МС в возрасте от 20 до 53 лет (в среднем $37,6 \pm 0,4$ г), среди которых 53,3% женщин ($n=16$) и 46,7% мужчин ($n=14$). Средняя масса тела составила $105,1 \pm 20,4$ кг (от 89 до 137 кг), средний ИМТ составил $38,7 \pm 6,7$ кг/м². У всех пациентов отмечалось ожирение по абдоминальному типу и различное сочетание компонентов МС (табл. 1). Контрольную группу составили 45 практически здоровых добровольцев, без сопутствующих болезней и не имеющие морбидного ожирения.

Основные результаты исследования

Полученные данные свидетельствуют, о том, что у большинства пациентов в группе мужчин и женщин отмечалось морбидное ожирение 62,5% и 64,3% случаев соответственно. У мужчин с МС реже выявлялись сочетание ожирения с сахарным диабетом 2 типа или ожирения с артериальной гипертонией и сахарным диабетом 2 типа (7,1%), а чаще сочетание ожирения с артериальной гипертонией (21,5%) ($p < 0,05$).

Таблица 1.

Распределение больных (мужчины/женщины) с различным сочетанием и количеством компонентов МС

№	Признаки	Абс. кол-во		Относит. кол-во	
		Женщины ($n=16$)	Мужчины ($n=14$)	Женщины ($n=16$)	Мужчины ($n=14$)
1	Ожирение	10	9	62,5%	64,3%
2	Ожирение+ СД 2 типа	2	1	12,5%	7,1%
3	Ожирение+ АГ	2	3	12,5%	21,5%*
4	Ожирение + АГ + СД 2 типа	2	1	12,5%	7,1%
	Итого	30		100%	100%

Примечание: * – p (критерий Стьюдента) $< 0,05$

Большинство показателей КЖ статистически достоверно различались у больных с МС относительно контрольной группы (Табл.2). Было выявлено снижение среднего уровня показателя «физическое функционирование» на

17,3% ($p<0,05$), «ролевое функционирование» на 31% ($p<0,05$), «общее здоровье» на 11,3% ($p<0,05$), «жизнеспособность» на 13% ($p<0,05$), «эмоциональное функционирование» на 50,1% ($p<0,05$). Таким образом, у обследуемых пациентов с МС отмечался низкий уровень показателей качества жизни (КЖ).

Так, при наличии ожирения и сахарного диабета 2 типа, наблюдалось снижение физической деятельности и жизненной активности. Важно отметить, что с увеличением длительности заболевания сахарным диабетом 2 типа у пациентов снижались показатели физической активности, эмоционального и психологического состояния, болевой синдром становился более выраженным.

Таблица 2.

Показатели качества жизни пациентов с различной степенью риска формирования МС (согласно SF-36)

№	Показатели	Контрольная группа (n=35)	МС (n=30)	P
1	Физический компонент здоровья (баллы)			
	Физическое функционирование	65,15±2,17	76,22±2,57	p=0,047
	Ролевое функционирование	46,32±4,03	60,67±5,18	p=0,035
	Интенсивность боли	53,71±2,49	57,71±3,23	p=0,048
	Общее состояние здоровья	51,32±3,19	62,35±3,94	p=0,039
2	Психологический компонент здоровья (баллы)			
	Психическое здоровье	51,87±2,32	52,98±2,89	p=0,02
	Ролевое функционирование	47,23±2,77	61,55±2,97	p=0,039
	Социальное функционирование	71,15±2,97	73,51±2,81	p=0,02
	Жизненная активность	53,12±2,64	60,02±2,78	p=0,043

Уровень тревоги и депрессии у больных с МС соответствовал субклинически выраженному уровню, уровень депрессии превышал значение контрольной группы на 18% (Табл. 3).

Таблица 3.

Показатели уровня тревоги и депрессии по шкале HADS

№	Показатели	Контрольная группа (n=35)	МС (n=30)	P
1	Оценка уровня тревоги	6,16±0,37	7,260,49±	p=0,034
2	Оценка уровня депрессии	7,70±0,31	9,010,20±	p=0,036

Таким образом, при метаболическом синдроме у пациентов утяжеляются психологические расстройства личности и снижается качество жиз-

ни. Выраженные изменения в психологическом статусе больных с МС сочетаются со снижением физической активности, при этом актуальные планы и потребности больного затормаживаются, доминирует тревога в оценке перспектив, а воздействие кратковременных и хронических стрессорных триггеров усиливается, что приводит к появлению и прогрессированию у больных с МС выраженных психосоматических нарушений.

При проведении корреляционного анализа обнаруживалась достоверная корреляция с индексом массы тела больного следующих показателей: физическое благополучие, физическая активность и болевой синдром. Все показатели имеют обратную линейную зависимость от массы тела больного (физическое благополучие ($r=-0,5634$), физическая активность ($r=-0,7192$), болевой синдром ($r=-0,4290$)).

Обсуждение

Качество жизни пациентов – один из значимых факторов комплексной оценки состояния больных с МС. Большинство показателей качества жизни пациентов с морбидным ожирением достоверно отличались от практически здоровых добровольцев. Было выявлено снижение параметров физического функционирования, ролевого функционирования, общего здоровья, жизнеспособности, эмоционального функционирования. Для больных с МС характерно снижение показателей качества жизни, субклинически выраженная тревога/депрессия. Обнаруживается обратная корреляция между уровнем физического состояния и качеством жизни обследованных пациентов.

Целью любого лечения, по мнению специалистов MAPI Research Institute, является улучшение качества жизни больных до уровня здоровых лиц, следовательно, для больных с МС наряду с патогенетической терапией, направленной на снижение массы тела, требуется коррекция психологических нарушений, которая уменьшит уровень тревожно-депрессивных расстройств и повысит показатели качества жизни. Пациенты с МС для улучшения качества жизни требуют психологическую коррекцию эмоциональных нарушений, при этом использование комплексного клиничко-психологического обследования с учетом индивидуальных особенностей пациентов позволяет разработать и внедрить варианты персонализированной терапии [2, с. 14-15; 12, с. 83-96].

Источник финансирования. Данное исследование выполнялось на базе клиники Научно-исследовательского института медицинских про-

блем Севера (г. Красноярск) и входит в научное направление НИИ МПС. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Список литературы

1. Беспалова И.Д., Медянцева Ю.А., Калужин В.В. и др. Качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. 2012. Т. 18, № 4. С. 304-309.
2. Власова О.Л. Клинико-психологические особенности больных с различными проявлениями метаболического синдрома: автореф. дисс. канд. мед. наук. Смоленск. 2010. 26 с.
3. Деревянных Е.В., Балашова Н.А., Яскевич Р.А., Москаленко О.Л. Частота и выраженность тревожно-депрессивных нарушений у студентов медицинского вуза // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 1. С. 10-28. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-1-10-28>
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. <https://doi.org/10.12731/wsd-2016-7-2>
5. Джериева И.С., Волкова Н.И., Рапопорт С.И. Ассоциация между депрессией и метаболическим синдромом // Клиническая медицина. №1. 2015. С. 62-65.
6. Долганова Н.П., Ротарь О.П. Качество жизни и особенности эмоционального статуса у лиц с риском метаболического синдрома // Клиническая и медицинская психология: исследования, обучение, практика: электрон. науч. журн. 2014. №1(3). http://www.medpsy.ru/climp/2014_1_3/article04.php
7. Дурнева М.Ю. Формирование пищевого поведения: путь от младенчества до подростка. Обзор зарубежных исследований // Клиническая и специальная психология. 2015. Т. 4, № 3. С. 1-19. <https://doi.org/10.17759/psyclin.2015040301>
8. Завражных Л.А., Смирнова Е.Н. Значение психологических характеристик пациента для эффективного лечения метаболического синдрома // Клиницист. 2011. № 3. С. 49-55.
9. Метаболический синдром. Пер. с англ. под. ред. В. Фонсеки. М.: «Практика». 2011. 272 с.

10. Мешкова Т.А. Роль наследственности и среды в этиологии нарушений пищевого поведения. I. Обзор семейных исследований // Клиническая и специальная психология. 2015. Т. 4, №1. <http://psyjournals.ru/psyclin/2015/n1/Meshkova.shtml>
11. Сергеева Л.С. Влияние особенностей восприятия болезни на качество жизни пациентов с метаболическим синдромом // Вестник психотерапии: научно-практический журнал. 2007. № 20. С. 81-88. https://nrterm.ru/files/gurnalVP/vestnik_psihoterapii25.pdf
12. Султанова А.С., Иванова И.А. К проблеме нормативных показателей в патопсихологической диагностике // Клиническая и специальная психология. 2017. Т. 6, №2. С. 83-96. <https://doi.org/10.17759/psyclin.2017060207>
13. Тепаева А.И. Качество жизни пациентов страдающих избыточным весом и ожирение результаты социологического анализа // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2013. Т. 3, № 7. С. 1027-1030.
14. Хохлов А.Л., Жилина А.Н., Буйдина Т.А. Взаимосвязь показателей качества жизни и особенностей психологического статуса с клиническими проявлениями метаболического синдрома // Качественная клиническая практика. 2006. № 2. С. 19-23.
15. 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.
16. Яскевич Р.А., Москаленко О.Л. Особенности вариантов ремоделирования левого желудочка у мужчин мигрантов крайнего севера с артериальной гипертонией, различных конституциональных типов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Т. 12, № 5. С. 150-164. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-150-164>
17. Brunner E.J., Hemingway H., Walker B.R., Page M., Clarke P., Juneja M., Shipley M.J., Kumari M., Andrew R., Seckl J.R., Papadopoulos A., Checkley S., Rumley A., Lowe G.D., Stansfeld S.A., Marmot M.G. Adrenocortical, autonomic, and inflammatory causes of the metabolic syndrome: nested case-control study // Circulation. 2002. Vol. 106, No. 21. P. 2659-2665. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000038364.26310.bd>
18. Lakka H.M., Laaksonen D.E., Lakka T.A., Niskanen L.K., Kumpusalo E., Tuomilehto J., Salonen J.T. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men // JAMA. 2002. Vol. 288, No. 21. P. 2709-2716. <https://doi.org/10.1001/jama.288.21.2709>
19. Lopez-Suarez A., Bascunana-Quirell A., Beltran-Robles M., Elvira-Gonzalez J., Fernandez-Palacin F., Barroso-Casamitjana E., Solino-Ocana I. Metabolic

- syndrome does not improve the prediction of 5-year cardiovascular disease and total mortality over standard risk markers. Prospective population based study // *Medicine (Baltimore)*. 2014. Vol. 93, No. 27. P. e212. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000212>
20. Schutz Y. Macronutrients and energy balance in obesity // *Metabolism*. 1995. Vol. 44. Iss. 9. P. 7-11. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(95\)90311-9](https://doi.org/10.1016/0026-0495(95)90311-9)
 21. Scuteri A., Laurent S., Cucca F., Cockcroft J., Cunha P.G., Manas L.R., Mattace Raso F.U., Muiesan M.L., Ryliskyte L., Rietzschel E., Strait J., Vlachopoulos C., Volzke H., Lakatta E.G., Nilsson P.M., Metabolic S., Arteries Research C. Metabolic syndrome across Europe: different clusters of risk factors // *Eur J Prev Cardiol*. 2015. Vol. 22. No. 4. P. 486-491. <https://doi.org/10.1177/2047487314525529>
 22. Seppälä J. Depressive Symptoms, Metabolic Syndrome and Diet. Kuopio: University of Eastern Finland. 2012. 65 p.
 23. 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.
 24. Stuckey M.I., Tulppo M.P., Kiviniemi A.M., Petrella R.J. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature // *Diabetes Metab Res Rev*. 2014. Vol. 30. No. 8. P. 784-793. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2555>
 25. Tang F., Wang G., Lian Y. Association between anxiety and metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies // *Psychoneuroendocrinology*. 2017. Vol. 77. No. 2. P. 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.025>
 26. Tuula H., Heiskanen L.K., Niskanen J.J. et al. Metabolic Syndrome and Depression: A cross-sectional Analysis // *J. Clin Psychiatry*. 2006. № 67. P. 1422-1427. <https://doi.org/10.4088/jcp.v67n0913>
 27. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. The Health Institute. New England Medical Center. Boston, Mass. 1994.
 28. 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>

29. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Analysis of the incidence and structure of the cardiovascular system diseases in the far north migrants over the period of readaptation to the new climatic conditions // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 4-2. С. 59-73. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-4-2-59-73>
30. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Anthropometric characteristics and component composition of body weight in male migrants of the far north with arterial hypertension // В мире научных открытий. 2017. Т. 9, № 4. С. 47-63.

References

1. Bepalova I.D., Medyantsev Yu.A., Kalyuzhin V.V. i dr. Kachestvo zhizni bol'nykh gipertonicheskoy bolezn'yu s metabolicheskim sindromom [Quality of life of patients with essential hypertension with metabolic syndrome]. *Arterial'naya gipertenziya* [Arterial hypertension], 2012, vol. 18, no. 4, pp. 304-309.
2. Vlasova O.L. *Kliniko-psikhologicheskie osobennosti bol'nykh s razlichnymi proyavleniyami metabolicheskogo sindroma* [Clinical and psychological characteristics of patients with various manifestations of the metabolic syndrome]. Smolensk, 2010, 26 p.
3. Derevyannykh E.V., Balashova N.A., Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Chastota i vyrazhennost' trevozhno-depressivnykh narusheniy u studentov meditsinskogo vuza [The frequency and severity of anxiety-depressive disorders in medical students]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discovery], 2017, vol. 9, no. 1, pp. 10-28. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-1-10-28>
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 [The prevalence of overweight among women medical workers of a large clinical hospital in the city of Krasnoyarsk]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discovery], 2016, no. 7 (79), pp. 26-46. <https://doi.org/10.12731/wsd-2016-7-2>
5. Dzherieva I.S., Volkova N.I., Rapoport S.I. Assotsiatsiya mezhdu depressiey i metabolicheskim sindromom [Association between depression and metabolic syndrome]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical medicine], 2015, no. 1, pp. 62-65.
6. Dolganova N.P., Rotar' O.P. Kachestvo zhizni i osobennosti emotsional'nogo statusa u lits s riskom metabolicheskogo sindroma [Quality of life and features of emotional status in persons at risk of metabolic syndrome]. *Klinicheskaya i meditsinskaya psikhologiya: issledovaniya, obuchenie, praktika* [Clinical and Medical Psychology: Research, Training, Practice], 2014, no. 1(3). http://www.medpsy.ru/climp/2014_1_3/article04.php

7. Durneva M.Yu. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya* [Clinical and special psychology], 2015, vol. 4, no. 3, pp. 1-19. <https://doi.org/10.17759/psy-clin.2015040301>
8. Zavrazhnykh L.A., Smirnova E.N. Znachenie psikhologicheskikh kharakteristik patsienta dlya effektivnogo lecheniya metabolicheskogo sindroma [The importance of the psychological characteristics of the patient for the effective treatment of metabolic syndrome]. *Klinitsist* [Clinician], 2011, no. 3, pp. 49-55.
9. *Metabolicheskiy sindrom* [Metabolic syndrome]. ed. V. Fonseki. M.: «Praktika», 2011, 272 p.
10. Meshkova T.A. Rol' nasledstvennosti i sredy v etiologii narusheniy pishchevogo povedeniya. I. Obzor semeynykh issledovaniy [The role of heredity and environment in the etiology of eating disorders. I. Review of family studies]. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya* [Clinical and special psychology], 2015, vol. 4, no. 1. <http://psyjournals.ru/psyclin/2015/n1/Meshkova.shtml>
11. Sergeeva L.S. Vliyaniye osobennostey vospriyatiya bolezni na kachestvo zhizni patsientov s metabolicheskim sindromom [The influence of the characteristics of the perception of the disease on the quality of life of patients with metabolic syndrome]. *Vestnik psikhoterapii: nauchno-prakticheskiy zhurnal* [Psychotherapy Bulletin: scientific and practical journal], 2007, no. 20, pp. 81-88.
12. Sultanova A.S., Ivanova I.A. K probleme normativnykh pokazateley v patopsikhologicheskoy diagnostike [On the problem of normative indicators in pathopsychological diagnostics] [Elektronnyy resurs]. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya* [Clinical and special psychology], 2017, vol. 6, no. 2, pp. 83-96. <https://doi.org/10.17759/psyclin.2017060207>
13. Tepaeva A.I. Kachestvo zhizni patsientov stradayushchikh izbytochnym vesom i ozhirenie rezul'taty sotsiologicheskogo analiza [The quality of life of patients suffering from overweight and obesity results of a sociological analysis]. *Byulleten' meditsinskikh Internet - konferentsiy* [Bulletin of medical Internet - conferences], 2013, vol. 3, no. 7, pp. 1027-1030.
14. Khokhlov A.L., Zhilina A.N., Buydina T.A. Vzaimosvyaz' pokazateley kachestva zhizni i osobennostey psikhologicheskogo statusa s klinicheskimi proyavleniyami metabolicheskogo sindroma [Interrelation of indicators of quality of life and characteristics of psychological status with clinical manifestations of metabolic syndrome]. *Kachestvennaya klinicheskaya praktika* [Good clinical practice], 2006, no. 2, pp. 19-23.
15. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Antropometricheskie osobennosti i komponentnyy sostav massy tela u muzhchin migrantov kraynego severa s arterial'noy gipertoniey [Anthropometric features and component composition of

- body weight in male migrants from the Far North with arterial hypertension]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discovery]. 2016. no. 10 (82), pp. 10-34.
16. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Osobennosti variantov remodelirovaniya levogo zheludochka u muzhchin migrantov kraynego severa s arterial'noy gipertoniey, razlichnykh konstitutsional'nykh tipov [Features of variants of left ventricular remodeling in male migrants of the Far North with arterial hypertension, various constitutional types]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 5, pp. 150-164. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-150-164>
 17. Brunner E.J., Hemingway H., Walker B.R., Page M., Clarke P., Juneja M., Shipley M.J., Kumari M., Andrew R., Seckl J.R., Papadopoulos A., Checkley S., Rumley A., Lowe G.D., Stansfeld S.A., Marmot M.G. Adrenocortical, autonomic, and inflammatory causes of the metabolic syndrome: nested case-control study. *Circulation*, 2002, vol. 106, no. 21, pp. 2659-2665. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000038364.26310.bd>
 18. Lakka H.M., Laaksonen D.E., Lakka T.A., Niskanen L.K., Kumpusalo E., Tuomilehto J., Salonen J.T. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA*, 2002, vol. 288, no. 21, pp. 2709-2716. <https://doi.org/10.1001/jama.288.21.2709>
 19. Lopez-Suarez A., Bascunana-Quirell A., Beltran-Robles M., Elvira-Gonzalez J., Fernandez-Palacin F., Barroso-Casamitjana E., Solino-Ocana I. Metabolic syndrome does not improve the prediction of 5-year cardiovascular disease and total mortality over standard risk markers. Prospective population based study. *Medicine (Baltimore)*, 2014, vol. 93, no. 27, e212. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000212>
 20. Schutz Y. Macronutrients and energy balance in obesity. *Metabolism*, 1995, vol. 44, iss. 9, pp. 7-11. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(95\)90311-9](https://doi.org/10.1016/0026-0495(95)90311-9)
 21. Scuteri A., Laurent S., Cucca F., Cockcroft J., Cunha P.G., Manas L.R., Mattace Raso F.U., Muiesan M.L., Ryliskyte L., Rietzschel E., Strait J., Vlachopoulos C., Volzke H., Lakatta E.G., Nilsson P.M., Metabolic S., Arteries Research C. Metabolic syndrome across Europe: different clusters of risk factors. *Eur J. Prev Cardiol.*, 2015, vol. 22, no. 4, pp. 486-491. <https://doi.org/10.1177/2047487314525529>
 22. Seppälä J. Depressive Symptoms, Metabolic Syndrome and Diet. Kuopio: University of Eastern Finland, 2012, 65 p.
 23. 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, pp. 596.
24. Stuckey M.I., Tulppo M.P., Kiviniemi A.M., Petrella R.J. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature. *Diabetes Metab Res Rev.*, 2014, vol. 30, no. 8, pp. 784-793. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2555>
 25. Tang F., Wang G., Lian Y. Association between anxiety and metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Psychoneuroendocrinology*, 2017, vol. 77, no. 2, pp. 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.025>
 26. Tuula H., Heiskanen L.K., Niskanen J.J. et al. Metabolic Syndrome and Depression: A cross-sectional Analysis. *J. Clin Psychiatry*, 2006, no. 67, pp. 1422-1427. <https://doi.org/10.4088/jcp.v67n0913>
 27. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. The Health Institute. *New England Medical Center. Boston, Mass.* 1994.
 28. 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, no. 33, pp. 3021-104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
 29. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Analysis of the incidence and structure of the cardiovascular system diseases in the far north migrants over the period of readaptation to the new climatic conditions. *In the world of scientific discovery*, 2017, vol. 9, no. 4-2, pp. 59-73. <https://doi.org/10.12731/wsd-2017-4-2-59-73>
 30. Yaskevich R.A., Moskalenko O.L. Anthropometric characteristics and component composition of body weight in male migrants of the far north with arterial hypertension. *In the world of scientific discovery*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 47-63.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Москаленко Ольга Леонидовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической патофизиологии Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация
gre-ll@mail.ru

Смирнова Ольга Валентиновна, доктор медицинских наук, зав. лабораторией клинической патофизиологии

Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

ovsmirnova71@mail.ru

Каспаров Эдуард Вильямович, доктор медицинских наук, профессор, директор НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН, зам. директора ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»

Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

impr@impr.ru

Каспарова Ирина Эдуардовна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической патофизиологии

Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

ул. Партизана Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

impr@impr.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Olga L. Moskalenko, Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Clinical Pathophysiology

Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of medical problems of the North»

3g, Partizan Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

gre-ll@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4268-6568

Olga V. Smirnova, MD, Head of the Laboratory of Clinical Pathophysiology
Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of medical problems of the North»

3g, Partizan Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
ovsmirnova71@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3992-9207

Eduard V. Kasparov, MD, Professor, Director

Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of medical problems of the North»

3g, Partizan Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
impn@impn.ru

ORCID: 0000-0002-5988-1688

Irina E. Kasparova, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher Laboratory of Clinical Pathophysiology

Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of medical problems of the North»

3g, Partizan Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation
impn@impn.ru

Поступила 23.04.2021

После рецензирования 15.06.2021

Принята 10.07.2021

Received 23.04.2021

Revised 15.06.2021

Accepted 10.07.2021

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

PUBLIC HEALTH AND PREVENTIVE MEDICINE

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-29-48

УДК 616.314

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ И ВИНТОВЫХ НИКЕЛЬ-ТИТАНОВЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ С ПРОНИЦАЕМОЙ ПОРИСТОСТЬЮ В КОМБИНАЦИИ С СЕТЧАТЫМ ТОНКОПРОФИЛЬНЫМ НИКЕЛИДОМ ТИТАНА

*А.А. Радкевич, Г.М. Стынкэ, И.В. Синюк,
Ю.В. Чижов, Р.Х. Мамедов, П.Г. Варламов*

Цель. Изучение закономерностей взаимодействия костных структур реципиентных зон и винтовых никель-титановых дентальных имплантатов, имеющих сквозную пористую структуру в комбинации с сетчатым тонкопрофильным никелидом титана.

Материалы и методы. Проведены экспериментальные исследования на 15 беспородных кроликах возраста 1-1,5 лет, обоего пола. Животным в толщу нижнечелюстной кости устанавливали цилиндрические пористые винтовые никель-титановые имплантаты в комбинации с вязаным тонкопрофильным сверхэластичным сетчатым никелидом титана. Для изучения репаративного остеогенеза и его особенностей материал забирали через 7, 14, 21, 28, 35 и 42 сутки после установки имплантатов.

Результаты. Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что в зоне имплантации регенерат представлял собой губчатую и компакт-

ную костные ткани в соответствии с локализацией, ближе или далее от компактного слоя реципиентной кости.

Заключение. Благодаря биосовместимости сплавов на основе титана и никеля с биоканями, костные структуры со стороны реципиентных областей образуются в системе пористой части имплантируемых конструкций и внутри ячеистости тонкопрофильного никелида титана, образуя между ними единый костный органотипичный регенерат.

Ключевые слова: никелид титана; денальная имплантация; репаративный остеогенез

Для цитирования. Радкевич А.А., Стынкэ Г.М., Синюк И.В., Чижев Ю.В., Мамедов Р.Х., Варламов П.Г. Особенности взаимодействия костных тканей и винтовых никель-титановых денальных имплантатов с проницаемой пористостью в комбинации с сетчатым тонкопрофильным никелидом титана // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 29-48. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-29-48

FEATURES OF THE INTERACTION OF BONE TISSUES AND SCREW DENTAL IMPLANTS MADE OF TITANIUM NICKELIDE WITH PERMEABLE POROSITY IN COMBINATION WITH FINE-PROFILE MESH TITANIUM NICKELIDE

*A.A. Radkevich, G.M. Stynke, I.V. Sinyuk,
Yu.V. Chizhov, R.H. Mammadov, P.G. Varlamov*

Goal. To study the patterns of interaction between the bone structures of the recipient zones and screw dental implants made of titanium nickelide having through permeable porosity in combination with fine-profile mesh titanium nickelide.

Materials and methods. Experimental studies were performed on 15 mongrel rabbits of both sexes aged 1-1.5 years. Cylindrical porous screw nickel-titanium implants were installed in the thickness of the mandibular bone in combination with knitted thin-profile superelastic mesh titanium nickelide. To study the features of reparative osteogenesis, the material was collected 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after the implants were installed.

Results. The conducted studies have shown that in the implantation zone the regenerate was a spongy and compact bone tissue in accordance with the localization, closer or further from the compact layer of the recipient bone.

Conclusion. *Due to the biocompatibility of titanium nickelide-based alloys with biological tissues, bone tissue from the recipient regions grows into the system of the porous part of the implantable structures and into the thickness of the mesh structure of thin-profile knitted titanium nickelide with the formation of a single bone organotypic regenerate between them.*

Keywords: *titanium nickelide; dental implantation; reparative osteogenesis*

For citation. *Radkevich A.A., Stynke G.M., Sinyuk I.V., Chizhov Yu.V., Mamadov R.H., Varlamov P.G. Features of the Interaction of Bone Tissues and Screw Dental Implants Made of Titanium Nickelide with Permeable Porosity in Combination with Fine-Profile Mesh Titanium Nickelide. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 29-48. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-29-48*

Введение

Успешность реабилитационных мероприятий у больных с различными вариантами адентии с применением дентальной имплантации зависит как от выбора имплантационного материала, так и от репаративных свойств реципиентных костных тканей. В настоящее время бесспорным является тот факт, что дентальный имплантат должен обладать свойствами биосовместимости, иметь пористую проницаемую структуру для того, чтобы ткани со стороны реципиентных областей сквозь нее прорастали с образованием в толще имплантата единого с имплантационным материалом органотипичного костного регенерата, составляющего единый комплекс с костными тканями челюстных костей [4-11, 13, 14, 17]. В иных случаях, как правило, за счет продолжительной функциональной нагрузки и разгрузки (знакопеременной деформации тканей и имплантата), не биосовместимые материалы будут разрушаться или отторгаться, а биосовместимые без пористой структуры постепенно расшатываться в процессе функционирования организма, что будет приводить к их функциональной несостоятельности [1-3]. Известно, что среди металлических материалов биосовместимыми являются сплавы на основе никелида титана, разработанные в НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы (г. Томск), так как в отличие от других они не только не вступают в химические реакции с биологическими жидкостями, но и при нагрузке и разгрузке ведут себя подобно живым тканям, т.е. согласно закона запаздывания биологических тканей [12, 15, 16]. Несмотря на высокую клиническую эффективность применения зубных имплантатов на основе пористого никелида титана в ряде случаев возможны осложнения, приводящие к их

выпадению, за счет остеогенной недостаточности реципиентных костных тканей. В целях уменьшения количества данных осложнений предложена методика использования вышеуказанных имплантатов в комбинации с вязанным тонкопрофильным сверхэластичным сетчатым никелидом титана для ликвидации свободного пространства между имплантируемой конструкцией и костным ложем реципиента [5].

Целью настоящего исследования явилось изучение закономерностей взаимодействия костных структур реципиентных зон и винтовых никель-титановых дентальных имплантатов, имеющих сквозную пористую структуру в комбинации с сетчатым тонкопрофильным никелидом титана.

Материалы и методы

Проведены экспериментальные исследования на 15 беспородных кроликах обоего пола в возрасте 1-1,5 лет. Животным в толщу нижнечелюстной кости устанавливали цилиндрические пористые винтовые никель-титановые имплантаты длиной 10 мм, диаметром 3 мм (рис. 1) в комбинации с вязанным тонкопрофильным сверхэластичным сетчатым никелидом титана размерами 10×10 - 12×12 мм с ячейками $1,0 \times 1,0$ - $3,0 \times 3,0$ мм, на основе трикотажной технологии по петельному образцу, позволяющему управлять свойствами имплантата, из сверхэластичной никелид-титановой нити толщиной 30-40 мкм и оксидным микропористым слоем до 7 мкм (рис. 2). Никелид-титановая нить, имеющая достаточный на разрыв предел прочности, представляет собой композиционный материал, состоящий из сердцевинки – сверхэластичного никелида титана и оксидной оболочки, по свойствам отличающиеся друг от друга. Наружная часть имеет микропористую поверхность, образованную в процессе волочения, позволяющую с легкостью адаптироваться в тканях организма, за счет увеличения эффективности поверхности и прочности поверхностно-жидкостных связей. Внутренний слой характеризуется высокой пластичностью и эластичностью, способностью релаксации повышенных напряжений благодаря образованию и движению межфазных границ раздела при фазовых переходах. Благодаря двойному плетению, полученный материал усиливает прочностные свойства и имеет возможность проявлять заданные свойства высокой эластичности, смачиваемости, пористости, проницаемости, высокий уровень формовосстановления, что максимально приближает его к условиям поведения костных тканей в процессе функционирования организма. Характер и технология плетения используемого материала дает возможность сохранения исходной структуры, т.е. не расслаиваться и не

распускаться во время и после его рассечения, что позволяет интраоперационно образовывать имплантат определенной конфигурации с помощью хирургического инструментария.



Рис. 1. Винтовые никелид-титановые дентальные имплантаты диаметром 3 мм со сквозной пористой структурой

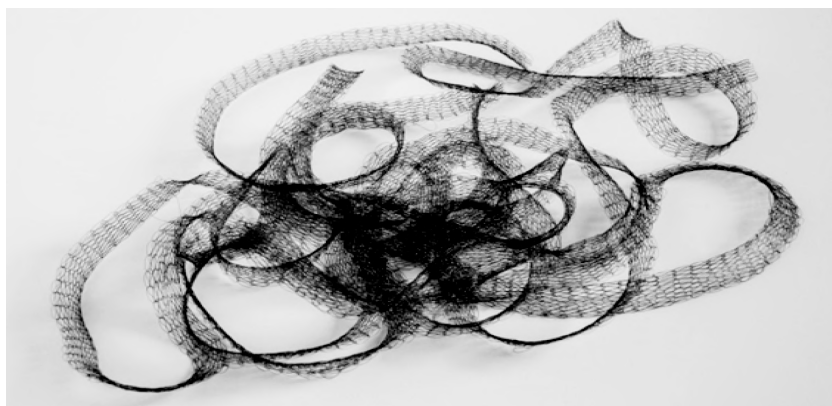


Рис. 2. Вязанный сверхэластичный тонкопрофильный сетчатый никелид титана

Техника операции. Под барбитуровым внутривенным наркозом (2% раствор тиопентала или гексенала), рассекали слизистую оболочку и над-

костницу с язычной стороны альвеолярной части нижней челюсти дистальнее зубного ряда, передний и задний в косом направлении до переходной складки вестибулярной стороны с образованием трапеции с широким основанием. Далее отслаивали слизисто-надкостничный лоскут. С помощью бормашины и фрезы под водяным охлаждением образовывали по два несквозных фрезеонных отверстия для дентальных имплантатов на расстоянии 5 мм друг от друга диаметром 3 мм, глубиной 10 мм, куда устанавливали вышеуказанные конструкции дентальных имплантатов в комбинации с вязаным шнуровым сверхэластичным тонкопрофильным сетчатым никелидом титана или волоконным никелидом титана, помещенными снизу и снаружи от имплантируемой конструкции. Рану ушивали наглухо. Аналогичную операцию выполняли с противоположной стороны челюсти.

Для изучения образованный материал забирали через 7, 14, 21, 28, 35 и 42 суток после имплантации. С этой целью в проекции ранее выполненного вмешательства удаляли швы и/или рассекали слизистую оболочку и надкостницу с их отделением от костной ткани в проекции имплантации, после чего с помощью долота и молотка изымали единым блоком часть кости в комплексе с имплантированными материалами. Рану ушивали наглухо.

Полученную ткань отделяли от имплантационного материала, исследованию подвергали тканевые структуры, непосредственно прилежащие к последнему. После извлечения тканевый материал фиксировали в 10% забуференном растворе формалина по Лилли (1969). В случаях предположения наличия в препаратах костной ткани, последнюю декальцинировали в 8 или 15% растворе азотной кислоты (в зависимости от степени зрелости). Срезы выполняли в ниже-верхнем направлении на всю глубину. Полученный материал подвергали стандартной гистологической проводке с заливкой в парафин. Для количественно-морфологического изучения использовали обзорные парафиновые срезы толщиной 5-6 мкм, окрашенные гематоксилином и эозином, более детализированную картину остеогенеза получали после селективной окраски препаратов по Маллори, Маллори-Гейденгайну и Шморлю. Гистологические срезы оценивали с помощью светового микроскопа «OlympusCX 41» (Япония) при основном рабочем увеличении $\times 400$. Морфометрические измерения выполняли с помощью окуляра-микрометра, откалиброванного по объект-микрометру. Методом случайной выборки в каждом препарате проводили измерение всех исследуемых параметров 100 раз. Расчет клеточных элементов на единицу площади ткани вычисляли с использованием стереометрической сетки Г.Г. Автандилова (1980) путем регистрации количества точек, совпавших с

конкретными клеточными структурами, и оценивали их удельный объем в общей конструкции ткани. Всего изучено 120 препаратов (по 8 в каждой серии вязанного и по 2 в каждой серии волоконного материала). Объемное изображение взаимодействия имплантационных материалов с биологическими тканями изучали путем растровой микроскопии с помощью Philips SEM 515 (60 препаратов).

Статистическую обработку полученных результатов выполняли при помощи программного продукта «Statisticafor-Windows», версия 6.0 (StatSoftInc., США). Количественные показатели представляли в виде медианы (Me) и интерквартильным размахом (Q1-Q3). Достоверность различий количественных признаков анализировали с использованием критерия Н-критерия Крускала-Уоллиса при межгрупповом анализе. Статистически значимыми отличия считали при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В результате исследования установлено, что через 7 суток после имплантации между дентальными имплантатами и тонкопрофильным имплантационным материалом, в том числе и в толще его сетчатой структуры отмечалась рыхлая ткань с обилием клеток фибробластического ряда и капиллярного сосудистого компонента. В некоторых зонах коллагеновые волокна стремились к определенной направленности, между которыми находили отдельные вытянутые хондробласты. Ближе к дентальному имплантату вновь образованные структуры были менее организованы и представляли собой неоформленную рыхлую соединительную ткань с крупноячеистыми тонкими волокнами и малым содержанием клеточных структур (рис. 3). В толще образованной ткани коллагеновые волокна имели толщину $Me=3,0$ мкм (1,7-4,3 мкм), среди которых располагались фибробласты. Кровеносные сосуды немногочисленны в виде капиллярных щелей и капилляров. Их диаметр составлял $Me=5,3$ мкм (3,6-8,5 мкм).

Через 14 суток ближе к реципиентной костной ткани и в ячеистой структуре тонкопрофильного имплантационного материала формировалась уплотненная неоформленная ткань, характеризующаяся извитыми, стремящимися к однонаправленности, пучками и тяжами коллагеновыми волокнами толщиной $Me=89,9$ мкм (75,3-104,8 мкм), с обилием клеточных элементов (рис. 4). Между коллагеновыми структурами выявлялись крупные хрящевые клетки, локализованные в расширенных лакунах. Ближе к костному краю имплантационного ложа выявлялись мелкие вытянутые хондроциты (удельный вес $\approx 5,6\%$ от площади ткани).

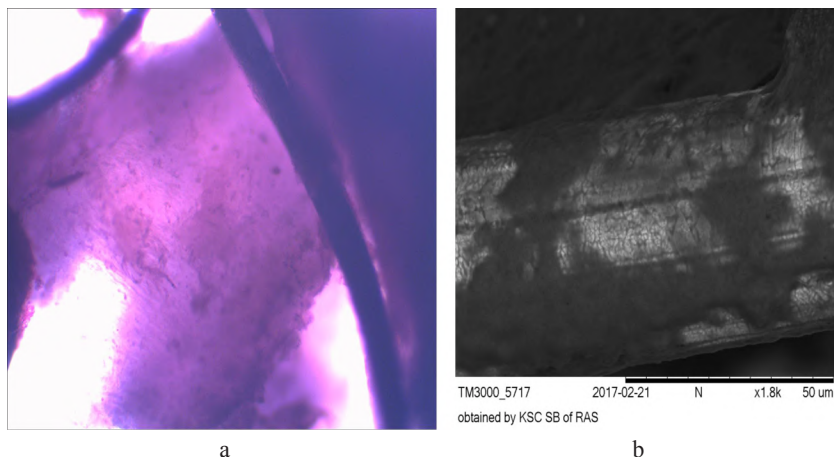


Рис. 3. Рыхлая соединительная ткань на 7 сутки в ячеистой структуре вязаного тонкопрофильного никелида титана: а – нативный препарат, гематоксилин и эозин. Ув. 10×40; б – СЭМ изображение

В некоторых местах определялись лакуны с двумя хрящевыми клетками, а также их изогенные группы. Несколько уменьшалась эозинофилия коллагена и количество сосудистого компонента. Данная картина характерна для формирования волокнистой хрящевой ткани (рис. 5). Ближе к пористой части зубных имплантатов определялась ткань, покрытая плоским эндотелием толщиной $Me=7,5$ мкм (6,5-8,6 мкм). Последняя содержала большое количество фибробластов, имеющих ядра округлой и овальной формы со слабоконтурируемой цитоплазмой. Обилие микроциркуляторных сосудов имело диаметр $Me=9,3$ мкм (6,5-12,8 мкм). В толще образованной ткани в данный период коллагеновые волокна утолщались и имели извитой вид, и все в большей степени приобретали направление, параллельное тонкопрофильному имплантационному материалу (рис. 6). Кроме капиллярной сети, сосудистый компонент включал вены и артериолы диаметром $Me=79,6$ мкм (70,4-92,2 мкм) и $Me=38,5$ мкм (20,9-44,8 мкм) соответственно.

На 21 сутки наблюдения в толще ячеистой структуры имплантационного материала ближе к костному реципиентному краю ткань волокнистого хряща заменялась гиалиновой хрящевой тканью, о чем свидетельствовало частичное исчезновение коллагеновых волокон, слабое окрашивание оставшихся, укрупнение и приобретение более округлой формы хондро-

цитами, усиление базофильности межклеточного вещества, обусловленное накоплением в толще ткани хондроитинсульфатов (рис. 7).

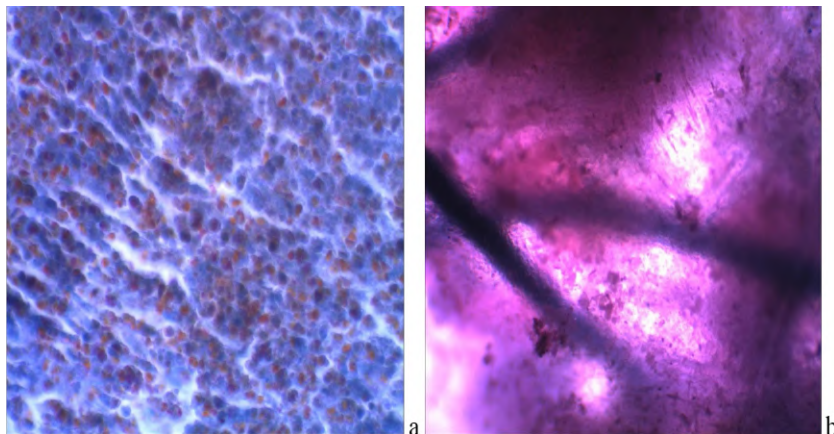


Рис. 4. На 14 сутки в ячеистой структуре вязаного тонкопрофильного никелида титана: а – окраска по 4. Обилие клеточных элементов и направленность волокон соединительной ткани Маллори, ув. 10×40 ; б – нативный препарат, гематоксилин и эозин. Ув. 5×20

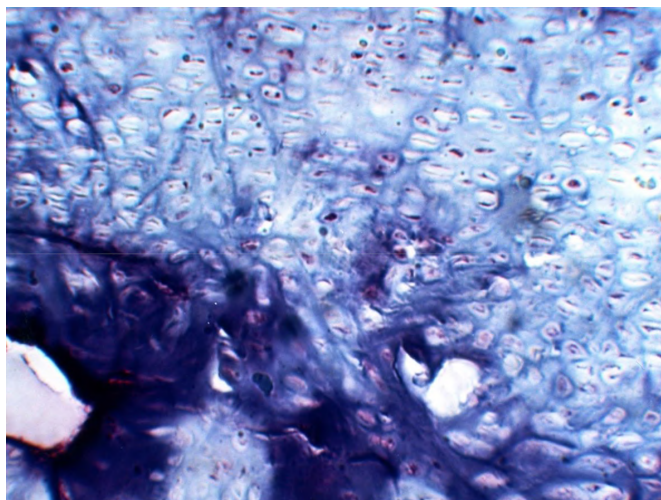


Рис. 5. Хрящевая ткань вблизи реципиентной зоны, 14 сутки, окраска по Маллори-Гейденгайну, ув. 5×20

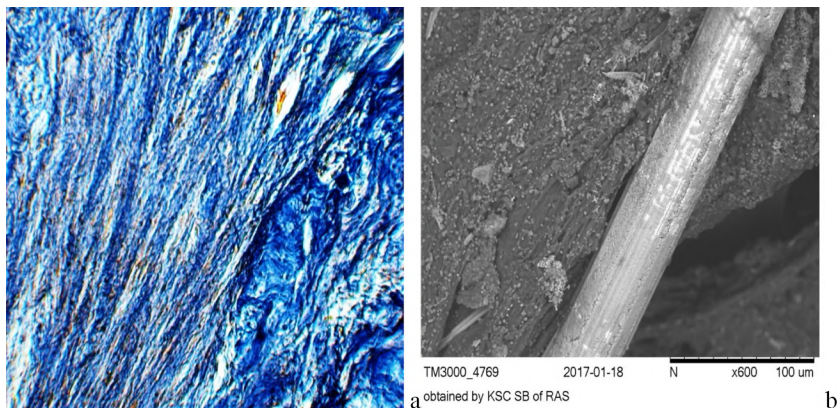


Рис. 6. Ориентированное направление коллагеновых волокон в соединительной ткани на 14 сутки вдоль вязаного тонкопрофильного никелида титана: а – окраска по Маллори, ув 5×20 ; б – СЭМ изображение

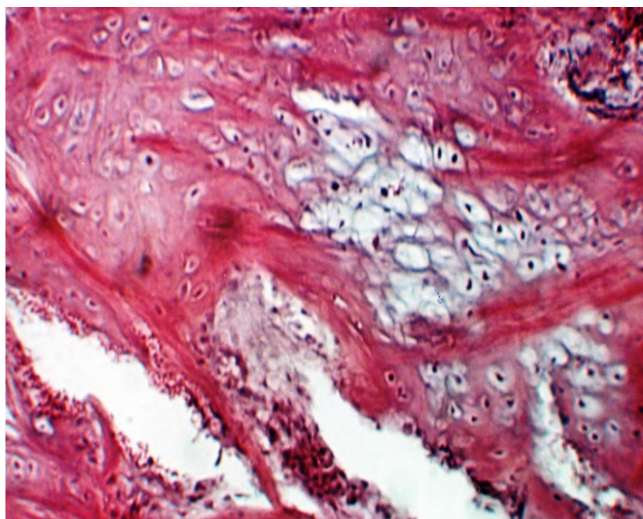


Рис. 7. Хрящевая ткань вблизи реципиентной зоны, 21 сутки, окраска по Шморлю, ув. 5×20

Среди хрящевой ткани выявлялись участки остеогенных структур с усиленной пикринофилией. Хондроциты в некоторых зонах находились в виде непрерывной цепи. Вблизи стенок реципиентного ложа наблюдали грубо-

волоконную костную ткань с крупными сосудами и островковыми зонами гиалиновой хрящевой ткани и оссификацией, увеличивалось количество пикринофильного оссеина с неупорядоченными крупными пучками. В некоторых участках находили множество крупных малоотростчатых остеобластов и мелких остеоцитов. Выявленная морфологическая картина характерна для грубоволокнистой костной ткани (рис. 8). Ближе к дентальным имплантатам выявлялись отдельные зоны сформированной грубоволокнистой костной ткани с большим количеством кровеносных сосудов среди островков хрящевой ткани. Среди нитей имплантационного материала определялись структуры волокнистого хряща с признаками формирования гиалинового. В некоторых участках полуоформленная соединительная ткань представлялась однонаправленно расположенными пучками коллагеновых волокон диаметром $M_e=134,3$ мкм (90,6-143,2 мкм), являющимся большим, в сравнении с 14 сутокным материалом ($P<0,05$) (рис. 9).

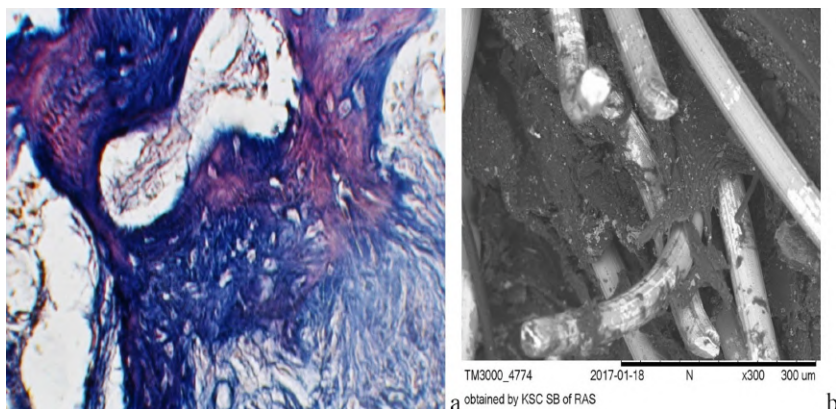


Рис. 8. Формирование грубоволокнистой костной ткани близу реципиентной зоны, 21 сутки: а – окраска по Маллори-Гейденгайну ув. 5×20 ; б – СЭМ изображение.

Спустя 28 суток внутри ячеистой структуры тонкопрофильного никелида титана и поверхности бывшего костного канала образовалась костная ткань губчатого характера с остеоцитами в лакунах. В толще указанной ткани располагались костные трабекулы, формирующие костномозговые полости, заполненные миелоидной тканью. Вдоль трабекулярной поверхности со стороны последней выявлялись остеогенные клетки в два или один ряд. Вдоль компактного костного слоя реципиентной зоны и до зубного

имплантата, включая структуры тонкопрофильного никелида титана, в образованной ткани вокруг кровеносных мелких сосудов встречались сформированные остеоонные структуры длиной $Me=19,5$ мкм (16,5-22,6 мкм). Костные пластинки имели различную степень тионинпикринофилии.

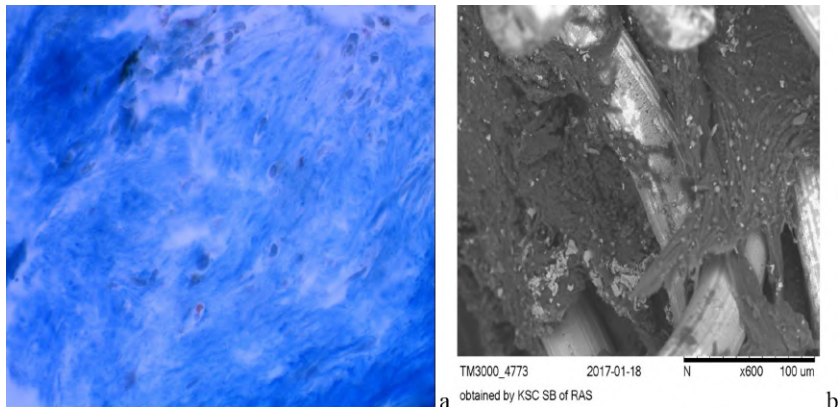


Рис. 9. Плотная полуформленная соединительная ткань между сетчатой структурой вязанного тонкопрофильного никелида титана и дентального имплантата, 21 сутки, окраска по Маллори, ув. 5×20 ; b – СЭМ изображение

Данная картина характерна для формирования пластинчатой и губчатой костной ткани соответственно необходимой локализации (рис. 10). В глубине костного ложа в некоторых участках ближе к пристеночной области среди костных трабекул встречались участки хрящевой ткани, подвергающиеся резорбции с лизисом клеток с нечеткими клеточными границами (рис. 11). Ближе к зубным имплантатам выявляли сформированную полуформленную плотную соединительную ткань с менее извитыми, в сравнении с предыдущим сроком, коллагеновыми однонаправленными пучками диаметром $Me=179,0$ мкм (154,1-198,7 мкм), достоверно возрастающим относительно показателей 14 и 21 суточного эксперимента ($P<0,05$).

Через 35 суток после имплантации внутри сетчатого имплантационного материала и во всех зонах бывших костных дефектов от костного ложа до дентальных имплантатов определялась пластинчатая и губчатая зрелая костная ткань, характеризующаяся наличием сформированных костных пластинок различной степени пикринофилии. В толще губчатой костной ткани в промежутках между костными балками локализовалась миелоидная ткань, насыщенная клетками крови на разных стадиях развития.

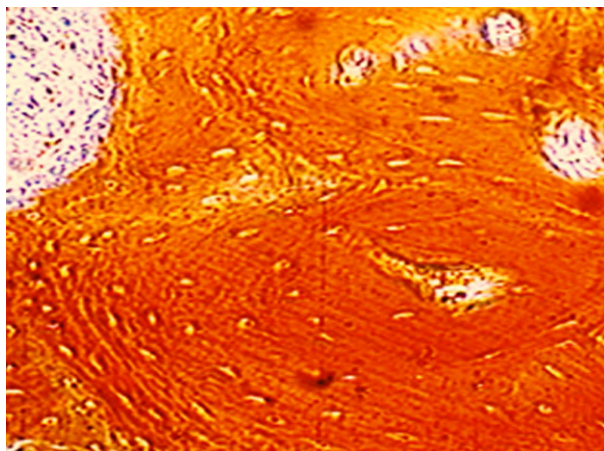


Рис. 10. Сформированная костная ткань близ реципиентной зоны, 28 сутки, окраска по Шморлю, ув. 5×20

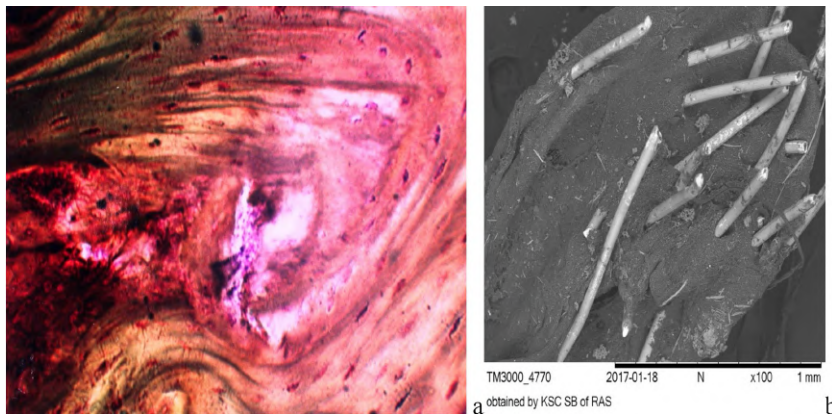


Рис. 11. Островки гибнущей хрящевой ткани среди грубоволокнистой костной ткани на 28 сутки: а – окраска по Шморлю, ув. 5×20; б – СЭМ изображение

Сформированные ткани прорастали сквозь ячеистые элементы вязаного никелида титана и пористые структуры дентальных имплантатов без выявления вдоль последних грубоволокнистой соединительной ткани, образуя с имплантационными материалами единый органотипичный регенерат (рис. 12). В дальнейшем (42 сутки) образованные ткани не претерпевали каких-либо дальнейших изменений.

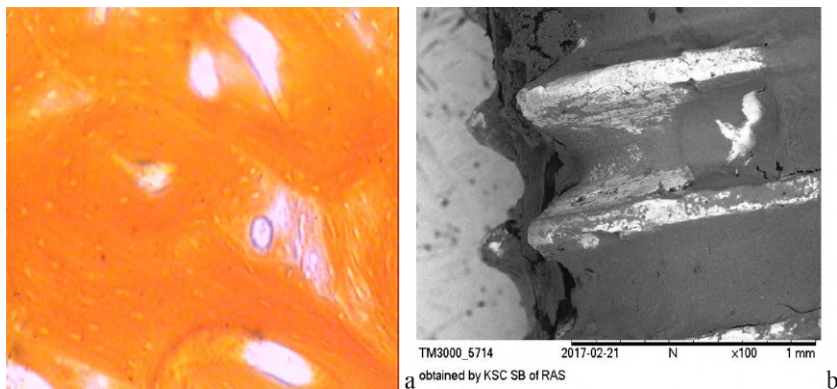


Рис. 12. Сформированная костная ткань в зоне имплантации, 42 сутки: окраска по Шмоллю, ув. 5×20; b – СЭМ изображение

В целом репаративные процессы в зоне имплантации протекали следующим образом. Вначале в зоне повреждения со стороны реципиентной кости образовывалась рыхлая соединительная ткань, которая прорастала сквозь сетчатую и пористую структуры имплантационного материала, после чего на ее основе вначале ближе к костной раневой поверхности, затем последовательно в сторону дентальных имплантатов появлялась плотная полуоформленная соединительная ткань. Последняя после созревания заменялась на ткани волокнистого и в последующем гиалинового хряща. Далее благодаря сосудистому компоненту, образуемому за счет реципиентной кости, ткань гиалинового хряща замещалась грубоволокнистой и в итоге губчатой и компактной костными тканями в соответствии с локализацией (ближе или далее от компактного слоя реципиентной кости).

Заключение

Таким образом, благодаря биосовместимости сплавов на основе титана и никеля с биоканями, костные структуры со стороны реципиентных областей образуются в системе пористой части имплантируемых конструкций и внутри ячеистости тонкопрофильного никелида титана, образуя между ними единый костный органотипичный регенерат. Сетчатый никелид титана удобен в применении, обеспечивает эффективное заполнение свободного пространства между зубным имплантатом и костными стенками образованного ложа в толще челюстной кости, что значительно уменьшает энергозатраты на репаративный остеогенез. Последнее позволяет

повысить эффективность дентальной имплантации в условиях недостаточного внутрикостного кровоснабжения и остеогенной недостаточности организма.

Список литературы

1. Гюнтер В.Э. Закон запаздывания и гистерезисные свойства функций состояния термодинамических систем с фазовыми переходами: метод. пособие. Томск: изд-во «НПП»МИЦ», 2016. 42 с.
2. Гюнтер В.Э. Методологические особенности деформационного поведения металлических медицинских материалов и имплантатов: метод. пособие. Томск: изд-во «НПП»МИЦ», 2013. 29 с.
3. Гюнтер В.Э. Термодинамические закономерности и особенности деформационного поведения биологических тканей и металлических материалов: метод. пособие. Томск: изд-во «НПП «МИЦ», 2017. 50 с.
4. Дентальная имплантация при реконструкции нижней челюсти костными трансплантатами / П.Г. Сысолятин, М.М. Оленникова, И.Н. Брега и др. // Материалы с памятью формы и новые медицинские технологии. Под ред. В.Э. Гюнтера. Томск: изд-во «НПП»МИЦ», 2010. С. 16-77.
5. Использование дентальных имплантатов со сквозной проницаемой пористостью на основе никелида титана в реабилитации больных с частичной или полной потерей зубов / А.А. Радкевич, В.Ю. Подгорный, В.Э. Каспаров и др. // Институт стоматологии = The Dental Institute. 2020. Т. 86, №1. С. 52-54.
6. Исследование эффективности клинического применения пористых никелид-титановых дентальных имплантатов / Ф.Т. Темерханов, К.В. Щербатов, А.В. Мухин и др. // Биосовместимые материалы и новые технологии в медицине. Томск: ИПФ; изд-во НТЛ, 2004. С. 332-333.
7. Каламкаров А.Э. Исследование динамики атрофии костной ткани при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов с использованием дентальных внутрикостных имплантатов / А.Э. Каламкаров // Рос. стом. журн. 2015. №6. С. 10-12.
8. Камендов И.В. Методика непосредственной дентальной имплантации при удалении зубов с применением никелида титана и костнопластических материалов / И.В. Камендов, С.И. Старосветский, А.Р. Котиков // Биосовместимые материалы и новые технологии в стоматологии. Томск: изд-во «НПП»МИЦ», 2012. С. 37-37.
9. Клиническая оценка эффективности хирургических методов лечения адентии с использованием пористых никелид-титановых дентальных имплан-

- татов / Ф.Т. Темерханов, В.Э. Гюнтер, А.Н. Анастасов и др. // Дентальная имплантация: I Всерос. конгресс, Сверхэластичные сплавы с памятью формы в стоматологии: Всерос. конф. М.: изд-во Второй типографии ФУ «Медбиоэкстрем» при МЗ РФ, 2001. С. 121-122.
10. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Имплантаты с памятью формы в челюстно-лицевой хирургии. Т. 4 / П.Г. Сысолятин, В.Э. Гюнтер, С.П. Сысолятин и др. Томск: изд-во МИЦ, 2012. 384 с.
 11. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Имплантаты с памятью формы в стоматологии. Т. 5 / М.З. Миргазизов, В.Э. Гюнтер, В.Г. Галонский и др. Томск: изд-во МИЦ, 2011. 220 с.
 12. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Медицинские материалы с памятью формы. Т. 1 / В.Э. Гюнтер, В.Н. Ходоренко, Т.Л. Чекалкин и др. Томск: изд-во МИЦ, 2011. 534 с.
 13. Стоматологическая имплантация у больных сахарным диабетом / М.Н. Шакиров, Т.Д. Дадабаев, Т.Ф. Боймухамедов и др. // Новые биосовместимые сверхэластичные материалы и новые медицинские технологии в стоматологии: матер. докл. междунар. конф. Красноярск, 2000. С. 92-93.
 14. Тазин И.Д. Двадцатидвухлетний опыт применения пористо-проницаемых дентальных имплантатов / И.Д. Тазин, Д.И. Тазин // Биосовместимые материалы с памятью формы и новые технологии в челюстно-лицевой хирургии и онкологии. Под ред. В.Э. Гюнтера. Томск: изд-во «НПП«МИЦ», 2016. С. 111-113.
 15. Cytotoxic, allergic and genotoxic activity of a nickel-titanium alloy / D.J. Wever, A.G. Veldhuizen, M.M. Sanders et al. // *Biomater.* 1997. V. 18. P. 1115-1120. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(97\)00041-0](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(97)00041-0)
 16. Electrochemical and surface characterization of a nickel-titanium alloy / D.J. Wever, A.G. Veldhuizen, J. de Vries et al. // *Biomater.* 1998. V. 19. P. 761-769. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(97\)00210-x](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(97)00210-x)
 17. Szymańska J. Marginal bone loss around dental implants with various types of implant-abutment connection in the same patient / J. Szymańska, P. Szpak // *J. Pre-Clin. Clin. Res.* 2017. V. 11, №1. P. 30-34. <https://doi.org/10.26444/jpccr/74465>

References

1. Gunter V.E. *Zakon zapazdyvaniya i gisterezisnye svoystva funktsiy sostoyaniya termodinamicheskikh sistem s fazovymi perekhodami* [The law of delay and hysteresis properties of state functions of thermodynamic systems with phase transitions]. Tomsk: NPP MITS, 2016, 42 p.

2. Gunter V.E. *Metodologicheskie osobennosti deformatsionnogo povedeniya metallicheskih meditsinskikh materialov i implantatov* [Methodological features of the deformation behavior of metallic medical materials and implants]. Tomsk: NPP MITS, 2013, 29 p.
3. Gunter V.E. *Termodinamicheskie zakonomernosti i osobennosti deformatsionnogo povedeniya biologicheskikh tkaney i metallicheskih materialov* [Thermodynamic regularities and features of the deformation behavior of biological tissues and metallic materials]. Tomsk: NPP MITS, 2017, 50 p.
4. Sysolyatin P.G., Olennikova M.M., Brega I.N. et al. *Materialy s pamyat'yu formy i novye meditsinskie tekhnologii* [Materials with shape memory and new medical technologies]. Ed. V.E. Gunther. Tomsk: NPP MITS, 2010, pp. 16-77.
5. Radkevich A.A., Podgorny V.Yu., Kasparov V.E. et al. *Institut stomatologii* [The Dental Institute], 2020, vol. 86, no. 1, pp. 52-54.
6. Temerkhanov F.T., Shcherbakov K.V., Mukhin A.V. et al. *Biosovmestimye materialy i novye tekhnologii v meditsine* [Biocompatible materials and new technologies in medicine]. Tomsk: IPF; NTL, 2004, pp. 332-333.
7. Kalamkarov A.E. *Ros. stom. zhurn.*, 2015, no. 6, pp. 10-12.
8. Kamendov I.V., Starosvetsky S.I., Kotikov A.R. *Biosovmestimye materialy i novye tekhnologii v stomatologii* [Biocompatible materials and new technologies in dentistry]. Tomsk: NPP MITS, 2012, pp. 37-37.
9. Temerkhanov F.T., Gunther V.E., Anastasov A.N. et al. *Dental'naya implantatsiya: I Vseros. kongress, Sverkhelastichnye splavy s pamyat'yu formy v stomatologii: Vseros. konf.* [Dental implantation: I All-Russian. congress, Superelastic shape memory alloys in dentistry: Vseros. conf.]. M.: Medbioekstrem, 2001, pp. 121-122.
10. *Meditsinskie materialy i implantaty s pamyat'yu formy. Implantaty s pamyat'yu formy v chelyustno-litsevoy khirurgii* [Medical materials and shape memory implants. Shape memory implants in maxillofacial surgery]. Vol. 4 / P.G. Sysolyatin, V.E. Gunter, S.P. Sysolyatin et al. Tomsk: MITS, 2012, 384 p.
11. *Meditsinskie materialy i implantaty s pamyat'yu formy. Implantaty s pamyat'yu formy v stomatologii* [Medical materials and shape memory implants. Shape memory implants in dentistry]. Vol. 5 / M.Z. Mirgazizov, V.E. Gunter, V.G. Galonsky and others. Tomsk: MITS, 2011, 220 p.
12. *Meditsinskie materialy i implantaty s pamyat'yu formy. Meditsinskie materialy s pamyat'yu formy* [Medical materials and shape memory implants. Shape memory medical materials]. Vol. 1 / V.E. Gunther, V.N. Khodorenko, T.L. Chekalkin et al. Tomsk: MITS, 2011, 534 p.
13. Shakirov M.N., Dadabaev T.D., Boymukhamedov T.F. et al. *Novye biosovmestimye sverkhelastichnye materialy i novye meditsinskie tekhnologii v*

- stomatologii: mater. dokl. mezhdunar. konf.* [New biocompatible superelastic materials and new medical technologies in dentistry: mater. report intl. conf.]. Krasnoyarsk, 2000, pp. 92-93.
14. Tazin I.D., Tazin D.I. *Biosovmestimye materialy s pamyat'yu formy i novye tekhnologii v chelyustno-litsevoy khirurgii i onkologii* [Biocompatible shape memory materials and new technologies in maxillofacial surgery and oncology]. Ed. V.E. Gunther. Tomsk: NPP MITS, 2016, pp. 111-113.
 15. Cytotoxic, allergic and genotoxic activity of a nickel-titanium alloy / D.J. Wever, A.G. Veldhuizen, M.M. Sanders et al. *Biomater.*, 1997, vol. 18, pp. 1115-1120. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(97\)00041-0](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(97)00041-0)
 16. Electrochemical and surface characterization of a nickel-titanium alloy / D.J. Wever, A.G. Veldhuizen, J. de Vries et al. *Biomater.*, 1998, vol. 19, pp. 761-769. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(97\)00210-x](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(97)00210-x)
 17. Szymańska J. Marginal bone loss around dental implants with various types of implant-abutment connection in the same patient / J. Szymańska, P. Szpak. *J. Pre-Clin. Clin. Res.*, 2017, vol. 11, no. 1, pp. 30-34. <https://doi.org/10.26444/jpcr/74465>

ВКЛАД АВТОРОВ

Радкевич А.А.: общее руководство направлением исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Стынкэ Г.М.: экспериментальные исследования, подготовка текста статьи.

Синюк И.В.: морфологическая интерпретация полученных результатов.

Чижов Ю.В.: гистоморфометрические измерения и их интерпретация.

Мамедов Р.Х.: экспериментальные исследования, подготовка текста статьи.

Варламов П.Г.: экспериментальные исследования, подготовка текста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Andrey A. Radkevich: general guidance of the research direction, interpretation of the results, preparation of the text of the article.

Georgiy M. Stynke: experimental research, preparation of the text of the article.

Iya V. Sinyuk: morphological interpretation of the obtained results.

Yury V. Chizhov: histomorphometric measurements and their interpretation.

Rasim H. Mamedov: experimental research, preparation of the text of the article.

Pyotr G. Varlamov: experimental research, preparation of the text of the article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Радкевич Андрей Анатольевич, д.м.н.

НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН

ул. П. Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

radkevich.andrey@yandex.ru

Стынкэ Георгий Михайлович, аспирант

*ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава
России*

*ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Российская Фе-
дерация*

stynkegosha@gmail.com

Синюк Илья Васильевич, аспирант

НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН

*ул. П. Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федера-
ция*

sinyukiv@gmail.com

Чижов Юрий Васильевич, д.м.н., проф.

*ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава
России*

*ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Российская Фе-
дерация*

gullever@list.ru

Мамедов Расим Халигович, аспирант

НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН

*ул. П. Железняка, 3г, г. Красноярск, 660022, Российская Федера-
ция*

don.ras2012@yandex.ru

Варламов Петр Герасимович, к.м.н., доцент

*ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени
М.К. Аммосова»*

*ул. Белинского, 58, Якутск, Респ. Саха (Якутия), 677027, Российская
Федерация*

varlatov.petr@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS**Andrey A. Radkevich**, MD, Scientific Research*Institute of Medical Problems of the North**3g, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**radkevich.andrey@yandex.ru***Georgiy M. Stynke**, Assistant*FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia**1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**stynkegosha@gmail.com***Ilya V. Sinyuk**, Graduate Student*Institute of Medical Problems of the North**3g, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**sinyukiv@gmail.com***Yury V. Chizhov**, MD, Department Clinic of Stomatology of Institute of Post-degree Education*FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia**1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**gullever@list.ru***Rasim H. Mamedov**, Graduate Student*Institute of Medical Problems of the North**3g, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**don.ras2012@yandex.ru***Pyotr G. Varlamov**, Candidate of Medical Sciences*M.K. Ammosov North-Eastern Federal University**58, Belinsky Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677027, Russian Federation**Federation**varlamov.petr@mail.ru*

Поступила 25.11.2021

После рецензирования 30.11.2021

Принята 10.12.2021

Received 25.11.2021

Revised 30.11.2021

Accepted 10.12.2021

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-49-69

УДК 617.77-089.844

ЛЕЧЕНИЕ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОСЛЕ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ БЛЕФАРОПЛАСТИКИ

*Р.А. Пахомова, Т.Ф. Кочетова,
Н.Г. Калашиникова, В.О. Токмакова*

Цель работы: улучшить результаты послеоперационных осложнений нижнего века после блефаропластики.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование 14 пациентов в послеоперационном периоде после блефаропластики. У всех пациентов был диагноз: Возрастные изменения кожи верхних и нижних век (птоз кожи век) до операции и после операции у пациентов возникли осложнения диагноз: Выворот нижнего века, в послеоперационном периоде. В раннем послеоперационном периоде (до 6 месяцев) всем пациентам с возникшим осложнением выполнялась нехирургическая коррекция. Пациентов разделили на две группы: 1 группа – применялась традиционная консервативная терапия, включающая массаж и введение раствора глюкокортикостероидов, 2 группа – авторская схема лечения с применением эрбиевого лазера (Er:YAG, 20940 нм).

Результаты. Проведено ретроспективное исследование и доказано, что авторская схема с применением эрбиевого лазера (Er:YAG, 20940 нм) дает положительные результаты лечения. Ошибки диагностики и планирования объема оперативного вмешательства, хирургические погрешности, на наш взгляд, являются основными причинами грозных осложнений, оказывающих влияние на функцию органа зрения. Несмотря на то, что эстетическая блефаропластика многими хирургами рассматривается как наиболее простое хирургическое вмешательство и осваивается начинающими хирургами в первую очередь, не следует забывать о «подводных камнях» и возможных драматичных последствиях, к которым приводит пренебрежение нюансами и прецизионностью хирургической техники, а также ошибки диагностики и планирования объема оперативного вмешательства.

Заключение. Эстетическая блефаропластика – операция, требующая индивидуального подхода высококвалифицированных специалистов. Во избежание развития осложнений следует учитывать не только степень атрофии кожи век, но и особенности строения век и периорбитальной области.

Ключевые слова: блефаропластика; осложнения блефаропластики; выворот нижнего века

Для цитирования. Пахомова Р.А., Кочетова Т.Ф., Калашишникова Н.Г., Токмакова В.О. Лечение нежелательных последствий после эстетической блефаропластики // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 6. С. 49-69. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-49-69

TREATMENT OF UNDESIRABLE CONSEQUENCES AFTER AESTHETIC BLEPHAROPLASTY

**R.A. Pakhomova, T.F. Kochetova,
N.G. Kalashnikova, V.O. Tokmakova**

The purpose of the work is to improve the results of postoperative complications of the lower eyelid after blepharoplasty.

Materials and methods. *A retrospective study of 14 patients in the postoperative period after blepharoplasty was conducted. All patients had a diagnosis: Age-related changes in the skin of the upper and lower eyelids (ptosis of the skin of the eyelids) before surgery and after surgery, patients had complications with the diagnosis: Dislocation of the lower eyelid, in the postoperative period. In the early postoperative period (up to 6 months), all patients with complications underwent non-surgical correction. Patients were divided into two groups: 1 group – traditional conservative therapy was used, including massage and administration of a glucocorticosteroid solution, 2 group – author's treatment scheme using an erbium laser (Er: YAG, 20940 nm).*

Results. *A retrospective study was conducted and it was proved that the author's scheme using an erbium laser (Er: YAG, 20940 nm) gives positive treatment results. Errors in the diagnosis and planning of the volume of surgery, surgical errors, in our opinion, are the main causes of formidable complications that affect the function of the vision organ. Despite the fact that aesthetic blepharoplasty by many surgeons is considered as the simplest surgical intervention and mastered by novice surgeons in the first place, one should not forget about "pitfalls" and possible dramatic consequences, which are caused by neglect of the nuances and precision of surgical equipment, as well as errors in the diagnosis and planning of the volume of surgery.*

Conclusion. *Aesthetic blepharoplasty is an operation that requires the individual approach of highly qualified specialists. To avoid the development of complications, not only the degree of atrophy of the skin of the eyelids, but also the peculiarities of the structure of the eyelids and the periorbital region should be taken into account.*

Keywords: *blepharoplasty; complications of blepharoplasty; turn of the lower eyelid*

For citation. *Pakhomova R.A., Kochetova T.F., Kalashnikova N.G., Tokmakova V.O. Treatment of undesirable consequences after aesthetic blepharoplasty. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 49-69. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-49-69*

Атония и слабость структур нижнего века различного генеза приводят к птозу или вывороту нижнего века (эктропион) [10]. Этот термин, отражает ротацию свободного края века кнаружи, которая чаще встречается на нижнем веке и реже на верхнем [26]. Он может затрагивать весь край века (генерализованный) или его сегмент (изолированный). Пациенты с эктропионом могут испытывать окулярные раздражение, лагофтальм (невозможность закрыть глаз полностью), эпифора (чрезмерное слезотечение) и экспозиционный кератит [4]. В тяжелых случаях нарушение нормальной функции век может привести к уменьшению или прогрессирующей потере зрения за счет возникшей экспозиционной кератопатии, язвы роговицы вплоть до ее перфорации [3].

По этиологии вывороты можно распределить на врождённые и приобретённые (инволюционный, паралитический, механический и рубцовый) вывороты. Врождённый эктропион встречается реже приобретённого. Приобретенный эктропион делится на 4 подгруппы: в том числе инволюционный (возрастная дряблость), паралитический (паралич лицевого нерва), механический (опухоли век или воспалительные заболевания, вызывающие спазм круговой мышцы глаза) и рубцовые (укороченная передняя пластинка), имеющими различную патофизиологию [13]. Инволюционный эктропион – наиболее частая форма приобретённого выворота – является результатом многих факторов, прежде всего, определяется слабостью тканевых структур века. Рубцовый выворот обусловлен укорочением передней пластинки века в результате вторичных изменений при врождённых пороках, травмах, ожогах, изменениях состояния кожи, рубцов, вызванных новообразованиями, лекарственных воздействий, аллергии. Редкой причиной рубцового выворота являются заболевания кожи, такие как генерализованный ихтиоз, гангренозная пиодермия.

Рубцовый выворот может иметь ятрогенную природу и быть осложнением после блефаропластики, иссечения злокачественного новообразования щеки и скуловой области, радиотерапии. Эктропион наблюдается в среднем у 1% пациентов после блефаропластики, но некоторые авторы

сообщают о более высоких показателях – до 15–20% при вмешательстве на нижних веках [17]. Степень дефекта после хирургической коррекции коррелирует с силой натяжения тканей и особенностями сформированного рубца (его плотностью, эластичностью, размерами). С этой точки зрения ранняя терапия, направленная на оптимизацию процессов рубцевания является важным звеном послеоперационного ведения данной категории пациентов, которая позволяет избежать стойкого осложнения или уменьшить степень выворота века. Учитывая преобладающую роль образования рубцов в рубцовом эктропионе, вполне вероятно, что существует оптимальное временное окно [16] для нехирургического исправления дефекта. На ранних этапах послеоперационного периода для уменьшения отека и натяжения тканей, обуславливающих неправильное положение века, применяют массажные техники и физиотерапевтические методы, при прогрессирующем уплотнении рубцов используют внутриочаговые инъекции глюкокортикостероидов и 5-фторурацила, равномерное распределение которых в тканях и степень ответной реакции контролировать сложно [18, 20]. Внутриочаговая инъекция стероидов, кроме того могут вызывать неблагоприятные исходы, включая телеангиэктазии, кожные и жировые атрофия и гипопигментацию [25].

Последние достижения в лазерных технологиях и доказанная способность световых устройств к ремоделированию хирургических рубцов и влиянию на процессы их формирования улучшая податливость рубцов, структуру и эластичность тканей [6, 8, 9, 14, 15], сыграли ключевую роль в появлении альтернативного нехирургического подхода в лечении эктропиона и осложнений после блефаропластики [11, 19].

Отсроченное лечение эктропиона, как правило, требует повторной хирургической коррекции как с целью устранения функциональных офтальмологических нарушений, так и по эстетическим причинам, которые уже ранее привели пациента на первичную операцию – блефаропластику, и оказывают значительное влияние на качество его жизни. Повторное вмешательство является более сложным и требует высокой квалификации хирурга, исход также будет определяться навыками, оперативной техникой врача и особенностями процесса ранозаживления.

Вывороты распределяют по степени выраженности. Согласно классификации Rubin, выворот 1-й степени характеризуется выворотом нижней слезной точки, 2-й степени – частичным отхождением нижнего века от глазного яблока, когда становится видна полоска склеры, выворот 3-й степени – наличием гиперемированной конъюнктивы и валового её утолще-

ния. Для выворота 4-й степени характерны те же признаки, что и для 3-й степени, но в сочетании с кератитом. В литературе описана классификация Н.А. Ушаковой, где для 1-й степени выворота характерно отставание века от глазного яблока, при 2-й степени становится видна часть конъюнктивы, при 3-й степени видна большая часть конъюнктивы, но не виден нижний свод, при 4-й степени видна вся конъюнктура и весь конъюнктивальный свод. Определение степени выворота необходимо хирургу для выбора лечебной тактики и оценки результатов.

В литературе описано много методов пластики нижнего века местными тканями, все они сводятся к укорочению и укреплению нижнего века в горизонтальном направлении и укреплению ретракторов нижнего века. Выбор хирургической техники восстановления эктропиона многофакторен. Основные методы устранения выворота нижнего века, описанные в литературе, сводятся к пластике местными тканями, устранения выворота с использованием донорских тканей, таких как широкая фасция бедра, твёрдая мозговая оболочка, хрящ, использование материала «Аллоплант», укрепление нижнего века синтетическими материалами.

Таким образом, на данный момент вопрос устранения выворота нижнего века остается актуальным. В раннем послеоперационном периоде лечение начинают с консервативных методов, только при неэффективности прибегают к хирургическим методам коррекции, включающим рецессию ретрактора и пластику местными тканями при слабой и средней степени выраженности и пластику с применением донорских тканей при тяжелых степенях выворота века.

Материалы и методы

Проведено ретроспективное исследование 14 пациентов в послеоперационном периоде после блефаропластики. Исследование проведено в соответствии с надлежащей клинической практикой и с Хельсинкской декларацией 2000 г. Исследование было одобрено местным комитетом по этике исследований, с пациентами было подписано информированное согласие.

У всех пациентов был диагноз: Возрастные изменения кожи верхних и нижних век (птоз кожи век) до операции. В послеоперационном периоде у пациентов возникло осложнение, диагноз: Выворот нижнего века, в послеоперационном периоде.

Стандартизированная клиническая оценка дряблости век включала: симметричность положения нижних век, тест на возврат, щипковый тест в области нижнего века, тест на дряблость медиального кантального от-

верстия, тест на латеральную слабость глазного яблока. У всех пациентов была обнаружена легкая или умеренная дряблость век. Ни у одного пациента не было значительной дряблости век, выворот века был вызван фиксацией передней пластины.

В раннем послеоперационном периоде (в первые 6 месяцев после блефаропластики) всем пациентам с возникшим осложнением выполнялась нехирургическая коррекция. Пациентов разделили на две группы: 1 группа – применялась традиционная широко распространенная в практике хирургов консервативная терапия, включающая микротоки и однократное введение раствора глюкокортикостероидов, 2 группа – авторская схема лечения с применением эрбиевого лазера (Er:YAG, 20940 нм).

Пациентам первой группы локальную микротоковую терапию проводили курсом от 10 до 15 процедур с интервалом 1-2 дня до полного разрешения отеков в периорбитальной области, далее при сохранении эктропиона однократно проводилась подкожная инъекция раствора суспензии бетаметазона 2 мг + 5 мг/мл (Дипроспан, Шеринг-Плау, Бельгия), в разведении физиологическим раствором внутриочагово в область наибольшего уплотнения, которое определялось пальпаторно, в объеме 0,1-0,25 мл в зависимости от плотности и размера очага.

Пациентам второй группы сразу после установления диагноза послеоперационного эктропиона выполнялось лазерное лечение с использованием аблятивного эрбиевого лазера, Er:YAG, 20940 нм (Multiline™, LINLINE Медицинские Системы, Минск, Беларусь) и специальным SMA-модулем с диаметром 5 мм, позволяющем перераспределять интенсивность потока энергии в световом пятне и формировать микролучи (10000/см², 50 мкм в диаметре и с таким же расстоянием между ними), реализуя принцип фракционного воздействия; длительность импульса 250 мкс, плотность энергии 2 – 3,5 Дж/ см² в зависимости от толщины кожи и плотности рубцовой ткани. С целью защиты глазного яблока и возможности обработки века до ресничного края пациентам устанавливались металлические шильды под веко перед лазерным воздействием. Вне зависимости от размеров эктропиона (генерализованный или изолированный) всем пациентам обрабатывалось нижнее веко полностью от медиального до латерального угла глаза, по границе кожи «веко – щека». Обработка проводилась в один проход с наложением пятен по типу «олимпийских колец» с перекрытием 25-30%, без анестезии. Во время процедуры и непосредственно после воздействия пациент испытывал чувство жжение, в области обработки наблюдалась гиперемия и умеренный отек, которые сохранялись в течение 1–2 суток и за-

тем наблюдалось мелкопластинчатое шелушение в течение 2–4 дней. Мазь метилурациловую – диоксометилтетрагидропиримидин 10% (НИЖФАРМ, Россия) наносили через 3–4 часа после лазерной процедуры и рекомендовали использовать в течение всего восстановительного периода на протяжении 5-7 дней на область обработки. Количество сеансов определялось динамикой клинической картины и составляло от 2 до 4 (среднее значение – 2,3) с интервалом 4 недели: лечение продолжалось до полного разрешения осложнения и у всех пациентов уложилось в сроки исследования.

Конечный результат нехирургической коррекции эктропиона в обеих группах оценивался через 6 месяцев после проведенной блефаропластики с целью определения текущей степени дефекта и решения вопроса о необходимости повторного хирургического вмешательства. Нежелательные явления регистрировались в обеих группах на протяжении всего курса лечения.

Группы исследования были сопоставимы по возрасту, что позволяет считать правомочными дальнейшие умозаключения (таблица 1).

Таблица 1.

Распределение пациентов по возрасту в группах исследования

Возраст	Исследуемые группы		Тестовая статистика
	Группа № 1	Группа № 2	
От 31 до 40 лет	0,0% (0/6)	12,5% (1/8)	$\chi^2=1,61$, df=3, p=0,66
От 41 до 50 лет	16,7% (1/6)	12,5% (1/8)	
От 51 до 60 лет	33,3% (2/6)	50,0% (4/8)	
Старше 60 лет	50,0% (3/6)	25,0% (2/8)	

Как видно из таблицы 11 пациентов 78,6% были старше 60 лет.

Определение степени выворота нижнего века проводили в соответствии с классификацией Ушаковой Н.А. (таблица 2).

Таблица 2.

Определение степени выворота нижнего век в группах исследования

Степень выворота нижнего века	Исследуемые группы		Тестовая статистика
	Группа № 1	Группа № 2	
1 степень	16,7% (1/6)	12,5% (1/8)	$\chi^2=0,16$, df=2, p=0,92
2 степень	66,6% (4/6)	62,5% (5/8)	
3 степень	16,7% (1/6)	25,0% (2/8)	

4 степень эктропиона не была установлена ни у одного пациента.

Жалобы пациентов при поступлении (таблица 3).

Таблица 3.

Жалобы пациентов при поступлении в группах исследования

Жалобы пациентов		Исследуемые группы		Тестовая статистика, df=1
		Группа № 1	Группа № 2	
Край века вывернут наружу	С одной стороны	100,0% (6/6)	87,5% (7/8)	$\chi^2=0,81$, p=0,37
	С двух сторон	0,0% (0/6)	12,5% (1/8)	
	Изолированно (сегмент века)	83,3% (5/6)	62,5% (5/8)	$\chi^2=0,73$, p=0,39
	Генерализованно (по всему веку)	16,7% (1/6)	37,5% (3/8)	
Ресницы отстоят от глаза		100,0% (6/6)	100,0% (8/8)	$\chi^2=NaN$, p=1,0
Чувство инородного тела		66,7% (4/6)	75,0% (6/8)	$\chi^2=0,12$, p=0,73
Слезотечение		33,3% (2/6)	62,5% (5/8)	$\chi^2=1,17$, p=0,28
Слезостояние		66,7 (4/6)	37,5% (3/8)	
Гиперемия		50,0% (3/6)	50,0% (4/8)	$\chi^2=0,0$, p=1,0
Отрицательный косметический эффект		100,0% (6/6)	100,0% (8/8)	$\chi^2=NaN$, p=1,0

Стандартизированная клиническая оценка проводилась перед началом лечения, после каждого сеанса и на заключительном осмотре – через 6 месяцев после выполненной блефаропластики. При каждом посещении выполнялся фотоконтроль с оценкой клинической динамики и степени эктропиона, пациентами заполнялась анкета удовлетворенности проведенным лечением.

При проведении статистического анализа автор руководствовался принципами Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE) и рекомендациями «Статистический анализ и методы в публикуемой литературе» (SAMPL) [7, 12]. Анализ нормальности распределения признаков, с учетом численности исследуемых групп менее 50 пациенток, проводился путем оценки критерия Шапиро-Уилка. Учитывая распределение признаков в исследуемых группах, отличное от нормального, полученные данные представлены в виде медианы, первого и третьего квартилей: Me (Q_1 ; Q_3). Парное сравнение двух независимых групп проводилось с помощью критерия Манна-Уитни (U) [1].

Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение номинальных данных исследования проводилось при помощи критерия χ^2 Пирсона, позволяющего

оценить значимость различий между фактическим количеством исходов или качественных характеристик выборки, попадающих в каждую категорию, и теоретическим количеством, которое можно ожидать в изучаемых группах при справедливости нулевой гипотезы [2]. Во всех случаях $p < 0,05$ считали статистически значимым. Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0» (International Business Machines Corporation, США).

Результаты исследования

В исследование было включено 14 пациентов: 6 в первую группу со средним возрастом 56,6 лет (диапазон 43 – 67) и 8 во вторую группу со средним возрастом 54,6 лет (диапазон 36 – 69). Все пациенты были женщины. Срок наблюдения составлял не менее 6 месяцев после выполненной блефаропластики. Все пациенты обеих групп были со светлым фототипом кожи: в первой группе – 2 пациента с I типом, 3 пациента со II типом и 1 пациент с III; во второй группе – 2 пациента с I типом; 4 пациента со II типом и 2 пациента с III. Двухсторонний эктропион наблюдался только у одной пациентки из 2 группы, все остальные пациенты имели одностороннее осложнение. По всей длине века выворот отмечался у 1 пациента из первой группы и 3 пациентов из второй, изолированный дефект был у 5 пациентов в каждой группе.

В первой группе с применением традиционной консервативной терапии у 4 пациентов удалось добиться полной коррекции выворота века, у двух пациентов с исходной III и II степенями эктропиона было получено частичное улучшение с уменьшением степени выраженности дефекта до II и I, соответственно. Пациентке со II степенью после консервативной терапии через 6 месяцев после первичной блефаропластики была выполнена повторная хирургическая коррекция с рецессией ретрактора и пластикой местными тканями. Пациентке с I степенью эктропиона была предложена через 6 месяцев лазерная коррекция с применением той же технологии, что использовалась во второй группе пациентов (уже за рамками данного исследования). Во второй группе, где применялась лазерная коррекция, у всех восьми пациентов выворот века был полностью устранен, более того по данным клинического осмотра наблюдалось уменьшение дряблости нижнего века у всех пациентов, что является дополнительным фактором повышающих удовлетворенность пациентов лечением (таблица 4).

Таблица 4.

Оценка пациентов на заключительном осмотре через 6 месяцев наблюдения

Исследуемые параметры		Исследуемые группы		Тестовая статистика
		Группа № 1	Группа № 2	
Возраст, лет		58,0 (52,1; 61,2)	56,0 (50,0; 59,3)	U=21,0, p=0,7
Фототип кожи	I	33,3% (2/6)	25,0% (2/8)	$\chi^2=0,19$, df=2, p=0,91
	II	50,0% (3/6)	50,0% (4/8)	
	III	16,7% (1/6)	25,0% (2/8)	
Исходная локализация эктропиона	Левое нижнее веко	33,3% (2/6)	37,5% (3/8)	$\chi^2=0,93$, df=2, p=0,63
	Правое нижнее веко	66,7% (4/6)	50,0% (4/8)	
	Двустороннее	0,0% (0/6)	12,5% (1/8)	
Исход	Норма	66,6% (4/6)	100,0% (8/8)	$\chi^2=3,11$, df=2, p=0,21
	I степень выворота	16,7% (1/6)	0,0% (0/8)	
	II степень выворота	16,7% (1/6)	0,0% (0/8)	
Нежелательные явления	Отсутствуют	66,6% (4/6)	100,0% (8/8)	$\chi^2=3,11$, df=2, p=0,21
	Атрофия ПЖК	16,7% (1/6)	0,0% (0/8)	
	Телангиоэктазии	16,7% (1/6)	0,0% (0/8)	

Нежелательные явления в первой группе пациентов наблюдались у 2 пациентов: 1 – атрофия подкожно-жировой клетчатки в месте введения глюкокортикостероидов, которую в дальнейшем скорректировали инъекциями филлеров гиалуроновой кислоты, 1 – появление телангиоэктазий также в зоне введения стероидов, которые в дальнейшем удаляли с применением лазерной коагуляции сосудов.

Во второй группе пациенты отметили умеренную гиперемию и отек в области обработки, которые сохранялись 1-2 дня и расцениваются как нормальное течение восстановительного периода после лазерного воздействия. Других нежелательных явлений не отмечалось. Все пациенты хорошо переносили лечение и остались удовлетворены полученными результатами. Наблюдение за пациентами в последующие 6 месяцев после окончания исследования (через 1 год после блефаропластики) не выявило рецидива эктропиона и необходимости в дополнительном лечении (рисунок 1).

Отсутствие статистически значимых различий исхода в исследуемых группах, вероятно, обусловлено низкой численностью выборки исследо-

вания. Между тем, учитывая относительно низкую частоту проведения блефаропластики, увеличить численность выборки на настоящий момент не представляется возможным.



Рис. 1. Пациентка 58 лет после блефаропластики с двухсторонним эктропионом: верхнее фото – через 1 месяц после операции (до лечения); нижнее фото – через 6 месяцев после операции (после 3 процедур лазерного лечения)

Обсуждения

Блефаропластика одна из наиболее популярных пластических операций, несмотря на постоянную оптимизацию и усовершенствование хирургических техник осложнения, приводящие к стойким дефектам, продолжают встречаться в практической работе. Эктропион – серьезное осложнение,

приводящее к эстетическому дефекту, функциональным офтальмологическим нарушениям, которые могут потенцировать возрастные изменения органа зрения и оказывать значительное влияние на качество жизни пациента и его психологический статус, вызывая неудовлетворенность выполненной блефаропластикой. Выворот века обусловлен рубцовыми изменениями мягких тканей преорбитальной области, как правило, начинает формироваться в первый – второй месяц послеоперационного периода. Однако повторная хирургическая коррекция проводится в более поздние сроки – не ранее, чем через 6 месяцев после первичного вмешательства. Очевидно, что ранний послеоперационный период, в который происходят активные процессы формирования рубца, оказывается ключевым и во многом определяет наличие стойкого дефекта и степень его выраженности. В настоящее время нет стандартизированного подхода к ведению пациентов на ранних этапах формирования эктропиона. Достаточно распространенной практикой среди хирургов является выжидательная с назначением физиотерапевтических процедур, оказывающих противовоспалительное и лимфодренажное действия. При дальнейшей отрицательной динамике и формировании участков уплотнения в мягких тканях – внутриочаговое введение глюкокортикостероидов, которое также может стать причиной стойких осложнений (гипопигментация, атрофия кожи и подкожножировой клетчатки), плохо поддающихся дальнейшей коррекции. Поиск эффективных и безопасных методов терапии выворота века на ранних стадиях его формирования является актуальным и перспективным направлением, позволяющим избежать стойкого дефекта и повторного хирургического вмешательства.

Лазерные методы уже на протяжении нескольких десятилетий применяются для омоложения. Дальнейшее накопление опыта и данных клинических исследований продемонстрировали их влияние не только на ремоделирование зрелых рубцов, но и возможность управлять процессом рубцевания на ранних стадиях, оказывая влияние на процессы синтеза и разрушения коллагена через каскад сигнальных молекул и цитокинов [5]. В литературе уже имеются сообщения о положительном опыте применения неаблятивного фракционного лазера Er:Glass 1540 нм и фракционной абляции Er:YAG 2940 нм, YSGG 2790 нм или CO₂ 10,600 нм) в сочетании с лазер-ассоциированной доставкой 5-фторурацила для лечения рубцового эктропиона. Аблятивные методы характеризуются большей эффективностью, чем неаблятивные, хотя последние обладают более высоким профилем безопасности, что имеет важное значение в периорбитальной области, где кожа век примерно в 4 раза тоньше, чем кожа лица. В связи с

этим многие специалисты отдают предпочтение применению Er:YAG лазера в данной зоне, позволяющему сочетать эти преимущества [15, 21-24].

В данном исследовании в качестве лазерного метода применялся Er:YAG 2940 нм с технологией пространственно-модулированной абляцией (SMA), реализующей свой эффект на биологические ткани за счет поверхностной микроабляции на уровне эпидермиса и акустического интерференциально-микротравмирования на уровне дермы и подкожных тканей с глубиной проникновения до 3 мм, что позволяет оказывать влияние на всю глубину рубца в области нижнего века. Данный метод ранее показал свою эффективность при омоложении, управлении процессов заживления ран различной этиологии и рубцевания. В нашем исследовании применение SMA-метода с использованием Er:YAG лазера у 8 пациентов с 1-3 степенью эктропиона нижнего века в раннем послеоперационном периоде позволил полностью добиться коррекции выворота века. Наблюдение пациентов в течение года после операции не выявило рецидива и не потребовало других дополнительных методов лечения. Все пациенты хорошо переносили процедуры и отмечали умеренный отек и гиперемиию в области нижнего века в течение 1-2 суток, которые не оказывали значительного влияния на образ жизни. Во время восстановительного периода не требовалось значительных ограничений от пациентов. Все пациенты сохраняли социальную активность. Нежелательных явлений не было отмечено ни у одного пациента. Более того на заключительном осмотре данные клинического осмотра на основании проводимых проб показали уменьшение дряблости нижних век у пациентов. В сравнении с группой пациентов, получавших обычную консервативную терапию, в которой из 6 пациентов лишь у 4 пациентов была достигнута полная коррекция дефекта, а у 2 только уменьшение степени выраженности и у одного из них потребовалась дополнительная хирургическая коррекция в дальнейшем, результаты лазерного лечения можно считать отличными. С помощью предложенной методики возможно устранять выворот нижнего века на начальном этапе его формирования, что приводит к плотному прилеганию нижнего века к главному яблоку повышает его защиту от внешней среды, тем самым снижает раздражение тканей глазной поверхности, уменьшает слезотечение, улучшает косметический вид пациента, повышает его удовлетворенность выполненной блефаропластикой и позволяет избежать повторного хирургического вмешательства.

Учитывая малую выборку пациентов, необходимо продолжить исследование с расширением числа пациентов и дополнительными объективными методами исследования для подтверждения полученных результатов.

Заключение

Уменьшение осложнений и повторных операций после блефаропластики включает: тщательную дооперационную диагностику, предоперационное планирование объема вмешательства и использование современных знаний в этой области. Некоторые авторы считают, что принципиальным является всесторонняя предоперационная оценка изменений век и определение цели блефаропластики в соответствии с ожиданиями пациента. Не менее важно, по мнению авторов, хирургическое планирование и безупречная техника, позволяющие избежать осложнений. Предотвратить недовольство пациента результатом операции удастся при своевременном информировании его о возможностях планируемого вмешательства. Так, небольшие избытки кожи, мимические морщины, малярные мешки, кожная пигментация не очень эффективно устраняются блефаропластикой или не устраняются вовсе.

Предоперационное обсуждение этих аспектов позволяет надеяться на адекватные ожидания пациента. По нашему мнению, при анализе потенциальных причин осложнений и недовольства пациента результатом блефаропластики хирург должен опираться на следующую универсальную схему. Ошибки диагностики и планирования объема оперативного вмешательства, хирургические погрешности, на наш взгляд, являются основными причинами грозных осложнений. Несмотря на то, что эстетическая блефаропластика многими хирургами рассматривается как наиболее простое хирургическое вмешательство и осваивается начинающими хирургами в первую очередь, не следует забывать о «подводных камнях» и возможных драматичных последствиях, к которым приводит пренебрежение нюансами и прецизионностью хирургической техники, а также ошибки диагностики и планирования объема оперативного вмешательства.

Заключение комитета по этике. Исследование было проведено в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board).

Информированное согласие. Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании. Письменное информированное согласие было получено от пациента на публикацию этой статьи.

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

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Мудров В.А. Алгоритмы статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS // Забайкальский медицинский вестник. 2020. № 1. С. 140-150.
2. Мудров В.А. Алгоритмы статистического анализа качественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS // Забайкальский медицинский вестник. 2020. № 1. С. 151-163.
3. Alghoul M. Blepharoplasty: Anatomy, Planning, Techniques, and Safety // Aesthetic Surgery Journal. 2018, vol. 39, no. 1, pp. 10-28. <https://doi.org/10.1093/asj/sjy034>
4. Bedran E.G., Pereira M.V., Bernardes T.F. Ectropion // Seminars in Ophthalmology. 2010, vol. 25, pp. 59–65. <https://doi.org/10.3109/08820538.2010.488570>
5. Gold M.H., McGuire M., Mustoe T.A. et al. Updated international clinical recommendations on scar management: part 2—algorithms for scar prevention and treatment // Dermatologic Surgery. 2014, vol. 40, pp. 825–831. <https://doi.org/10.1111/dsu.0000000000000050>
6. Hersant B., SidAhmed-Mezi M., Chossat A. et al. Multifractional microablative laser combined with spacially modulated ablative (SMA) technology for facial skin rejuvenation // Lasers in Surgery and Medicine. 2017, vol. 49, no. 1, pp. 78-83. <https://doi.org/10.1002/lsm.22561>
7. International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: writing and editing for biomedical publication, 2011. URL: <https://www.icjme.org> (Accessed October 12, 2021)
8. Kalashnikova N.G., Albanova V.I., Jafferany M. Laser treatment of acne conglobata with concomitant oral isotretinoin use // Dermatologic Therapy, 2021, vol. 34, no. 1, pp. e14553. <https://doi.org/10.1111/dth.14553>
9. Kalashnikova N.G., Jafferany M., Lotti T. Laser treatment of post-facelift flap necrosis: A clinical case // Dermatologic Therapy. 2020, vol. 33, no. 4, pp. e13623. <https://doi.org/10.1111/dth.13623>
10. Ko A.C., Korn B.S., Kikkawa D.O. The aging face // Survey of Ophthalmology. 2016, vol. 62, no. 2, pp. 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2016.09.002>
11. Kooistra L.J., Scott J.F., Bordeaux J.S. Cicatricial Ectropion Repair for Dermatologic Surgeons // Dermatologic Surgery. 2020, vol. 46, no. 3, pp. 341-347. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000002150>

12. Lang T.A., Altman D.G. Statistical analyses and methods in the published literature: The SAMPL guidelines // *Medical Writing*. 2016, vol. 25, no. 3, pp. 31-36. <https://doi.org/10.18243/eon/2016.9.7.4>.
13. Lee B.W., Levitt A.E., Erickson B.P. et al. Ablative Fractional Laser Resurfacing With Laser-Assisted Delivery of 5-Fluorouracil for the Treatment of Cicatricial Ectropion and Periocular Scarring // *Ophthalmic Plastic and Reconstructive Surgery*. 2018, vol. 34, no. 3, pp. 274-279. <https://doi.org/10.1097/IOP.0000000000000948>
14. Lee Y., Kim W. Combination laser treatment for immediate post-surgical scars: a retrospective analysis of 33 immature scars // *Lasers in Medical Science*. 2017, vol. 32, no. 5, pp. 1111–1119. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2215-9>
15. Meningaud J.P., SidAhmed-Mezi M., Billon R. et al. Clinical benefit of using a multifractional Er:YAG laser combined with a spatially modulated ablative (SMA) module for the treatment of striae distensae: A prospective pilot study in 20 patients // *Lasers in Surgery and Medicine*. 2019, vol. 51, no. 3, pp. 230-238. <https://doi.org/10.1002/lsm.23042>
16. Nicoli F., Orfaniotis G., Ciudad P. et al. Correction of cicatricial ectropion using non-ablative fractional laser resurfacing // *Lasers in Medical Science*. 2019, vol. 34, no. 1, pp. 79-84. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2601-y>
17. Pacella S.J., Codner M.A. Minor complications after blepharoplasty: dry eyes, chemosis, granulomas, ptosis, and scleral show // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2010, vol. 125, no. 2, pp. 709–718. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181c830c7>
18. Patrocínio T.G., Loredo B.A., Arevalo C.E. Complications in blepharoplasty: how to avoid and manage them // *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2011, vol. 77, no. 3, pp. 322–327. <https://doi.org/10.1590/s1808-86942011000300009>
19. Seago M., Shumaker P.R., Spring L.K. et al. Laser Treatment of Traumatic Scars and Contractures: 2020 International Consensus Recommendations // *Lasers in Surgery and Medicine*. 2020, vol. 52, no. 2, pp. 96-116. <https://doi.org/10.1002/lsm.23201>
20. Theodorelou-Charitou S.-A., Xanthos T., Nikas I. P. et al. New era in upper eyelid rejuvenation: A brief overview of non-surgical blepharoplasty techniques // *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2021, vol. 74, no. 7, pp. 1633-1701. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2021.01.008>
21. Trelles M.A., Khomchenko V., Alcolea J.M. et al. A novel method of facial rejuvenation using a 2940-nm erbium: YAG laser with spatially modulated ablation: a pilot study // *Lasers in Medical Science*. 2016, vol. 31, no. 7, pp. 1465-1471. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2010-z>

22. Trelles M.A., Khomchenko V. Reflections on the Er: YAG Laser Used in «Non-thermal Mode» to Rejuvenate Skin // Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery. 2019, vol. 37, no. 9, pp. 515-516. <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4646>
23. Volkova N.V., Valamina I.E., Shvidun D.V. Facial rejuvenation using Er:YAG laser equipped with a spatially modulated ablation module: A clinical, ultrasound, and histological evaluation // Journal of Cosmetic Dermatology. 2019, vol. 18, no. 5, pp. 1294-1299. <https://doi.org/10.1111/jocd.13083>
24. Volkova N.V., Glazkova L.K., Khomchenko V.V. et al. Novel method for facial rejuvenation using Er: YAG laser equipped with a spatially modulated ablation module: an open prospective uncontrolled cohort study // Journal of Cosmetic and Laser Therapy. 2017, vol. 19, no. 1, pp. 25-29. <https://doi.org/10.1080/14764172.2016.1247964>
25. Whipple K.M., Korn B.S., Kikkawa D.O. Recognizing and managing complications in blepharoplasty // Facial Plastic Surgery Clinics of North America. 2013, vol. 21, no. 4, pp. 625–637. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2013.08.002>
26. Yang P., Ko A.C., Kikkawa D.O. et al. Upper eyelid blepharoplasty: evaluation, treatment, and complication minimization // Seminars in Plastic Surgery. 2017, vol. 31, no. 1, pp. 51–57. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1598628>

References

1. Mudrov V.A. Algoritmy statisticheskogo analiza kolichestvennykh priznakov v biomedicinskih issledovaniyah s pomoshch'yu paketa programm SPSS [Algorithms for statistical analysis of quantitative traits in biomedical research using the SPSS software package]. *Zabajkal'skij medicinskij vestnik* [Transbaikalian Medical Bulletin], 2020, no. 1, pp. 140-150.
2. Mudrov V.A. Algoritmy statisticheskogo analiza kachestvennykh priznakov v biomedicinskih issledovaniyah s pomoshch'yu paketa programm SPSS [Algorithms for statistical analysis of qualitative traits in biomedical research using the SPSS software package]. *Zabajkal'skij medicinskij vestnik* [Transbaikalian Medical Bulletin], 2020, no. 1, pp. 151-163.
3. Alghoul M. Blepharoplasty: Anatomy, Planning, Techniques, and Safety. *Aesthetic Surgery Journal*, 2018, vol. 39, no. 1, pp. 10-28. <https://doi.org/10.1093/asj/sjy034>
4. Bedran E.G., Pereira M.V., Bernardes T.F. Ectropion. *Seminars in Ophthalmology*, 2010, vol. 25, pp. 59–65. <https://doi.org/10.3109/08820538.2010.488570>
5. Gold M.H., McGuire M., Mustoe T.A. et al. Updated international clinical recommendations on scar management: part 2—algorithms for scar prevention

- and treatment. *Dermatologic Surgery*, 2014, vol. 40, pp. 825–831. <https://doi.org/10.1111/dsu.0000000000000050>
6. Hersant B., SidAhmed-Mezi M., Chossat A. et al. Multifractional microablative laser combined with spacially modulated ablative (SMA) technology for facial skin rejuvenation. *Lasers in Surgery and Medicine*, 2017, vol. 49, no. 1, pp. 78–83. <https://doi.org/10.1002/lsm.22561>
 7. International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: writing and editing for biomedical publication, 2011. URL: <https://www.icjme.org> (Accessed October 12, 2021)
 8. Kalashnikova N.G., Albanova V.I., Jafferany M. Laser treatment of acne conglobata with concomitant oral isotretinoin use. *Dermatologic Therapy*, 2021, vol. 34, no. 1, pp. e14553. <https://doi.org/10.1111/dth.14553>
 9. Kalashnikova N.G., Jafferany M., Lotti T. Laser treatment of post-facelift flap necrosis: A clinical case. *Dermatologic Therapy*, 2020, vol. 33, no. 4, pp. e13623. <https://doi.org/10.1111/dth.13623>
 10. Ko A.C., Korn B.S., Kikkawa D.O. The aging face. *Survey of Ophthalmology*, 2016, vol. 62, no. 2, pp. 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2016.09.002>
 11. Kooistra L.J., Scott J.F., Bordeaux J.S. Cicatricial Ectropion Repair for Dermatologic Surgeons. *Dermatologic Surgery*, 2020, vol. 46, no. 3, pp. 341–347. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000002150>
 12. Lang T.A., Altman D.G. Statistical analyses and methods in the published literature: The SAMPL guidelines. *Medical Writing*, 2016, vol. 25, no. 3, pp. 31–36. <https://doi.org/10.18243/eon/2016.9.7.4>
 13. Lee B.W., Levitt A.E., Erickson B.P. et al. Ablative Fractional Laser Resurfacing With Laser-Assisted Delivery of 5-Fluorouracil for the Treatment of Cicatricial Ectropion and Periocular Scarring. *Ophthalmic Plastic and Reconstructive Surgery*, 2018, vol. 34, no. 3, pp. 274–279. <https://doi.org/10.1097/IOP.0000000000000948>
 14. Lee Y., Kim W. Combination laser treatment for immediate post-surgical scars: a retrospective analysis of 33 immature scars. *Lasers in Medical Science*, 2017, vol. 32, no. 5, pp. 1111–1119. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2215-9>
 15. Meningaud J.P., SidAhmed-Mezi M., Billon R. et al. Clinical benefit of using a multifractional Er:YAG laser combined with a spatially modulated ablative (SMA) module for the treatment of striae distensae: A prospective pilot study in 20 patients. *Lasers in Surgery and Medicine*, 2019, vol. 51, no. 3, pp. 230–238. <https://doi.org/10.1002/lsm.23042>
 16. Nicoli F., Orfaniotis G., Ciudad P. et al. Correction of cicatricial ectropion using non-ablative fractional laser resurfacing. *Lasers in Medical Science*, 2019, vol. 34, no. 1, pp. 79–84. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2601-y>

17. Pacella S.J., Codner M.A. Minor complications after blepharoplasty: dry eyes, chemosis, granulomas, ptosis, and scleral show. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2010, vol. 125, no. 2, pp. 709–718. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181c830c7>
18. Patrocinio T.G., Loredó B.A., Arevalo C.E. Complications in blepharoplasty: how to avoid and manage them. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 2011, vol. 77, no. 3, pp. 322–327. <https://doi.org/10.1590/s1808-86942011000300009>
19. Seago M., Shumaker P.R., Spring L.K. et al. Laser Treatment of Traumatic Scars and Contractures: 2020 International Consensus Recommendations. *Lasers in Surgery and Medicine*, 2020, vol. 52, no. 2, pp. 96-116. <https://doi.org/10.1002/lsm.23201>
20. Theodorelou-Charitou S.-A., Xanthos T., Nikas I. P. et al. New era in upper eyelid rejuvenation: A brief overview of non-surgical blepharoplasty techniques. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 2021, vol. 74, no. 7, pp. 1633-1701. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2021.01.008>
21. Trelles M.A., Khomchenko V., Alcolea J.M. et al. A novel method of facial rejuvenation using a 2940-nm erbium: YAG laser with spatially modulated ablation: a pilot study. *Lasers in Medical Science*, 2016, vol. 31, no. 7, pp. 1465-1471. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2010-z>
22. Trelles M.A., Khomchenko V. Reflections on the Er: YAG Laser Used in «Non-thermal Mode» to Rejuvenate Skin. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*, 2019, vol. 37, no. 9, pp. 515-516. <https://doi.org/10.1089/pho-tob.2019.4646>
23. Volkova N.V., Valamina I.E., Shvidun D.V. Facial rejuvenation using Er:YAG laser equipped with a spatially modulated ablation module: A clinical, ultrasound, and histological evaluation. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2019, vol. 18, no. 5, pp. 1294-1299. <https://doi.org/10.1111/jocd.13083>
24. Volkova N.V., Glazkova L.K., Khomchenko V.V. et al. Novel method for facial rejuvenation using Er: YAG laser equipped with a spatially modulated ablation module: an open prospective uncontrolled cohort study. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 2017, vol. 19, no. 1, pp. 25-29. <https://doi.org/10.1080/14764172.2016.1247964>
25. Whipple K.M., Korn B.S., Kikkawa D.O. Recognizing and managing complications in blepharoplasty. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*, 2013, vol. 21, no. 4, pp. 625–637. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2013.08.002>
26. Yang P., Ko A.C., Kikkawa D.O. et al. Upper eyelid blepharoplasty: evaluation, treatment, and complication minimization. *Seminars in Plastic Surgery*, 2017, vol. 31, no. 1, pp. 51–57. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1598628>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**Пахомова Регина Александровна**, доцент, д.м.н.*Университет «Реавиз»**ул. Калинина, 8А, корп. 2, г. Санкт-Петербург, 198099, Российская Федерация**PRA5555@mail.ru***Кочетова Татьяна Федоровна**, доцент, к.м.н.*Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого**ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация**tfkochetova@mail.ru***Калашникова Наталья Геннадиевна**, главный врач*Клиника «Линлайн»**ул. Удальцова, 85 к. 2, г. Москва, 119454, Российская Федерация**kalashnikovaline@mail.ru***Токмакова Виктория Олеговна**, клинический ординатор*Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера**ул. Партизана Железняка, 3, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация**viktoriatok@mail.ru***DATA ABOUT THE AUTHORS****Regina A. Pakhomova**, Associate Professor, Dr. Sc. (Medicine)*Private University REAVIZ**8A/2, Kalinin Str., St. Petersburg, 198099, Russian Federation**PRA5555@mail.ru**SPIN-code: 2616-9580**ORCID: 0000-0002-3681-468***Tatyana F. Kochetova**, Associate Professor, Cand. Sc. (Medicine), Professor*V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University**1, P. Zeleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation**tfkochetova@mail.ru**SPIN-code: 3431-3441**ORCID: 0000-0002-9894-6413*

Natalia G. Kalashnikova, MD

“Linline” clinic

85/2, Udalcova Str., Moscow, 119454, Russian Federation

kalashnikovaline@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5250-9288

Victoria O. Tokmakova, Clinical Resident

Scientific Research Institute of Medical Problems of the North

3d, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

viktoriatok@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5054-4781

Поступила 10.11.2021

После рецензирования 30.11.2021

Принята 10.12.2021

Received 10.11.2021

Revised 30.11.2021

Accepted 10.12.2021

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-70-87

УДК 616.31-083

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗУБНЫХ ЩЕТОК РАЗЛИЧНОГО ТИПА У ДЕТЕЙ В ПЕРИОД СМЕННОГО ПРИКУСА

Н.Б. Петрухина, О.А. Борискина, Д.И. Шевляков

Цель работы – провести клиническую оценку эффективности зубных щеток разного типа у детей 6-11 лет путем динамического контроля состояния твердых тканей зубов, пародонта и гигиенического статуса.

Материал и методы: проведено параллельное, рандомизированное, открытое клиническое исследование, направленное на оценку эффективности трех разных зубных щеток (двух мануальных с разной рабочей частью и электрической с технологией возвратно-вращательных и пульсирующих движений) у детей 6-11 лет. В исследовании принимали участие 60 детей в возрасте 6-8 лет и 60 детей 9-11 лет. В каждой возрастной категории случайным образом было сформировано по 3 группы из 20 человек, которые получали зубные щетки разного вида: группы I и IV – мануальную щетку «Oral-B Junior» («Procter & Gamble», Ирландия), группы II и V – мануальную щетку «ROCS Junior» (ООО «ВДС-Ступино», Россия), группы III и VI – электрическую щетку «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin». Стоматологическое обследование включало определение индексов КПУз+кпз, PI (Turesky S., 1970) и РМА (Parma S., 1960). После обследования детей обучали стандартному методу чистки зубов. Повторные обследования проводили через 1, 2 и 3 месяца. Для сравнения показателей одной группы в динамике использовали критерий Уилкоксона, а для выявления различий между группами – тест Манна-Уитни.

Полученные результаты. Значения индексов КПУз+кпз в ходе исследования ни в одной из групп не изменились. Во всех группах отмечено достоверное снижение PI через 1, 2 и 3 месяца от начала исследования (критерий Уилкоксона, $p < 0,05$). Наибольшая редукция индекса зубного налета наблюдалась при использовании электрической щетки (достоверные различия с группами, где использовались мануальные щетки, критерий Манна-Уитни, $p < 0,05$). Из мануальных зубных щеток более эффективной оказалась щетка «Oral-B Junior» (мягкая, щеточное поле в форме чаши, щетина CrissCross, силовой

выступ). Наряду со снижением показателей индекса зубного налета во всех группах произошло достоверное снижение индекса РМА (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$ по сравнению с исходным уровнем). Достигнутый эффект сохранялся в сроки 2 и 3 мес. от начала исследования, при этом существенной разницы между группами не выявлено ($p > 0,05$).

Вывод. Все зубные щетки оказались эффективными при контроле наддесневового налета (видимая биопленка), наиболее высокий эффект отмечался в группах детей, которые использовали электрическую зубную щетку.

Ключевые слова: зубной налет; чистка зубов; мануальная зубная щетка; электрическая зубная щетка; детская зубная щетка; сменный прикус; гигиена полости рта; очищающая эффективность

Для цитирования. Петрухина Н.Б., Борискина О.А., Шевляков Д.И. Сравнительная оценка эффективности применения зубных щеток различного типа у детей в период сменного прикуса // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 70-87. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-70-87

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF TOOTHBRUSHES OF VARIOUS TYPES IN CHILDREN DURING THE PERIOD OF REPLACEMENT BITE

N.B. Petrukhina, O.A. Boriskina, D.I. Shevlyakov

The aim of the work is to conduct a clinical assessment of the effectiveness of toothbrushes of various types in children aged 6-11 years by dynamic monitoring of the condition of hard tissues of teeth, periodontal and hygienic status.

Materials and methods: a parallel, randomized, open clinical trial was conducted aimed at evaluating the effectiveness of three different toothbrushes (two manual ones with different working parts and an electric one with the technology of reciprocating and pulsating movements) in children aged 6-11 years. The study involved 60 children aged 6-8 years and 60 children aged 9-11 years. In each age category, 3 groups of 20 people were randomly formed, who received toothbrushes of different types: groups I and IV – manual brush “Oral-B Junior” (“Procter & Gamble”, Ireland), groups II and V – manual brush “ROCS Junior” (LLC “VDS-Stupino”, Russia), groups III and VI – electric brush “Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin”.

Dental examination included determination of KPUz+kpz indices, PI (Turesky S., 1970) and PMA (Parma S., 1960). After the examination, the children were taught the standard method of brushing their teeth. Repeated examinations were carried out after 1, 2 and 3 months. To compare the indicators of one group in dynamics, the Wilcoxon criterion was used, and the Mann-Whitney test was used to identify differences between groups.

Results. The values of the KPUz+KPZ indices did not change in any of the groups during the study. In all groups, there was a significant decrease in PI after 1, 2 and 3 months from the start of the study (Wilcoxon criterion, $p < 0.05$). The greatest reduction in the plaque index was observed when using an electric brush (significant differences with the groups where manual brushes were used, Mann-Whitney criterion, $p < 0.05$). Of manual toothbrushes, the Oral-B Junior brush (soft, bowl-shaped brush field, CrissCross bristles, power protrusion) turned out to be more effective. Along with a decrease in the plaque index in all groups, there was a significant decrease in the PMA index (Wilcoxon criterion, $p < 0.001$ compared to the baseline level). The achieved effect was maintained in terms of 2 and 3 months. from the beginning of the study, there was no significant difference between the groups ($p > 0.05$).

Conclusion: all toothbrushes were effective in controlling the supra-gingival plaque (visible biofilm), the highest effect was observed in groups of children who used an electric toothbrush.

Keywords: plaque; brushing teeth; manual toothbrush; electric toothbrush; children's toothbrush; replaceable bite; oral hygiene; cleansing efficiency

For citation: Petrukhina N.B., Boriskina O.A., Shevlyakov D.I. Comparative Evaluation of the Effectiveness of the Use of Toothbrushes of Various Types in Children During the Period of Replacement Bite. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 70-87. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-70-87

Введение

Гигиенический уход за полостью рта является основой профилактики кариеса зубов и заболеваний пародонта, поскольку одним из факторов риска этих стоматологических заболеваний является патогенная микрофлора [14]. Самым распространенным и доступным средством гигиены является зубная щетка, которая позволяет удалять микробную биопленку с поверхности зубов [7]. На эффективность гигиены полости рта влияют конструкционные особенности щетки, качество, жесткость и степень износа щетины, а также целый ряд других факторов: мануальные навыки человека, регулярность, продолжительность и техника чистки [1, 2, 3, 6, 11].

Дети младшего школьного возраста уже понимают важность и необходимость гигиены полости рта, у них достаточно хорошо сформированы навыки гигиенического ухода [7]. Особенностью этого возрастного периода является прорезывание постоянных зубов, что является важным этапом формирования зубочелюстной системы, от которого зависят ее дальнейшее функционирование и эстетика зубных рядов.

В период сменного прикуса необходимо обеспечить особенно тщательный гигиенический уход за полостью рта, поскольку твердые ткани зубов наиболее восприимчивы к кариесу. Это связано с тем, что непосредственно после прорезывания отмечается недостаточная минерализация эмали зубов, а ее окончательное созревание продолжается в течение нескольких лет. Поверхности частично прорезавшихся зубов труднодоступны для очищения, поэтому необходимо уделять им особое внимание и применять щетки, разработанные с учетом особенностей данного возрастного периода [4, 11].

Выбор оптимальной зубной щетки возможен только при наличии достоверной информации о кратковременном и долговременном очищающем эффекте существующих зубных щеток, их влиянии на твердые ткани зубов и ткани пародонта [8, 9, 10, 15]. В то же время, данных по выбору оптимальных щеток для детей в период сменного прикуса недостаточно, что диктует необходимость проведения научных исследований в этом направлении.

Цель работы – провести клиническую оценку эффективности зубных щеток разного типа у детей 6-11 лет путем динамического контроля состояния твердых тканей зубов, пародонта и гигиенического статуса.

Материал и методы

В клиническом исследовании, которое было проведено на базе отделения терапевтической стоматологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России, принимали участие 180 детей обоего пола в возрасте 6-15 лет. Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России.

Дизайн исследования: рандомизированное, открытое, параллельное. Дети для исследования были выбраны произвольно, методом случайного отбора, с учетом критериев включения и не включения.

При формировании выборки учитывали следующие критерии включения: дети обоего пола в возрасте от 6 до 11 лет.

В исследование не включались дети с тяжелыми соматическими заболеваниями, а также получавшие лечение с использованием антибиотиков,

антисептиков, иммунодепрессантов, кортикостероидов, нестероидных противовоспалительных препаратов в течение 1 мес. до начала исследования. Критериями не включения являлись также местные факторы полости рта, которые могли повлиять на результаты исследования: грубые дефекты зубочелюстной системы, наличие множественного кариеса и некариозных поражений твердых тканей зубов, декомпенсированные формы кариеса и ранняя потеря временных зубов, патология слизистой оболочки рта, фиксированные ортодонтические аппараты.


Критериями исключения из исследования явились:

- несоблюдение графика посещений врача-стоматолога;
- отказ или невозможность выполнения предписанных процедур;
- несоблюдение правил, изложенных в информационном согласии;
- необходимость применения антибактериальных и/или антисептических препаратов в период участия в исследовании.

Дети, включенные в исследование, были разделены на 2 возрастные категории (6-8 лет и 9-11 лет). В каждой возрастной категории с помощью процедуры рандомизации было сформировано по 3 группы из 20 человек, которые получали зубные щетки разного вида. В таблице 1 представлено распределение детей по группам в зависимости от возраста и вида используемой щетки.

Таблица 1.

Распределение детей по группам в зависимости от возраста и вида используемой щетки

Возраст	Группы детей в зависимости от вида используемой зубной щетки		
6-8 лет	I группа (n=20)	II группа (n=20)	III группа (n=20)
9-11 лет	IV группа (n=20)	V группа (n=20)	VI группа (n=20)
	мануальная щетка «Oral-B Junior» («Procter & Gamble», Ирландия) 	мануальная щетка «ROCS Junior» (ООО «ВДС-Ступино», Россия) 	электрическая щетка «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin D 16.513.1» («Braun GmbH», Германия) 

Основными критериями при выборе щеток являлись: удобство их применения ребенком, мягкая щетина с закругленными и отполированными кончиками, эргономичная нескользкая ручка и красочный, привлекающий детей этого возраста, дизайн.

Согласно этим критериям для данной возрастной группы были отобраны 3 модели зубных щеток:

1. мануальная щетка «Oral-B Junior» («Procter & Gamble», Ирландия) – мягкая, щеточное поле в форме чаши, расположение пучков CrissCross, имеется силовой выступ, щетина из нейлона с закруженными кончиками;
2. мануальная щетка «ROCS Junior» (ООО «ВДС-Ступино», Россия) – мягкая, щеточное поле ровное, с густой кустопосадкой, щетина из нейлона с треугольным сечением и тройной полировкой кончиков;
3. электрическая щетка «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin» («Braun GmbH», Германия) – совершает 8800 возвратно-вращательных и 20 000 пульсирующих движений в минуту, головка круглая, имеет лепестковое расположение пучков, сочетает в себе обычные и ультратонкие щетинки из нейлона.

Всем участникам исследования предоставляли одинаковые образцы низкоабразивных зубных паст. Чтобы унифицировать результаты исследования, все дети были обучены стандартному методу чистки зубов (Пахомов Г.Н.). Участникам раздавали письменные инструкции и просили точно следовать им.

Стоматологическое обследование детей проводили в стоматологическом кресле при искусственном освещении с помощью набора стоматологических инструментов. У каждого ребенка определяли степень прорезывания зубов, состояние твердых тканей зубов, тканей пародонта и гигиены полости рта.

Интенсивность кариеса временных зубов оценивали по индексу кпз, постоянных зубов – по индексу КПУз. Для определения кариозного поражения зубов помимо клинического метода использовали метод окрашивания твердых тканей кариес-детектором. Оценку пародонтального статуса проводили по стандартной методике с применением индекса РМА (Shour I., Massler M., 1947) в модификации С. Parma (1960). Гигиеническое состояние полости рта оценивали с помощью индекса зубного налета PI (Plaque Index) Quigley & Hein (1962) в модификации Turesky (Turesky S., 1970).

Выбор данных индексов для клинической оценки был обусловлен тем, что они наименее травматичны, поскольку не требуют применения зонда. Окрашивание позволяет хорошо визуализировать количество зубного налета и степень воспаления тканей пародонта. Для расчета индекса Turesky оценивается наличие налета на всех имеющихся зубах (кроме третьих моляров), причем у каждого зуба осматривается 6 участков. Это обеспечивает

более высокую чувствительность и точность оценки гигиены рта по сравнению с другими индексами, которые включают в оценку только определенные (индексные) зубы [5, 8, 12, 13].

Для расчета индекса PI Turessky после окрашивания индикатором зубного налета обследовали вестибулярные и язычные поверхности всех зубов, выделяя на каждой поверхности по 3 участка: мезиальный, средний и дистальный. В общей сложности у каждого зуба было получено по 6 измерений.

Наличие зубного налета определяли в соответствии со следующими критериями:

- 0 – зубной налет отсутствует;
- 1 – имеются участки зубного налета в пришеечной области;
- 2 – тонкая непрерывная полоска зубного налета в пришеечной области;
- 3 – полоска зубного налета шириной более 1 мм, но покрывает менее $\frac{1}{3}$ поверхности зуба;
- 4 – зубной налет покрывает от $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ всей поверхности зуба;
- 5 – зубной налет покрывает более $\frac{2}{3}$ всей поверхности зуба.

Индекс зубного налета PI позволяет оценить качество проведенной гигиены отдельно на верхней и нижней челюстях, правых и левых квадрантах, вестибулярных и язычных поверхностях зубов.

Формула для расчета суммарного индекса:

$$PI = \frac{\sum \text{баллов}}{\text{количество измерений}}$$

Через 1, 2, 3 мес. применения зубных щеток проводили оценку их эффективности по динамике индексов КПУз + кпуз, PI и РМА.

Для статистического анализа использовали программу для статистического анализа результатов Statistica 12.0 («StatSoft», США). Проверку распределений на нормальность проводили с помощью графических методов и теста Шапиро-Уилка. При сравнении показателей одной группы в динамике использовали непараметрический тест Уилкоксона, а для выявления различий между группами – критерий Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

В начале исследования у детей 6-8 лет интенсивность кариеса зубов по индексу КПУз+кпз в группе I составляла 3,5 [2; 5], в группе II – 3,5 [1,75; 5], в группе III – 3,0 [1; 4]. Данные представлены в формате Me [LQ; UQ], где Me – медиана, LQ – нижний квартиль; UQ – верхний квартиль. Статистически достоверных различий между этими группами не выявлено

(критерий Манна-Уитни, $p > 0,05$). В возрастной категории 9-11 лет показатели интенсивности кариеса были следующими: в группе IV – 3,0 [1; 5]; в группе V – 2,5 [1,75; 5]; в группе VI – 2,5 [1; 4,25]. Различия между группами отсутствовали (критерий Манна-Уитни, $p > 0,05$). За весь период исследования эти данные не изменились.

Исходный уровень гигиены полости рта по индексу PI (Turesky S., 1970) у детей 6-8 лет был примерно одинаковым, статистически достоверных различий между группами не выявлено (критерий Манна-Уитни, $p > 0,05$). Показатели индекса зубного налета были равны: в группе I – 1,35 [1,0; 1,675], в группе II – 1,4 [1,2; 1,7], в группе III – 1,5 [1,325; 1,7] (таблица 2).

Таблица 2.

Динамика состояния гигиены полости рта по индексу PI (Turesky S., 1970) у детей у детей 6-8 лет при использовании зубных щеток различного типа

Индекс гигиены PI (Turesky S., 1970)	Группа I	Группа II	Группа III
PI ₀	1,35 [1,0; 1,675]	1,4 [1,2; 1,7]	1,5 [1,325; 1,7]
PI ₁	0,9 [0,7; 1,175]*	1,0 [0,9; 1,35]*	0,6 [0,525; 0,9]*
Изменение PI ₁ по сравнению с исходным уровнем (%)	-33,3	-28,5	-60,0
PI ₂	0,8 [0,7; 1,2]*	1,1 [0,925; 1,375]*	0,65 [0,5; 0,9]*
Изменение PI ₂ по сравнению с исходным уровнем (%)	-40,7	-21,4	-56,7
PI ₃	0,9 [0,7; 1,075]*	1,15 [0,9; 1,475]*	0,75 [0,5; 0,975]*
Изменение PI ₃ по сравнению с исходным уровнем (%)	-33,3	-17,9	-50,0

Примечание: PI₀ – показатель в начале исследования; PI₁ – через 1 мес.; PI₂ – через 2 мес.; PI₃ – через 3 мес.; данные в таблице представлены в формате Me [LQ; UQ], где Me – медиана, LQ – нижний квартиль; UQ – верхний квартиль. Звездочкой отмечены показатели, которые достоверно изменились по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$)

Результаты, полученные через 1 мес. применения тестируемых образцов щеток, показали достоверное снижение индекса PI по сравнению с исходным уровнем во всех группах (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$). Медиана значений индекса стала равна 0,9 в группе I, где использовалась мануальная щетка «Oral-B Junior»; 1,0 – в группе II (мануальная щетка «ROCS Junior») и 0,6 – в группе III (электрическая щетка «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin»). Снижение значений индекса за этот период составило 33,3%, 28,5% и 60,0% соответственно.

Во время осмотра, проведенного через 2 мес., значения индекса зубного налета PI были следующими: в группе I – 0,8 [0,7; 1,2], в группе II –

1,1 [0,925; 1,375] ($p < 0,001$), в группе III – 0,65 [0,5; 0,9]. Во всех группах отмечались значимые различия по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$). Очищающий эффект за два месяца составил 40,7%, 21,4% и 56,7% соответственно.

К сроку 3 мес. от начала исследования были получены следующие значения индекса PI: 0,9 [0,7; 1,075] – в группе I, 1,15 [0,9; 1,475] – в группе II и 0,75 [0,5; 0,975] – в группе III. Во всех группах наблюдалось статистически достоверное изменение индекса по сравнению с исходным значением (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$). Очищающий эффект тестируемых образцов зубных щеток к концу исследования составил: в группе I (щетка «Oral-B Junior») – 33,3%; в группе II (щетка «ROCS Junior») – 17,9%; в группе III (щетка «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin») – 50,0%.

В таблице 3 приведены показатели уровня значимости при статистическом анализе различий индекса гигиены между группами в начале исследования и в различные сроки после применения щеток (критерий Манна-Уитни). Сравнительный анализ показал, что эффективность электрической щетки в данной возрастной группе (6-8 лет) была достоверно выше по сравнению с обеими мануальными щетками (критерий Манна-Уитни, $p_{I-III} < 0,05$, $p_{II-III} < 0,001$).

Таблица 3.

**Уровень значимости различий индекса PI (Turessky S., 1970)
между группами у детей 6-8 лет при использовании зубных щеток
различного типа (критерий Манна-Уитни)**

В начале исследования	Через 1 мес.	Через 2 мес.	Через 3 мес.
$p_{I-II} = 0,620$	$p_{I-II} = 0,157$	$p_{I-II} = \mathbf{0,038}$	$p_{I-II} = \mathbf{0,015}$
$p_{I-III} = 0,231$	$p_{I-III} = \mathbf{0,011}$	$p_{I-III} = \mathbf{0,014}$	$p_{I-III} = \mathbf{0,047}$
$p_{II-III} = 0,398$	$p_{II-III} = \mathbf{0,000}$	$p_{II-III} = \mathbf{0,000}$	$p_{II-III} = \mathbf{0,000}$

Из двух мануальных щеток более эффективной оказалась щетка с разноразмерным щеточным полем, перекрещивающимися пучками щетины и силовым выступом. Через 2 и 3 мес. от начала исследования в этой группе показатели зубного налета были достоверно ниже, чем в группе II, где для чистки зубов дети использовали щетку с ровным щеточным полем (критерий Манна-Уитни, $p_{III} < 0,05$).

В возрастной категории 9-11 лет в начале исследования величина индекса зубного налета PI составила 1,25 [1,2; 1,6] в группе IV, 1,4 [1,125; 1,5] – в группе V и 1,45 [1,2; 1,5] в группе VI, без статистически значимых различий между группами (таблица 4).

Таблица 4.

**Динамика состояния гигиены полости рта по индексу PI (Turesky S., 1970)
у детей 9-11 лет при использовании зубных щеток различного типа**

Индекс гигиены PI (Turesky S., 1970)	Группа IV	Группа V	Группа VI
PI ₀	1,25 [1,2; 1,6]	1,4 [1,125; 1,5]	1,45 [1,2; 1,5]
PI ₁	0,75 [0,7; 0,9]*	0,9 [0,7; 1,2]*	0,55 [0,4; 0,7]*
Изменение PI ₁ по сравнению с исходным уровнем (%)	-40,0	-35,7	-62,1
PI ₂	0,8 [0,7; 0,9]*	0,95 [0,8; 1,175]*	0,5 [0,4; 0,7]*
Изменение PI ₂ по сравнению с исходным уровнем (%)	-36,0	-32,1	-65,5
PI ₃	0,85 [0,7; 0,975]*	1,05 [0,9; 1,475]*	0,65 [0,4; 0,7]*
Изменение PI ₃ по сравнению с исходным уровнем (%)	-32,0	-25,0	-55,2
Примечание: PI ₀ – показатель в начале исследования; PI ₁ – через 1 мес.; PI ₂ – через 2 мес.; PI ₃ – через 3 мес.; данные в таблице представлены в формате Me [LQ; UQ], где Me – медиана, LQ – нижний квартиль; UQ – верхний квартиль. Звездочкой отмечены показатели, которые достоверно изменились по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, p<0,001).			

При обследовании через 1 мес. от начала использования тестируемых образцов зубных щеток во всех группах произошло достоверное снижение индекса PI по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, p<0,001). Значения индекса зубного налета стали равными 0,75 [0,7; 0,9] в группе IV, 0,9 [0,7; 1,2] – в группе V и 0,55 [0,4; 0,7] – в группе VI. Редукция индекса по сравнению с исходным уровнем составила 40,0%, 35,7% и 62,1% соответственно.

Через 2 мес. от начала исследования показатели индекса PI в группе IV были равны 0,8 [0,7; 0,9], в группе V – 0,95 [0,8; 1,175], в группе VI – 0,5 [0,4; 0,7], а очищающий эффект исследуемых образцов зубных щеток за 2 мес. составлял 36,0%, 32,1% и 65,5% соответственно. Во всех группах через 2 мес. от начала исследования значения индекса были достоверно ниже по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, p<0,001).

Заключительный осмотр был проведен через 3 мес. от начала исследования. Результаты показали, что в группе IV, где использовалась мануальная зубная щетка «Oral-B Junior», значения индекса зубного налета стали равными 0,85 [0,7; 0,975], в группе V (мануальная щетка «ROCS Junior») – 1,05 [0,9; 1,475], в группе VI (электрическая щетка «Oral-B Pro 400 Junior Sensi Ultrathin») – 0,65 [0,4; 0,7] (p<0,001 по сравнению с ис-

ходным уровнем). Очищающий эффект за 3 мес. составил 32,0%, 25,0% и 55,2% соответственно.

В таблице 5 приведены показатели уровня значимости при выявлении различий индекса гигиены между группами до и после чистки зубов (критерий Манна-Уитни). Сравнительный анализ показал, что эффективность электрической щетки у детей 9-11 лет была достоверно выше по сравнению с обеими мануальными щетками (критерий Манна-Уитни, $p_{IV-VI} < 0,01$, $p_{V-VI} < 0,001$).

Таблица 5.

**Уровень значимости различий индекса PI (Turessky S., 1970)
между группами у детей 9-11 лет при использовании зубных щеток
различного типа (критерий Манна-Уитни)**

В начале исследования	Через 1 мес.	Через 2 мес.	Через 3 мес.
$p_{IV-V} = 0,968$	$p_{IV-V} = 0,063$	$p_{IV-V} = \mathbf{0,006}$	$p_{IV-V} = \mathbf{0,006}$
$p_{IV-VI} = 0,738$	$p_{IV-VI} = \mathbf{0,002}$	$p_{IV-VI} = \mathbf{0,003}$	$p_{IV-VI} = \mathbf{0,007}$
$p_{V-VI} = 0,640$	$p_{V-VI} = \mathbf{0,000}$	$p_{V-VI} = \mathbf{0,000}$	$p_{V-VI} = \mathbf{0,000}$

В сроки через 2 и 3 мес. от начала исследования более высокий очищающий эффект был выявлен в группе IV, где использовалась мануальная щетка с разноуровневым щеточным полем, перекрещивающимися пучками щетины и силовым выступом. В этой группе значения индекса зубного налета были достоверно ниже соответствующих показателей в группе V, где дети использовали для чистки зубов мануальную щетку с ровным щеточным полем (критерий Манна-Уитни, $p_{IV-V} < 0,05$).

На Рис. 1. показана очищающая эффективность зубных щеток разного типа у детей 6-8 и 9-11 лет. Как видно из представленных данных, очищающий эффект всех зубных щеток был несколько выше у детей 9-11 лет. Однако статистический анализ показал, что различия значений индексов зубного налета между группами детей разного возраста, использующих одинаковые образцы щеток, были недостоверны (критерий манна-Уитни, $p_{I-IV} > 0,05$, $p_{II-V} > 0,05$, $p_{III-VI} > 0,05$). Следовательно, очищающий эффект зубных щеток не зависел от возрастной категории.

При осмотре тканей пародонта у детей 6-8 лет в начале исследования значения индекса РМА составили 2,77 [0,345; 4,16] в группе I, 1,38 [1,2; 1,6] - в группе II, 2,77 [1,38; 4,16] - в группе III (таблица 6), различия между группами были статистически не достоверны (критерий Манна-Уитни, $p > 0,05$).

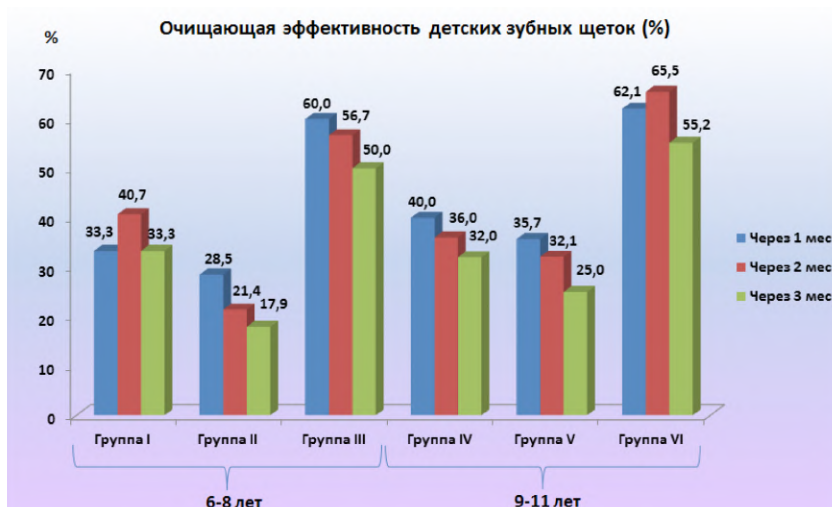


Рис. 1. Очищающая эффективность зубных щеток разного типа у детей возрастных категорий 6-8 и 9-11 лет.

Таблица 6.

Динамика состояния тканей пародонта по индексу РМА (Parma С., 1960) у детей 6-8 лет при использовании зубных щеток различного типа

Индекс гигиены РМА (Parma С., 1960)	Группа I	Группа II	Группа III
$РМА_0$	2,77 [0,345; 4,16]	1,38 [1,2; 1,6]	2,77 [1,38; 4,16]
$РМА_1$	0 [0; 1,38]*	0,69 [0; 1,38]*	0 [0; 1,38]*
$РМА_2$	0 [0; 1,035]*	0 [0; 1,38]*	0 [0; 0]*
$РМА_3$	0 [0; 1,035]*	0 [0; 1,38]*	0 [0; 0]*

Примечание: $РМА_0$ – показатель в начале исследования; $РМА_1$ – через 1 мес.; $РМА_2$ – через 2 мес.; $РМА_3$ – через 3 мес.; данные в таблице представлены в формате Me [LQ; UQ], где Me – медиана, LQ – нижний квартиль; UQ – верхний квартиль. Звездочкой отмечены показатели, которые достоверно изменились по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$).

Через 1 мес. произошло достоверное изменение индекса РМА во всех группах по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$). Величина индекса за этот период времени снизилась до 0 [0; 1,38] в группе I; до 0,69 [0; 1,38] – в группе II, до 0 [0; 1,38] – в группе III.

В дальнейшем также прослеживалась тенденция к улучшению состояния пародонта. В сроки 2 и 3 мес. от начала исследования индекс РМА составлял 0 [0; 1,035] в группе I, 0 [0; 1,38] – в группе II, 0 [0; 0] – в группе III. Различия значимы по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$), между группами статистически значимых различий не отмечалось (критерий Манна-Уитни, $p > 0,05$).

У детей 9-11 лет при первичном осмотре значения индекса РМА были следующими: 2,075 [0,345; 4,16] – в группе IV, 1,38 [0; 4,16] – в группе V и 2,77 [1,38; 4,16] – в группе VI (таблица 7).

Таблица 7.

Динамика состояния тканей пародонта по индексу РМА (Parma С., 1960) у детей 9-11 лет при использовании зубных щеток различного типа

Индекс гигиены РМА (Parma С., 1960)	Группа IV	Группа V	Группа VI
РМА ₀	2,075 [0,345; 4,16]	1,38 [0; 4,16]	2,77 [1,38; 4,16]
РМА ₁	0 [0; 1,38]*	0 [0; 1,38]*	0 [0; 1,38]*
РМА ₂	0 [0; 0]*	0 [0; 1,035]*	0 [0; 0]*
РМА ₃	0 [0; 0]*	0 [0; 1,035]*	0 [0; 0]*

Примечание: РМА₀ – показатель в начале исследования; РМА₁ – через 1 мес.; РМА₂ – через 2 мес.; РМА₃ – через 3 мес.; данные в таблице представлены в формате Me [LQ; UQ], где Me – медиана, LQ – нижний квартиль; UQ – верхний квартиль. Звездочкой отмечены показатели, которые достоверно изменились по сравнению с исходным уровнем (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$).

Через 1 мес. от начала использования тестируемых образцов зубных щеток во всех группах произошло достоверное снижение индекса РМА (критерий Уилкоксона, $p < 0,001$ по сравнению с исходным уровнем). Достигнутый эффект сохранялся в сроки 2 и 3 мес. от начала исследования.

Заключение

В результате клинического исследования было установлено, что у детей в период сменного прикуса наиболее эффективной является чистка зубов с помощью электрической зубной щетки. За счет высокочастотных движений она позволяет разрушить микробную биопленку и удалить ее с поверхностей зубов. Из мануальных зубных щеток более предпочтительной является щетка «Oral-B Junior» (мягкая, щеточное поле в форме чаши, щетина CrissCross, силовой выступ). Менее эффективной оказалась мануальная щетка «ROCS Junior» (мягкая, щеточное поле ровное, с густой кустопосадкой). Поскольку в этом возрасте у детей происхо-

дят существенные изменения прикуса, а постоянные зубы находятся в различных стадиях прорезывания, то, вероятно, разноуровневая щетина позволяет лучше удалить зубной налет с труднодоступных поверхностей зубов.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интереса по представленной статье отсутствует.

Список литературы

1. Анализ эффективности и безопасности электрических зубных щеток Oral-B с технологией возвратно-вращательных и пульсирующих движений в рамках программы «Здоровая улыбка» / Николаев А.И., Гинали Н.В., Цепов Л.М., Шашмурина В.Р. // Стоматология. 2016. №3. С. 17–22. <https://doi.org/10.17116/stomat201695317-22>
2. Влияние использования зубных щеток различного типа на вероятность развития деминерализации эмали и гингивита в ходе ортодонтического лечения / Зорина О.А. Борискина О.А., Петрухина Н.Б., Нечаев А.А., Глухова А.А., Старикова Н. В. // Стоматология. 2020. Т. 2, №99. С. 34–39. <https://doi.org/10.17116/stomat20209902134>
3. Елисеева Н.Б. Гигиена полости рта – инновационные технологии // Клиническая стоматология. 2015. №2. С. 46–49.
4. Кисельникова Л.П., Зуева Т.Е., Огарева А.А. Изменение клинических параметров, микробиологических показателей и мотивации к гигиене у детей в возрасте 5-12 лет после применения различных зубных щеток // Клиническая стоматология. 2017. №1. С. 50–56.
5. Клиническая оценка эффективности применения ручных зубных щеток с различными характеристиками щеточного поля / Балуда М.И., Винниченко Ю.А., Поповкина О.А., Пахомова Ю.В., Жидкова И.П. // Стоматология. 2012. №3. С. 38–41.
6. Рубцова Н.Г., Сирак С.В. Сравнительная оценка очищающей эффективности ультразвуковой и мануальной зубных щеток // Естественные и технические науки. 2013. №1(63). С. 98–101.
7. Улитовский С.Б., Алексеева Е.С., Калинина О.В. Средства гигиены полости рта как мотивация стоматологического здоровья // Пародонтология. 2011. №2. С. 65–66.
8. Aggarwal N, Gupta S, Grover R, Sadana G, Bansal K. Plaque Removal Efficacy of Different Toothbrushes: A Comparative Study // Int J Clin Pediatr Dent., 2019, vol. 12(5), pp. 385–390. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1669>

9. Davidovich E, Shafir S, Shay B, Zini A. Plaque removal by a powered toothbrush versus a manual toothbrush in children: a systematic review and meta-analysis // *Pediatr Dent.*, 2020, vol. 42(4), pp. 280–287.
10. Elkerbout TA, Slot DE, Rosema NAM, Van der Weijden GA. How effective is a powered toothbrush as compared to a manual toothbrush? A systematic review and meta-analysis of single brushing exercises // *Int J Dent Hyg.*, 2020, vol. 18(1), pp. 17–26. <https://doi.org/10.1111/idh.12401>
11. Kerr R, Claman D, Amini H, Alexy E, Kumar A, Casamassimo PS. Evaluation of the Ability of Five- to 11-Year-Olds to Brush Their Teeth Effectively with Manual and Electric Toothbrushing // *Pediatr Dent.*, 2019, vol. 41(1), pp. 20-24.
12. Purushotham PM, Rao A, Natarajan S, Shrikrishna SB. Comparison of the efficacy of parental brushing using powered versus manual tooth brush: A randomized, four-period, two-treatment, single-blinded crossover study // *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 2021, vol. 39, pp. 95-100.
13. Saffarzadeh A, Khodarahmi N, Mohammadi M. Evaluation of the Effect of Ultra-Soft Toothbrushes with Different Commercial Brands on Plaque and Bleeding Indices // *Dent Shiraz Univ Med Sci.*, March 2021, vol. 22(1), pp. 53-59.
14. Sanz, M. Role of microbial biofilms in the maintenance of oral health and in the development of dental caries and periodontal diseases. Consensus report of group 1 of the Joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal disease / M. Sanz, D. Beighton, M.A. Curtis [et al.] // *J Clin Periodontol.*, 2017, vol. 44(18), pp. 15–11. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12682>
15. Schmalz G, Müller M, Schmickler J, Rinke S, Haak R, Mausberg RF, Ziebolz D. Influence of manual and power toothbrushes on clinical and microbiological findings in initial treatment of periodontitis – A randomized clinical study // *Am J Dent.*, 2017, vol. 30(1), pp. 40-46.

References

1. Nikolaev A.I., Ginali N.V., Tsepov L.M., Shashmurina V.R. *Stomatologiya*, 2016, no. 3, pp. 17–22. <https://doi.org/10.17116/stomat201695317-22>
2. Zorina O.A. Boriskina O.A., Petrukhina N.B., Nechaev A.A., Glukhova A.A., Starikova N.V. *Stomatologiya*, 2020, vol. 2, no. 99, pp. 34–39. <https://doi.org/10.17116/stomat20209902134>
3. Eliseeva N.B. *Klinicheskaya stomatologiya*, 2015, no. 2, pp. 46–49.
4. Kisel'nikova L.P., Zueva T.E., Ogareva A.A. *Klinicheskaya stomatologiya*, 2017, no. 1, pp. 50–56.
5. Baluda M.I., Vinnichenko Yu.A., Popovkina O.A., Pakhomova Yu.V., Zhidkova I.P. *Stomatologiya*, 2012, no. 3, pp. 38–41.

6. Rubtsova N.G., Sirak S.V. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2013, no. 1(63), pp. 98–101.
7. Ulitovskiy S.B., Alekseeva E.S., Kalinina O.V. *Parodontologiya*, 2011, no. 2, pp. 65-66.
8. Aggarwal N, Gupta S, Grover R, Sadana G, Bansal K. Plaque Removal Efficacy of Different Toothbrushes: A Comparative Study. *Int J Clin Pediatr Dent.*, 2019, vol. 12(5), pp. 385–390. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1669>
9. Davidovich E, Shafir S, Shay B, Zini A. Plaque removal by a powered toothbrush versus a manual toothbrush in children: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Dent.*, 2020, vol. 42(4), pp. 280–287.
10. Elkerbout TA, Slot DE, Rosema NAM, Van der Weijden GA. How effective is a powered toothbrush as compared to a manual toothbrush? A systematic review and meta-analysis of single brushing exercises. *Int J Dent Hyg.*, 2020, vol. 18(1), pp. 17–26. <https://doi.org/10.1111/idh.12401>
11. Kerr R, Claman D, Amini H, Alexy E, Kumar A, Casamassimo PS. Evaluation of the Ability of Five- to 11-Year-Olds to Brush Their Teeth Effectively with Manual and Electric Toothbrushing. *Pediatr Dent.*, 2019, vol. 41(1), pp. 20-24.
12. Purushotham PM, Rao A, Natarajan S, Shrikrishna SB. Comparison of the efficacy of parental brushing using powered versus manual tooth brush: A randomized, four-period, two-treatment, single-blinded crossover study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 2021, vol. 39, pp. 95-100.
13. Saffarzadeh A, Khodarahmi N, Mohammadi M. Evaluation of the Effect of Ultra-Soft Toothbrushes with Different Commercial Brands on Plaque and Bleeding Indices. *Dent Shiraz Univ Med Sci.*, March 2021, vol. 22(1), pp. 53-59.
14. Sanz, M. Role of microbial biofilms in the maintenance of oral health and in the development of dental caries and periodontal diseases. Consensus report of group 1 of the Joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal disease / M. Sanz, D. Beighton, M.A. Curtis [et al.]. *J Clin Periodontol.*, 2017, vol. 44(18), pp. 15–11. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12682>
15. Schmalz G, Müller M, Schmickler J, Rinke S, Haak R, Mausberg RF, Ziebolz D. Influence of manual and power toothbrushes on clinical and microbiological findings in initial treatment of periodontitis – A randomized clinical study. *Am J Dent.*, 2017, vol. 30(1), pp. 40-46.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Петрухина Наталия Борисовна, научный сотрудник, д.м.н.; профессор кафедры стоматологии Института стоматологии

ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России; ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет) ул. Тимура Фрунзе, 16, г. Москва, 119021, Российская Федерация; ул. Трубецкая, 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Российская Федерация nataliastom@gmail.com

Борискина Ольга Андреевна, врач-стоматолог, к.м.н.; ассистент кафедры стоматологии Института стоматологии
ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России; ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет) ул. Тимура Фрунзе, 16, г. Москва, 119021, Российская Федерация; ул. Трубецкая, 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Российская Федерация boriskina_o_a@staff.sechenov.ru

Шевляков Дмитрий Иванович, врач-стоматолог; соискатель кафедры стоматологии Института стоматологии
ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России; ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет) ул. Тимура Фрунзе, 16, г. Москва, 119021, Российская Федерация; ул. Трубецкая, 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Российская Федерация d-sh2@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nataliia B. Petrukhina, Researcher, Grand PhD in Medical Sciences; Professor of the Department of Dentistry of the Institute of Dentistry
*National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of Ministry of Health of the Russian Federation; I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) 16, Timur Frunze Str., Moscow, 119021, Russian Federation; 8, p. 2, Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation nataliastom@gmail.com
SPIN-code: 9646-4239
ORCID: 0000-0003-3840-8127
Scopus Author ID: 12769844100*

Olga A. Boriskina, Dentist, PhD in Medical Sciences; Assistant of the Department of Dentistry of the Institute of Dentistry

National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of Ministry of Health of the Russian Federation; I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

16, Timur Frunze Str., Moscow, 119021, Russian Federation; 8, p. 2, Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation

boriskina_o_a@staff.sechenov.ru

SPIN-code: 4624-7693

ORCID: 0000-0002-1649-6448

Scopus Author ID: 39761084200

Dmitrii I. Shevlyakov, Dentist; Candidate of the Department of Dentistry of the Institute of Dentistry

National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of Ministry of Health of the Russian Federation; I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

16, Timur Frunze Str., Moscow, 119021, Russian Federation; 8, p. 2, Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation

d-sh2@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1624-0554

Поступила 10.11.2021

После рецензирования 24.11.2021

Принята 26.11.2021

Received 10.11.2021

Revised 24.11.2021

Accepted 26.11.2021

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-88-104

УДК 633.8

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ НА ОПЫТНОЙ ПЛАНТАЦИИ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

*С.А. Кабанова, М.А. Данченко, А.Н. Кабанов,
И.С. Кочегаров, С.А. Скотт*

Изменение климата, техногенные и антропогенные воздействия негативно повлияли на флору, поэтому запасы дикорастущих трав в природе резко сокращаются. По этой причине важной задачей становится массовое выращивание лекарственных трав на плантациях.

Цель исследований – разработка экологичной и рациональной технологии выращивания лекарственных трав на плантациях Северного региона Казахстана.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в Акмолинской области Северного Казахстана, в качестве объектов изучения выбраны виды лекарственных трав: *Echinacea purpurea* Moench, *Salvia officinalis*, *Origanum vulgare*, *Nepeta cataria*, *Adonis aestivialis*, *Inula helénium*, *Thymus serpyllum*. При выращивании лекарственных трав использовались азотные удобрения, в почву контрольного участка удобрения не вносились.

Результаты. Применение удобрений увеличило количество всходов у всех изученных растений на 6,3 – 62,8% по сравнению с контролем. На ускорение роста растений в высоту внесение удобрений повлияло у тимьяна ползучего, котовника лимонного и адониса летнего. У остальных растений данный показатель в опыте был меньше, чем на контроле. Урожайность котовника

лимонного, душицы обыкновенной, шалфея лекарственного, тимьяна ползучего и адониса летнего на опытном участке была больше на 1,7-35,8, чем на контроле. Определено, что лучше выращивать без внесения ростовых веществ.

Заключение. Внесение удобрений в почву положительно влияет на рост изученных видов лекарственных растений, кроме эхинацеи пурпурной и девясилы высокого.

Ключевые слова: лекарственные травы; удобрение; урожайность; биометрические показатели

Для цитирования. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кабанов А.Н., Коچهгаров И.С., Скотт С.А. Количественные показатели роста и урожайности лекарственных трав на опытной плантации в Северном Казахстане // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 88-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-88-104

QUANTITATIVE INDICATORS OF THE MEDICINAL HERBS GROWTH AND YIELD ON AN EXPERIMENTAL PLANTATION IN NORTHERN KAZAKHSTAN

*S.A. Kabanova, M.A. Danchenko, A.N. Kabanov,
I.S. Kochegarov, S.A. Scott*

Climate change, man-made and anthropogenic factors have negatively affected the flora, therefore, the reserves of wild-growing grasses in nature are sharply reduced. For this reason, the mass cultivation of medicinal herbs on plantations is becoming an important task.

Aim of research – development of an environmentally friendly and rational technology for growing medicinal herbs on plantations in the northern region of Kazakhstan.

Materials and methods. The research was carried out in the Akmola region, the following species of medicinal herbs were selected as the objects of research: *Echinacea purpurea* Moench, *Salvia officinalis*, *Origanum vulgare*, *Nepeta cataria*, *Adonis aestivale*, *Inula helénium*, *Thymus serpyllum*. Nitrogen fertilizers were used for the growth of the medicinal herbs, while the soils on the control plots did not contain any fertilizers.

Results. It was found that the use of fertilizers increased the number of seedlings in all studied plants by 6.3 – 62.8% compared to the control. The increase in plant's growth, development and height was observed in Breckland thyme, catnip,

and summer Adonis. The rest of the medicinal herbs growth and height were smaller than that of the control. The crop yield of catnip, oregano, sage, Breckland thyme and summer Adonis in the experimental plot was higher by 1.7-35.8 than that of the control. It has been determined that purple coneflower and elfdock are best grown without addition of plant growth substances.

Conclusion. *The application of fertilizers to the soil has a positive effect on the growth of the studied species of medicinal plants, except for purple coneflower and elfdock.*

Keywords: *medicinal herbs; fertilizer; crop yield; biometric indicators*

For citation. *Kabanova S.A., Danchenko M.A., Kabanov A.N., Kochegarov I.S., Scott S.A. Quantitative indicators of the medicinal herbs growth and yield on an experimental plantation in Northern Kazakhstan. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 88-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-88-104*

Введение

Замена химических лекарств растительными аналогами используется в Китае, где широко и успешно применяется многовековой опыт лечения травами [8, 17]. Такая тенденция в настоящее время широко распространяется в мире. Объем мирового рынка лекарственных растений составляет около 60 млрд. долларов в год, а наибольшее количество растительных препаратов вырабатывают в Китае, Индии, странах Южной Америки, Беларуси, Украины и России [2, 12, 18, 19]. Во многих странах инвестируются программы по выращиванию и сбору лекарственных растений, стандартизации и регулированию фитопрепаратов (страны Латинской Америки, Китай, Индия и др.), в Северной Америке разрабатываются новые рекомендации по регистрации биодобавок [13]. Раньше лекарственные растения собирали в природных условиях, так как их запас был внушительным. Но изменение климата, техногенные и антропогенные воздействия негативно повлияли на флору, поэтому запасы дикорастущих трав в природе резко сокращаются. По этой причине важной задачей становится массовое выращивание лекарственных трав. Ученые ВИЛАР разработали более 70 агротехнологий для различных растений и такие рекомендации востребованы сельскохозяйственными предпринимателями и фермерами. При возрождении лекарственного растениеводства Россия решает проблемы импортозамещения, создания дополнительных рабочих мест [4, 5]. Растениеводству лекарственных трав уделяется большое внимание в странах СНГ и дальнего зарубежья, но во всех странах СНГ примерно одинаковые

проблемы: ослабление стратегических позиций на мировом рынке, малые площади плантаций лекарственных трав, рост импорта сырья [3]. В Казахстане проведена оценка ресурсов лекарственных растений в лесах Алтая и определено, что наибольшее распространение имеют 9 видов, которые имеют промысловое значение, и диапазон изменения эксплуатационного запаса находится в пределах нормы [5].

В настоящее время весь мир обеспокоен негативным влиянием химических веществ на лекарственные травы [1, 14, 20]. Предполагается, что химические удобрения ухудшают качество почвы, негативно влияют на метаболит растений. Поэтому для выращивания лекарственных и пряных растений немаловажным фактором является подкормка их органическими удобрениями, которые улучшают плодородие почвы, влияют на ускорение роста растений и не влияют на продукцию [9, 10, 14-17].

Поскольку ранее разработанные агротехнические приемы в настоящее время пересматриваются, составляются рекомендации с учетом применения биологических и органических удобрений, районирования растений, расположения участков, т.к. качество сырья зависит не только от почвенно-климатических условий, но и от рельефа и экспозиции местности, данная тема является актуальной и своевременной.

Цель исследований: разработка экологичной и рациональной технологии выращивания лекарственных трав на плантациях Северного региона Казахстана.

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что для Республики Казахстан работы, связанные с сохранением генофонда ценных лекарственных растений, имеют актуальное значение. В настоящее время требуется решение ряда проблемных вопросов в планировании научно-обоснованных мероприятий по возделыванию лекарственных растений в разрезе регионального районирования и с применением интродукции редких и исчезающих видов. Результаты работы послужили основой разработки методических указаний по проведению научных наблюдений за ростом и состоянием лекарственных растений, которые предназначены для руководителей крестьянских хозяйств, фермеров и других сельскохозяйственных производителей. Перспективным направлением данного научного исследования является то, что при разработке технологии закладки плантации лекарственных трав будет изучено содержание биологически активных веществ в искусственно выращиваемых растениях при применении определенных агротехнических приемов (улучшение плодородия почвы, срока и периода посева семян и др.).

Материалы и методы исследований

Исследования выполнялись в Акмолинской области на землях крестьянского хозяйства «Коктерек». В качестве объектов исследований выбраны виды лекарственных трав, не произрастающих в природных условиях Северного Казахстана: эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* Moench), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare*), котовник лимонный (*Nepeta cataria*), адонис летний (*Adonis aestivialis*), девясил высокий (*Inula helénium*). Также был выбран тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*), так как в настоящее время его ареал значительно сокращается.

Полевые исследовательские работы проводились по двум направлениям: с внесением в весенний период азотных удобрений в почву (опыт) и без них (контроль). Повторность вариантов трехкратная, площадь учетной делянки составила 20 м² с равномерным размещением.

Энергия прорастания и лабораторная всхожесть определялась в соответствии с ГОСТ 12038-84.

Посев семян лекарственных трав на плантации осуществлялся вручную в ряды с шириной междурядий до 40 см. Норма высева, глубина заделки семян и срок посева на участке выбирались исходя из рекомендаций [7, 9]. Удобрения вносились перед посевом семян, затем почва перемешивалась. Полевая всхожесть определялась в момент появления первых и массовых всходов. Измерялись биометрические показатели растений: высота растущих лекарственных трав, длина стебля и корня у выкопанных растений, длина листьев. Замеры длины надземной части проводились у выкопанных растений от шейки корня до вершины стебля. Высота растений измерялась от поверхности почвы до вершины стебля. Также определялись количественные показатели – масса сухого и сырого сырья, влажность, массовая доля влаги и урожайность растений. Для оценки урожайности на учетной площадке размером 1 x 1 м была собрана вся фитомасса лекарственных растений, зеленая масса взвешивалась на лабораторных весах с точностью ± 5 г.

Вегетационный период 2021 года был не совсем благоприятным по погодным условиям, когда в момент активного роста лекарственных трав количество осадков было минимальным при повышенных показателях температуры воздуха.

Почвы на плантации – типичный чернозем, сформировавшийся на лессовидных суглинках. Анализ показал, что в среднем содержание подвижного фосфора на участке соответствует очень высокому содержанию

элемента 362-398 мг/кг. Обеспеченность подвижным калием по Мачигину характеризовалась как средняя и повышенная и изменялась в пределах 231-237 мг/кг. Почвы оценивались как высокогумусные, присутствие гумуса в среднем составляло 12,1 – 13,6%. Наблюдалась острая нехватка легкогидролизуемого азота в почве, содержание которого было низким (32-34 мг/кг).

Результаты исследований и обсуждение

Перед посевом семена лекарственных растений были проверены на лабораторную всхожесть. Наибольшим показателем отличались семена эхинацеи пурпурной (87%) и девясила высокого (85%), причем энергия прорастания семян этих растений практически не различалась. Семена тимьяна ползучего равномерно прорастали по дням наблюдений, энергия прорастания имела значение около 50%, но лабораторная всхожесть изменилась незначительно и составила 65%. Семена адониса летнего начали прорастать массово только на 7-й день наблюдений, до этого число проросших семян было минимальным. Наименьшей лабораторной всхожестью и энергией прорастания отличались семена котовника лимонного и шалфея лекарственного, причем массовые всходы появились на 5-й день.

Семена всех изучаемых трав на участке были высеяны 10 мая 2021 года. Первые всходы появились в начале лета, 1 июня, у девясила высокого, душицы обыкновенной и эхинацеи пурпурной. Массовые всходы практически у всех трав наблюдались уже 9 июня. Далее, в период с 22 июля по 25 сентября, наблюдения проводились за приживаемостью растений (таблица 1).

Наибольшей полевой всхожестью отличались посеvy душицы обыкновенной в опыте с применением удобрений – 98,8% и на контроле – 78,5%. Также в этот период можно отметить высокую полевую всхожесть семян тимьяна ползучего (соответственно 98,7 и 36,7%). Семена девясила высокого и эхинацеи пурпурной имели несколько меньшую всхожесть по сравнению с вышеназванными растениями. Наименьший показатель наблюдался у шалфея лекарственного, у которого возшло только 8% семян, причем применение удобрений не сыграло большой роли в увеличении показателя. Массовая всхожесть семян адониса летнего началась гораздо позже всех растений – в середине июля, и она была небольшой – соответственно 28,5 и 18,0%. Следует отметить, что использование удобрений повлияло на повышение полевой всхожести семян всех растений.

Таблица 1.

Полевая всхожесть семян и приживаемость лекарственных растений

Наименование растения	Количество всходов и растений, %, по датам наблюдений							
	9 июня		22 июля		25 августа		25 сентября	
	наименование							
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Адонис летний	8,5	7,0	28,5	18,0	28,5	18,0	28,5	18,0
Эхинацея пурпурная	60,3	54,3	26,3	22,7	26,3	21,7	26,3	21,7
Девясил высокий	79,0	44,3	21,7	20,7	21,3	20,7	21,3	20,7
Душица обыкновенная	98,8	78,5	26,0	10,5	26,0	10,5	26,0	10,5
Шалфей лекарственный	8,0	7,5	7,5	7,0	7,5	7,0	7,5	7,0
Тимьян ползучий	98,7	36,7	9,3	7,0	9,3	7,0	9,3	7,0
Котовник лимонный	21,3	19,6	21,3	19,4	21,1	19,4	21,1	19,4

Уже через месяц начался отпад растений, причем наиболее сильный отпад наблюдался у тимьяна ползучего (90,5% на опыте и 80,9% на контроле). Примерно на 70% снизилась приживаемость девясила высокого и душицы обыкновенной в опыте и на контроле, приживаемость эхинацеи пурпурной – на 50% (рисунок 1). Приживаемость шалфея лекарственного уменьшилась незначительно – около 6%, но и всхожесть семян была очень невысокой. У двух лекарственных растений – эхинацеи и душицы – отпад растений на контроле был больше, чем в опыте с удобрениями. В дальнейшем только у девясила высокого и котовника лимонного наблюдалась незначительная гибель растений (1,0-1,5%), остальные растения полностью сохранились.

В конце сентября 2021 годы была проведена инвентаризация посевов лекарственных трав. Биометрические показатели сведены в таблицу 3, из которой видно, что внесение удобрений положительно повлияло на рост тимьяна ползучего, котовника лимонного и адониса летнего, у которых длина надземной части была больше на опытном участке. У остальных растений данный показатель в опыте с внесенными удобрениями был меньше, чем на контрольном участке.

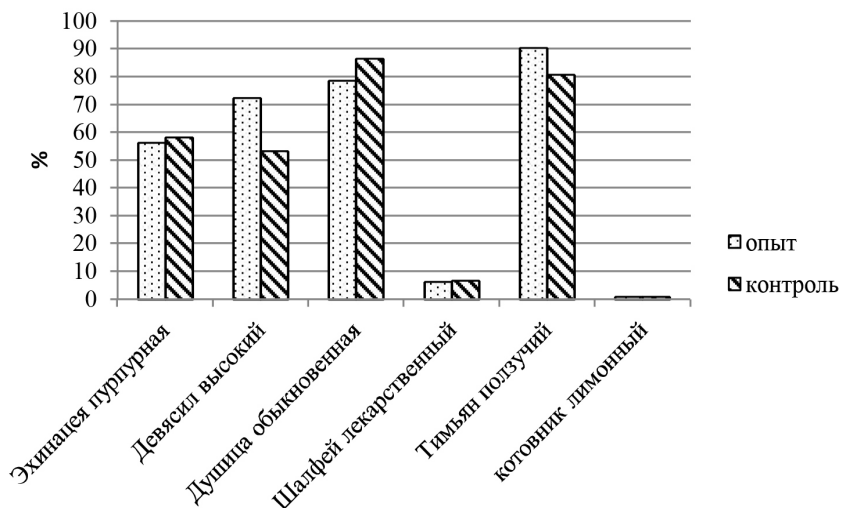


Рис. 1. Отпад посевов лекарственных растений на плантации

Таблица 2.

Биометрические показатели лекарственных растений, выращенных посевом

№ варианта	Наименование	Длина, см					
		надземной части		подземной части		листа	
		X±m, см	V, %	X±m, см	V, %	X±m, см	V, %
опыт	Тимьян ползучий	23,75±1,2	20,8	12,3±2,1	26,5	-	-
контроль		18,5±1,4	33,1	10,4±1,8	24,5	-	-
опыт	Эхиноцея пурпурная	16,5±0,5	13,3	15,9±0,9	28,0	8,4±0,7	36,3
контроль		18,15±0,8	19,9	14,7±1,2	37,9	9,7±0,6	27,5
опыт	Девясил высокий	32,8±1,3	44,0	23,9±0,7	14,3	23,7±0,8	15,9
контроль		28,3±0,7	15,6	24,3±0,8	15,2	25,7±0,9	15,9
опыт	Душица обыкновенная	40,6±2,0	21,7	23,2±1,1	21,1	1,3±0,8	48,9
контроль		34,5±1,94	25,2	18,4±1,1	26,4	1,1±0,2	59,2
опыт	Шалфей лекарственный	24,8±0,8	10,0	26,5±1,3	16,0	10,1±2,0	63,9
контроль		24,6±0,9	11,8	19,3±0,8	14,2	7,8±0,5	22,4
опыт	Котовник лимонный	61,0±6,3	34,6	28,5±1,6	18,5	4,7±0,2	17,2
контроль		58,3±5,2	33,2	25,8±1,7	16,3	4,6±0,3	18,5
опыт	Адонис летний	54,5±1,1	19,2	14,2±1,8	15,3	-	-
контроль		46,8±2,2	23,2	15,3±0,9	14,2	-	-

Очень важным признаком оптимальной агротехники является выход сухого лекарственного сырья. В таблице 3 приведена масса подземной и надземной частей растений. Адонис летний по массе надземной части превосходил все остальные лекарственные травы, что соответствует биологическим особенностям растения. Может возникнуть вопрос, почему надземная масса девясила высокого значительно отстает от аналогичного показателя адониса летнего, т.к. по энергии роста девясил должен значительно превосходить адонис. Исследования проводятся первый год и посеvy и посадки девясила имеют однолетний возраст и еще не достигли высоты взрослого растения.

Таблица 3.

Масса подземной и надземной частей лекарственных растений

Наименование опыта	Наименование	Сырая масса одного растения, г.					Сухая масса одного растения, г.				
		надземная часть		подземная часть		всего	надземная часть		подземная часть		всего
		X±m	V, %	X±m	V, %		X±m	V, %	X±m	V, %	
опыт	Эхинацея	2,01±0,20	44,5	0,55±0,08	68,1	2,55	1,13±0,10	42,9	0,42±0,05	59,3	1,55
контроль	пурпурная	3,42±0,60	73,7	0,75±0,10	64,5	4,15	1,64±0,23	63,7	0,47±0,06	60,2	2,11
опыт	Девясил высокий	3,54±0,21	44,4	24,41±2,30	41,5	27,90	1,18±0,08	46,2	11,20±0,9	0,94	12,38
контроль		4,62±0,31	38,3	26,52±2,30	38,5	31,10	1,36±0,09	43,1	14,20±1,50	47,2	15,56
опыт	Душица обыкновенная	3,20±0,70	100,7	0,75±0,17	57,4	3,95	1,63±0,35	98,4	0,58±0,13	96,8	2,21
контроль		2,05±0,24	58,0	0,41±0,05	64,8	2,41	1,36±0,72	81,4	0,32±0,03	51,8	2,28
опыт	Шалфей лекарственный	2,52±3,60	42,3	0,62±0,61	28,9	34,10	1,42±0,40	36,8	0,42±0,23	23,5	15,62
контроль		2,32±4,91	73,9	0,54±1,12	87,4	26,41	1,24±0,71	54,6	0,35±0,46	72,0	12,35
опыт	Котовник лимонный	172,84±2,11	57,9	27,92±4,83	57,8	200,72	58,82±3,34	55,6	10,14±1,73	56,6	68,96
контроль		162,21±2,21	56,3	22,13±4,14	51,2	184,33	54,42±2,31	57,3	8,53±1,80	58,3	65,95
опыт	Тимьян ползучий	0,89±1,3	48,6	0,20±2,5	52,4	1,09	0,21±0,1	43,4	0,10±0,2	48,2	0,31
контроль		0,71±1,4	42,1	0,15±1,3	55,3	0,86	0,18±0,1	46,7	0,08±0,4	56,1	0,26
опыт	Адонис летний	21,1±1,2	45,2	7,3±1,2	42,8	28,4	10,01±0,2	26,6	2,8±0,5	46,9	12,81
контроль		18,5±1,5	43,1	5,5±2,4	46,9	24,0	8,2±0,4	28,3	1,9±0,7	45,9	10,1

Так же, как и по высоте, масса надземной части у шалфея лекарственного, душицы обыкновенной, тимьяна ползучего, адониса летнего и котовника лимонного в опыте с использованием удобрений на 12,6 – 18,0% превышала аналогичный показатель на контрольном участке. У остальных

растений применение удобрений тормозило наращивание надземной массы. У шалфея лекарственного, душицы обыкновенной, тимьяна ползучего, адониса летнего и котовника лимонного масса подземной части имела превышение в опыте на 16,6 – 44,8% по сравнению с контролем.

В таблице 4 приведены основные количественные показатели лекарственных трав, из которой видно, что урожайность лекарственных растений во многом зависит от биологических особенностей и энергии роста растений. Так, урожайность котовника лимонного составила 691,2 г/м² в опыте и 678,8 г/м² – на контроле. Кроме того, положительно повлияло внесение удобрений на душицу обыкновенную, шалфей лекарственный, тимьян ползучий и адонис летний. Превышение урожайности в опыте колебалось от 1,7% у котовника лимонного до 35,8% у душицы обыкновенной. Урожайность эхинацеи пурпурной с применением удобрений была значительно ниже, чем на контроле. Большое количество влаги присутствовало у растений, произрастающих без использования удобрений, влажность зеленой массы соответствовала требованиям.

Таблица 4.

Основные количественные показатели лекарственных трав

Наименование травы	Массовая доля влаги, %		Влажность, %		Урожайность зеленого сырья, г/м ²	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
эхинацея пурпурная	43,8	52,1	8,3	8,2	42,2	71,8
девясил высокий	66,7	70,6	8,2	8,3	-	-
душица обыкновенная	49,06	33,6	5,6	5,8	67,2	43,1
шалфей лекарственный	43,6	46,5	4,8	5,1	52,9	48,7
котовник лимонный	65,9	66,5	8,6	8,2	691,2	678,8
тимьян ползучий	76,4	74,6	3,5	3,1	18,7	14,9
адонис летний	52,6	55,7	4,2	4,6	443,1	388,5

Выводы

Использование удобрений увеличило количество всходов у всех изученных растений на 6,3 – 62,8% по сравнению с контролем. Через месяц после появления массовых всходов произошел сильный отпад растений на опытном и контрольном участке, особенно тимьяна ползучего (90,5 и 80,9% соответственно). Внесение удобрений благоприятно повлияло на сохранность эхинацеи пурпурной, душицы обыкновенной и шалфея лекарственного. Остальные растения лучше сохранились на контроле.

На ускорение роста растений в высоту внесение удобрений повлияло у тимьяна ползучего, котовника лимонного и адониса летнего. У остальных растений данный показатель в опыте был меньше, чем на контроле. Абсолютно сухая масса надземной части одного растения у шалфея лекарственно, душицы обыкновенной, тимьяна ползучего, адониса летнего и котовника лимонного на 12,6 – 18,0% и подземной части на 16,6 – 44,8% в опыте с использованием удобрений превышала аналогичный показатель на контроле. У остальных растений применение удобрений тормозило наращивание надземной массы.

Урожайность котовника лимонного, душицы обыкновенной, шалфея лекарственного, тимьяна ползучего и адониса летнего на опытном участке была больше на 1,7-35,8, чем на контроле.

Следовательно, использование азотных удобрений на биометрические показатели и урожайность лекарственных трав влияет не всегда положительно, эхинацею пурпурную и девясил высокий лучше выращивать без внесения ростовых веществ.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Данное исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (No. BR10263776)

Acknowledgments. This research is funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (No. BR10263776)

Список литературы

1. Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Морозов А.И. Регуляторы роста растений в технологиях защиты лекарственных культур // Защита и карантин растений. 2011. № 9. С. 31-33.
2. Влияние различных приемов возделывания лекарственных трав на элементы урожайности и качество лекарственного сырья / Витязь С.Н., Ракина М.С., Позднякова О.Г., Казакова М.А. // Достижение науки и техники АПК. 2019. № 12. С. 60-64. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11212>
3. Карачевская Е.В. Экономическая эффективность выращивания лекарственных трав в условиях экономики Республики Беларусь // Экономика и парадигма нового времени. 2019. № 3. С 12-17.

4. Козко А. А., Цицилин А. Н. Перспективы и проблемы возрождения лекарственного растениеводства в России // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. Том 146. С. 18-25.
5. Масляков В.Ю. Научно-организационный опыт исследований лекарственных растений во всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений // Полевой журнал биолога. 2019. Т. 1. № 3. С 150-157.
6. Оценка ресурсов лекарственных растений в лесах казахстанской части Алтая и их экологическое состояние / Айдарханова Г.С., Новак А.П., Имашева Б.С., Ташев А. // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». № 3 (95). 2019. С. 72-79.
7. Рекомендации по агротехнике возделывания лекарственных растений. Минск: ЦБС НАН БССР, 1989. С. 22.
8. Смирнова Ю.А. Лекарственные растения и сырье традиционной китайской медицины // Рефлексотерапия и комплементарная медицина. 2013. № 3 (5). С. 3-13. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2020-11009>
9. Терехин А.А., Вандышев В.В. Технология возделывания лекарственных растений: учебное пособие. М.: РУДН, 2008. 201 с.
10. El-Hennawy HM. Medicinal, aromatic and toxic plants in Arab countries // FAO Document Repository, 2018, no. 7(2), pp. 2116-2119.
11. Kazimierczak R., Hallmanna E., Rembiałkowska E. Effects of organic and conventional production systems on the content of bioactive substances in four species of medicinal plants // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 2012. Vol. 75. P. 133-144. <https://doi.org/10.2478/v10032-011-0025-3>
12. Malik R. Cultivation of medicinal and aromatic crops as means of diversification of agriculture in India // Karnataka Journal of Agricultural. 2014. No. 27(1). P. 20-25.
13. Rates S.M.K. Plants as source of drugs // Toxicon. 2001. No. 39. P. 603–613. [https://doi.org/10.1016/s0041-0101\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/s0041-0101(00)00154-9)
14. Rekha B., Hanumanthappa M., Veeranna HK, Shashikala K., Gajendra K. Organic fertilizer management in cultivation of medicinal and aromatic crops: a review // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. No. 3. P. 126-129. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3S/PartC/SP-7-3-31-288.pdf>
15. Sharma T., Kaur A., Saajan S., Thakur R. Effect of nitrogen on growth and yield of medicinal plants: A review paper // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. 2020. Vol. 07. No. 7. P. 2771-2776. https://ejmcm.com/article_4981.html

16. Shi-Lin Chen, Hua Yu, Hong-Mei Luo, Qiong Wu, Chun-Fang Li, André Steinmetz. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects // *Chinese Medicine*. 2016. No. 11. P. 2771-2776. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>
17. Sodavadiya HB. Role of Organi Nagar RK, Pandey SBS, Amol Vasishth, Chauhan PS, Ranawat JS. Economics of Aloe barbadensis cultivation Suitable for South East region of Rajasthan // *The Innovation Journal*. 2017. No. 6(9). P. 303-305. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2017/vol6issue9/PartE/6-9-35-507.pdf>
18. Tariyal Y., Ansari S., Prasad P. Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants: a Review // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2021. Vol. 17. No. 1. P. 129-133 http://www.jspb.ru/issues/2021/N1/JSPB_2021_1_129-133.pdf
19. Timmermann L., Smith-Hall C. Commercial medicinal plant collection is transforming high-altitude livelihoods in the Himalayas // *Mountain Research and Development*. 2019. Vol. 39, No. 3. P. 13-21. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-18-00103.1>
20. Waidyanatha, S. et al. *A strategy for test article selection and phytochemical characterization of Echinacea purpurea extract for safety testing* // *Food and Chemical Toxicology*. 2020. No. 11. P. 525–602. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111125>

References

1. Bushkovskaya L.M., Pushkina G.P., Morozov A.I. Regulatory rosta rasteniy v tekhnologiyakh zashchity lekarstvennykh kul'tur [Plant growth regulators in technologies of protection of medicinal crops]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants], 2011, no. 9, pp. 31-33.
2. Vityaz' S.N., Rakina M.S., Pozdnyakova O.G., Kazakova M.A. Vliyanie razlichnykh priemov vozdeleyvaniya lekarstvennykh trav na elementy urozhaynosti i kachestvo lekarstvennogo syr'ya [The influence of various methods of cultivation of medicinal herbs on the elements of yield and quality of medicinal raw materials]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK* [Achievement of science and technology of agriculture], 2019, no. 12, pp. 60-64. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11212>
3. Karachevskaya E.V. Ekonomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya lekarstvennykh trav v usloviyakh ekonomiki Respubliki Belarus' [Economic efficiency of growing medicinal herbs in the conditions of the economy of the Republic of Belarus]. *Ekonomika i paradigma novogo vremeni* [Economics and the paradigm of modern times], 2019, no. 3, pp. 12-17.

4. Kozko A. A., Tsitsilin A. N. Perspektivy i problemy vozrozhdeniya lekarstvennogo rastenievodstva v Rossii [Prospects and problems of the revival of medicinal plant growing in Russia]. *Sbornik nauchnykh trudov GNBS* [Collection of scientific papers of the GNBS], 2018, no. 146, pp. 18-25.
5. Maslyakov V.Yu. Scientific and organizational experience in research of medicinal plants in all-russian research institute of medicinal and aromatic plants. *Polevoj zhurnal biologa* [Biologist Field Journal], 2019, vol. 1, no. 3, pp. 150-157.
6. Aydarkhanova G.S., Novak A.P., Imasheva B.S., Tashev A. Otsenka resursov lekarstvennykh rasteniy v lesakh kazakhstanskoy chasti Altaya i ikh ekologicheskoe sostoyanie [Assessment of medicinal plant resources in the forests of the Kazakh part of Altai and their ecological state]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Meditsina. Geografiya»* [Bulletin of Karaganda University. The series “Biology. Medicine. Geography”], 2019, no. 3 (95), pp. 72-79.
7. *Rekomendatsii po agrotekhnike vzdelyvaniya lekarstvennykh rasteniy* [Recommendations on agrotechnics of cultivation of medicinal plants]. Minsk: CBS NAS of the BSSR, 1989, pp. 22.
8. Smirnova Yu.A. Lekarstvennye rasteniya i syr'e traditsionnoy kitayskoy meditsiny [Medicinal plants and raw materials of traditional Chinese medicine]. *Refleksoterapiya i komplementarnaya meditsina* [Reflexology and complementary medicine], 2013, no. 3 (5), pp. 3-13. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2020-11009>
9. Terekhin A.A., Vandyshev V.V. *Tekhnologiya vzdelyvaniya lekarstvennykh rasteniy: uchebnoe posobie* [Technology of cultivation of medicinal plants: textbook]. M.: RUDN, 2008, 201 p.
10. El-Hennawy HM. Medicinal, aromatic and toxic plants in Arab countries. *FAO Document Repository*, 2018, no. 7(2), pp. 2116-2119.
11. Kazimierzczak R., Hallmanna E., Rembialkowska E. Effects of organic and conventional production systems on the content of bioactive substances in four species of medicinal plants. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2012. vol. 75, pp. 133-144. <https://doi.org/10.2478/v10032-011-0025-3>
12. Malik R. Cultivation of medicinal and aromatic crops as means of diversification of agriculture in India. *Karnataka Journal of Agricultural*, 2014, no. 27(1), pp. 20-25.
13. Rates S.M.K. Plants as source of drugs. *Toxicon*, 2001, no. 39, pp. 603–613. [https://doi.org/10.1016/s0041-0101\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/s0041-0101(00)00154-9)
14. Rekha B., Hanumanthappa M., Veeranna HK, Shashikala K., Gajendra K. Organic fertilizer management in cultivation of medicinal and aromatic crops: a

- review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2018, no. 3, pp. 126-129. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3S/PartC/SP-7-3-31-288.pdf>
15. Sharma T., Kaur A., Saajan S., Thakur R. Effect of nitrogen on growth and yield of medicinal plants: A review paper. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 2020, vol. 07, no. 7, pp. 2771-2776. https://ejmcm.com/article_4981.html
 16. Shi-Lin Chen, Hua Yu, Hong-Mei Luo, Qiong Wu, Chun-Fang Li, André Steinmetz. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 2016, no. 11, pp. 2771-2776. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>
 17. Sodavadiya HB. Role of Organi Nagar RK, Pandey SBS, Amol Vasisht, Chauhan PS, Ranawat JS. Economics of Aloe barbadensis cultivation Suitable for South East region of Rajasthan. *The Innovation Journal*, 2017, vol. 6(9), pp. 303-305. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2017/vol6issue9/PartE/6-9-35-507.pdf>
 18. Tariyal Y., Ansari S., Prasad P. Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants: a Review. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 2021, vol. 17, no. 1, pp. 129-133. http://www.jspb.ru/issues/2021/N1/JSPB_2021_1_129-133.pdf
 19. Timmermann L., Smith-Hall C. Commercial medicinal plant collection is transforming high-altitude livelihoods in the Himalayas. *Mountain Research and Development* 39, 2019, no. 3, pp. 13-21. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-18-00103.1>
 20. Waidyanatha, S. et al. A strategy for test article selection and phytochemical characterization of *Echinacea purpurea* extract for safety testing. *Food and Chemical Toxicology*. 2020, no. 11, pp. 525–602 <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111125>

ВКЛАД АВТОРОВ

Кабанова С.А.: общая концепция исследования, анализ полученных данных, написание текста.

Данченко М.А.: редактирование рукописи статьи, подготовка материалов к печати, анализ полученных данных.

Кабанов А.Н.: сбор материалов, статистическая обработка данных.

Кочегаров И.С.: сбор материалов; подготовка материалов к печати.

Скотт С.А.: планирование исследования, написание текста.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Svetlana A. Kabanova: conceptualization, analysis of the data obtained, writing the text.

Matvei A. Danchenko: pre-publication review & editing, preparation of materials for printing, analysis of the data obtained.

Andrej N. Kabanov: collection of materials, formal analysis.

Igor S. Kochegarov: formal analysis, preparation of materials for printing.

Sabina A. Scott: research planning, text writing.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Кабанова Светлана Анатольевна, заведующая отделом воспроизводства лесов и лесоразведения, кандидат биологических наук, ассоц. профессор

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации

ул. Кирова, 58, г. Щучинск, 021700, Республика Казахстан

kabanova.05@mail.ru

Данченко Матвей Анатольевич, доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, кандидат географических наук, доцент

Национальный исследовательский Томский государственный университет

ул. Ленина, 36, г. Томск, 634050, Российская Федерация

mtid2005@sibmail.com

Кабанов Андрей Николаевич, научный сотрудник

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации

ул. Кирова, 58, г. Щучинск, 021700, Республика Казахстан

Кочегаров Игорь Сергеевич, младший научный сотрудник

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации

ул. Кирова, 58, г. Щучинск, 021700, Республика Казахстан

Скотт Сабина Артуровна, адъюнкт-профессор

Колледж Колумбус Стейт Коммьюнити

Колумбус, США

sabina.a.scott@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana A. Kabanova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of Department

*Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry
58, Kirov Str., Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan
kabanova.05@mail.ru
ORCID 0000-0002-3117-7381
SPIN-code: 3897-4757*

Matvei A. Danchenko, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor

*National Research Tomsk State University
36, Lenin Str., Tomsk, 634050, Russian Federation
mtd2005@sibmail.com
ORCID: 0000-0002-5974-9556
SPIN-code: 8209-8687*

Andrej N. Kabanov, Research Scientist

*Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry
58, Kirov Str., Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan
kabanova.05@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5479-3689
SPIN-code: 9628-4453*

Igor S. Kochegarov, Research Fellow

*Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry
58, Kirov Str., Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan
kabanova.05@mail.ru
ORCID 0000-0003-1185-5218
SPIN-code: 8313-4687*

Sabina A. Scott, Adjunct Professor

*Columbus State Community College
Columbus, USA
sabina.a.scott@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2029-8938*

Поступила 01.12.2021

После рецензирования 08.12.2021

Принята 15.12.2021

Received 01.12.2021

Revised 08.12.2021

Accepted 15.12.2021

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-105-118**UDC 631.147**

CIRCULAR ECONOMY AND AGRICULTURAL SECTOR: POINTS OF CONTACT AND PROSPECTS OF SYMBIOSIS

D.K. Suchkov, G.D. Gogolev, N.K. Gavrilyeva, A.V. Grigoriev

The relevance of the research topic is determined by the fact that in the modern agricultural sector in general the development of economic relations is carried out on a linear principle across countries, the motto of which is the triad “get-recycle-utilize”. However, in modern conditions, the most relevant is the organization of economic relations in the agricultural sector based on the principle of sustainable use of all components of renewable resources, in this regard, innovative business models are needed that determine how to process what is currently considered waste.

The problem of the study lies in the fact that during the transition of agricultural enterprises to relationships within a circular economy, it is necessary to take into account certain factors that determine both success and risk. This should include technical, logistical, economic, financial and marketing, organizational and spatial, institutional and legal, environmental, social and cultural factors. At the same time, the specific factors for the agricultural sector are innovative conversion technologies, flexible internal and external logistics, joint investments in R&D, price competitiveness, etc.

The purpose of the study is to consider the points of contact and prospects for the symbiosis of the circular economy and the agricultural sector.

In the analysis of the material, comparative research methods were used, the consideration of the research topic was carried out on the basis of an analysis of sources and publications covering the main conceptual foundations of the development of the circular economy and the agro-industrial complex.

The authors concluded that while several success factors are also crucial for closed-loop business models in general, some of them are very specific to those evaluating agricultural waste and by-products.

Keywords: *circular economy; agro-industrial complex; innovative technologies; closed cycle; waste management*

For citation. *Suchkov D.K., Gogolev G.D., Gavrilyeva N.K., Grigoriev A.V. Circular Economy and Agricultural Sector: Points of Contact and Prospects of Symbiosis. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 105-118. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-105-118*

ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ СЕКТОР: ТОЧКИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СИМБИОЗА

Д.К. Сучков, Г.Д. Гоголев, Н.К. Гаврильева, А.В. Григорьев

Актуальность темы исследования определена тем, что в современном сельскохозяйственном секторе развитие экономических отношений в целом по странам осуществляется по линейному принципу, девизом которого выступает триада «получить-переработать-утилизировать». Однако в современных условиях наиболее актуальным выступает организация экономических отношений в секторе АПК на основе принципа устойчивого использования всех составляющих возобновляемых ресурсов, в этой связи необходимы инновационные бизнес-модели, определяющие способы переработки того, что в настоящее время считается отходами.

Проблема исследования заключена в том, что при переходе сельскохозяйственных предприятий к отношениям в рамках циркулярной экономики необходим учет определенных факторов, определяющих, как успех, так и риск. Сюда следует отнести технические, логистические, экономические, финансовые и маркетинговые, организационные и пространственные, институциональные и правовые, экологические, социальные и культурные факторы. При этом, специфическими факторами для сельскохозяйственного сектора являются инновационные конверсионные технологии, гибкая внутренняя и внешняя логистика, совместные инвестиции в НИОКР, ценовая конкурентоспособность и пр.

Цель исследования – рассмотреть точки соприкосновения и перспективы симбиоза циркулярной экономики и сельскохозяйственного сектора.

При анализе материала применялся сравнительный и сопоставительный методы исследования, рассмотрение темы исследования было проведено на основе анализа источников и публикаций, освещающих основные концептуальные основы развития циркулярной экономики и АПК.

Авторы пришли к выводу, что хотя несколько факторов успеха также имеют решающее значение для бизнес-моделей замкнутого цикла в целом, некоторые из них очень специфичны для тех, кто оценивает сельскохозяйственные отходы и побочные продукты.

Ключевые слова: *циркулярная экономика; АПК; инновационные технологии; замкнутый цикл; управление отходами*

Для цитирования. Сучков Д.К., Гоголев Г.Д., Гаврильева Н.К., Григорьев А.В. Циркулярная экономика и сельскохозяйственный сектор: точки соприкосновения и перспективы симбиоза // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 6. С. 105-118. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-105-118

Introduction

Concerns about the limitations of economic growth and the efficient use of all natural resources have arisen for a long time, in connection with which leading scientists around the world have actively begun to call for new approaches to environmental resource management. The closed-cycle economy is currently coming to the fore among such management methods. From the point of view of a closed-loop economy, the continuous flow of technical and biological materials in the circle of values increases, and waste is preferably avoided, reduced, reused and estimated or completely recycled [1].

Various action plans have been implemented all over the world (one can mention the PRC Law on the Development of Circular Economy (2008), the EU Action Plan in the Field of Circular Economy (2019), etc.), tools have been developed to support the implementation of the concept in the form of taxes or financial subsidies. A variety of strategies have been developed for different parts of the value chain. However, circular economy as a new concept was rather used as a general term. It should also be noted that the relationship between sustainability, bioeconomy and closed-loop economics has not yet received due attention from the scientific community, despite its relevance in modern conditions.

The realization of a circular economy requires major social changes and reforms of the entire economic system, including production and consumer activities. Firms can become key participants in the transition period if they change their production methods.

For several years, more and more research attention has been paid to sustainable or closed business models aimed at increasing economic growth while minimizing the negative impact on the environment and society. These “new business models” create multiple and common value, that is, not only economic, but also environmental and social [2]. Cyclic business models solve the question of how to create, deliver and fix value with and within closed material cycles, for example, by slowing down, closing and narrowing resource cycles.

Representatives of the agricultural sector are particularly interested in implementing the ideology of a circular economy, since the current habits of food production and consumption are unstable. Every year, about 88 million tons of food

and 700 million tons of agricultural crops are thrown out in the world. For this reason, the closed production cycle in the agricultural sector is highly relevant.

Materials and methods

In the analysis of the material, comparative research methods were used, the consideration of the research topic was carried out on the basis of an analysis of sources and publications covering the main conceptual foundations of the development of the circular economy and the agro-industrial complex.

Results

Definitions of food losses and food waste are determined by different specialists in different ways. According to the Food and Agricultural Organization and the Economic Research Service of the US Department of Agriculture, food losses and waste refer to a decrease in edible food mass.

However, agricultural waste and by-products are usually defined as the remains of plants or animals that are not processed (or not processed further) into food or feed. They are non-food products of agricultural production and processing and include animal waste (manure, animal carcasses), food industry waste, crop waste (for example, corn stalks, drops and discards of fruits and vegetables) and hazardous or even toxic waste [3].

Agricultural waste and by-products often create an environmental and economic burden in the agriculture and primary processing sectors, which can be reinforced by regional specialization in either crop production or animal husbandry. For example, a high concentration of manure leads to “bacterial contamination, high greenhouse gas emissions, and high levels of organic matter and nutrients (e.g. nitrogen).”

However, agricultural waste and by-products can be turned into valuable resources by means of intensified processes of recycling, which leads to the emergence of new value-added products, such as bioenergy, biofertilizers, biomaterials and biomolecules, depending on the volume of biomass [4].

Conversion of residues is crucial to support the separation of economic growth and human well-being from the use of primary resources, as well as to prevent the burden on the earth causing adverse effects on biodiversity and endangering global food security.

However, the cost-effective use of waste is a very complex and interdisciplinary problem that requires knowledge of materials, technologies, the market and socio-economic issues related to additional value enhancement. Although the problems and opportunities of increasing the value of agricultural waste

and by-products were often approached from a technological point of view, for example, using anaerobic digestion, bio-processing or biocatalysis, the socio-economic side was practically ignored.

Research on agricultural waste has been conducted for more than 60 years, mainly in the USA, India and China, but also in Latin America (Brazil and Mexico), as well as in Chile, Colombia, Peru, Trinidad and Tobago and other countries), as well as in Europe with a special focus on the capture and processing of nutrients in the production fields themselves [5].

Spatial clustering of various enterprises is considered as one of the appropriate ways to make possible the estimation of the cost of biomass. Eco-industrial parks have attracted attention thanks to the cooperation between companies aimed at optimizing resource efficiency, which is more often called industrial symbiosis.

Most eco-industrial parks belong to the petrochemical, chemical or belong to different industries; but there are also projects and studies in various regions of the world that focus on cross-estimating the cost of agricultural by-products. Efforts in Research and Technological Development, business modeling, and framework conditions are needed to ensure the complete conversion of all the fresh weight of the harvested crop (food plus agricultural waste) into food and feed, bioenergy and biological products in order to increase the potential of agricultural biomass without affecting land use and plant productivity. Moreover, there is a need to raise awareness of value-enhancing and marketing opportunities in alternative sectors, and there is also a need to encourage consumer acceptance of reusable or products made from waste. For efficient use of agricultural waste and by-products, innovative modernization technologies should be linked to new business models and marketing strategies.

Discussion

A business model is a conceptual tool that allows you to understand how a company does business. It describes the logic of the firm, how it works, and creates value for stakeholders. The literature presents a business model consisting of nine building blocks related to the main business elements [6]:

- 1) value creation (key activities, resources, partners);
- 2) value proposition and delivery (products and services offered to specific customer segments through customer relationships and sales channels);
- 3) obtaining value (cost structure and revenue of the company). This model offers a useful approach to understand and analyze the details of an organization's current business model, as well as to support its innovation process throughout the value chain in order to generate value.

A circular business model can be considered as a subcategory of business models. However, unlike the classical business model, it is mainly aimed not at economic indicators, but rather at the efficient use of resources while maintaining good financial health and, consequently, the long-term viability of the firm.

A common characteristic of all closed-loop business models is the reduction of energy, water and materials consumption, as well as the recycling or reassessment of waste generated in the business. This requires reorganization processes and new strategies, which may consist in slowing down, closing or narrowing resource cycles. The researchers emphasize the collaborative nature of circular business models that require collaboration, communication and coordination with a wide range of participants and stakeholders. Consequently, closed-loop business models are associated with sustainable business models, since they are aimed at creating economic and environmental and, to a lesser extent, social value, assume the presence of multiple stakeholders and have a long-term perspective [7].

Also, various studies have examined the critical success or risk factors of closed business models. The factors that allow or hinder innovation in sustainable business models in other sectors are also presented. In particular, one group of researchers, using institutional theory and a systematic approach to innovation, identified three types of external barriers to innovation of sustainable business models: regulatory, market and financial barriers, along with behavioral and social barriers. They criticized the fact that research on innovative business models usually focuses on the internal activities of the firm, although the institutional environment can have an important impact on this activity.

Also, some authors identified obstacles in the implementation of business models. For example, consumers' rejection of products created on the basis of waste, the lack of willingness of businesses to invest in uncertain and risky environmental innovations, the lack of an industry legal framework, etc.

Another group of authors focuses on the internal factors of a firm's success and therefore uses a change management approach. They have shown that the key success factors for the transition to sustainability business models are collaboration, continuous innovation, clear description and vision, profitability, commitment to sustainability and external events such as consumer trends or food crises. In addition, researchers have identified factors that promote and hinder circular SMEs, including lack of support from the supply and demand network, insufficient capital for investment, and sometimes lack of government support, technical know-how or administrative burden [8].

In the literature, the barriers of four different closed-loop business models based on the 4R concept of "reduction, reuse, recovery, recycling" have been

compared. Internal obstacles were the lack of knowledge and technology, organizational and financial structures, and external obstacles were related to the supply chain, markets and institutions (for example, policies, standards). In addition, the structure of drivers and barriers for circular economy enterprises in various industries was developed and seven main categories were proposed: environmental, economic, social, institutional, technological and information, supply chains and organizational [9].

In general, there is a wide variety and complementarity of initiatives that increase the value of agricultural waste and by-products.

The main goals of different enterprises differ. While some initiatives are aimed at directly and locally adding value to agricultural by-products through anaerobic digestion processes, others are aiming for a more diversified application of bio-processing plants for agri-food and other industries.

There is also a wide range of assessed agricultural waste and by-products, such as pig, horse or chicken manure, various fruit and vegetable residues, wood chips, olive oilcake, sugar beet and wheat by-products, slaughterhouse waste. In addition, the processes and technologies of value enhancement vary, ranging, for example, from natural transformation with the help of fly-larvae or composting, traditional distilleries, anaerobic digestion to highly specialized and patented technological processes. Enterprises also are targeted at various markets, including, for example, agriculture, chemicals, cosmetics and pharmaceuticals, energy, construction, transport, textiles or (packaging) materials sectors.

As for the success and risk factors that have affected the business over time, there is a large number of different factors, both internal to the business model and external to the business ecosystem, which can be grouped into five categories. This

1) technical and logistical (for example, innovative or proven technologies, optimal internal and external logistics);

2) economic, financial and marketing (for example, economies of scale for clusters, joint investments or financial support, price competitiveness of biological products);

3) organizational and spatial (for example, successful cooperation, geographical proximity, sufficient space for effective infrastructure);

4) institutional and legal (for example, state subsidies) [10].

The researchers note that for businesses evaluating agricultural waste, there are success and risk factors that are common and crucial to sustainable or closed business-models in other sectors, as shown in recent literature. These factors are related to high (initial) investment costs, technical uncertainties, the need for

state support, especially at the initial stage of business development, difficulties associated with regional regulations and complex legislative requirements.

The transition to a sustainable or closed business model is generally considered a difficult task, and there is no unique solution to overcome obstacles. Therefore, experts call for the implementation of “opened business-models” or “open innovations”, encouraging companies to open their business model, as well as use external resources and ideas as input data for innovation.

At the same time, a special role is assigned to closed-loop business models. The implementation of such models often requires innovative biological-oriented products, technologies to provide new, but complex ways of transformation, etc. In addition, efficient and flexible internal and external logistics and large storage capacities are needed, since agricultural resources are voluminous and heterogeneous, their input quality varies, can deteriorate rapidly, and seasonality leads to changes in quantity and quality over time.

Also stimulating factors are economies of scale (for clusters such as bio-processing plants and agroparks, but also for biogas plants), taking into account the biological diversity of resources, as well as strong innovative public-private partnerships or even triple helix partnerships that promote technological innovation, with joint investments in R&D.

At the same time, a high risk is the general lack of competitiveness of new biological products compared to fossil fuel products that dominate existing markets, especially due to often immature and still experimental processes, as well as due to the rather complex characteristics of biomass.

Another risk is related to competition between different markets for the same agricultural by-products. Thus, investments, profits, risks and benefits should be clearly defined with all stakeholders implementing a closed-loop business model, both private and public. It is also necessary to avoid resistance from residents of nearby villages due to potential disturbing factors such as noise or odors, for example, produced by biogas plants or stored manure.

The public perception of “green products and processes” contributes to business development, in particular, the fact that they can be produced locally and use natural functions. All factors that reduce the impact on the environment also have a positive impact if they are controlled separately. However, negative trade-offs may arise if viewed from a broader perspective, for example, from an acceptability or aesthetic point of view, as in the case of biogas plants installed in landscapes.

The success of closed-loop business models for increasing the cost of agriculture and by-products depends both on the elements of the internal busi-

ness model and on the external business ecosystem, which sets the boundary conditions for successful business operations. While macro-environment conditions should only be assessed by individual enterprises, micro-environment conditions can be controlled and influenced by them. They depend on context, which means that business concepts that are successful in one context may fail in another. Therefore, it is very important to have a good understanding of local and (international) contextual factors and their evolution (for example, subsidies that change over time), legislative measures and restrictions.

The research results of individual specialists also show that the transition from linear chains to a closed-loop economy in the agricultural sector has allowed individual business models to develop towards more dynamic and integrated business models with a high degree of interaction between all participants (i.e., government partners, companies, research institutes and other stakeholders). For all parties involved, the process of implementing a business model requires open and flexible management and transparent communication while respecting each other's positions. Overall, there seems to be a positive attitude, as much more success than risk factors have been mentioned.

Conclusion

Thus, it can be concluded that while several success factors are also crucial for closed-loop business models in general, some of them are very specific to those evaluating agricultural waste and by-products. These factors are innovative conversion technologies, flexible internal and external logistics, joint investments in research and development, price competitiveness for biological products, partnership with research organizations, availability of space, subsidies, rules for handling agricultural waste, involvement of local stakeholders and adoption of production processes based on biomaterials.

New, more dynamic and integrated business models make it possible to process agricultural waste in the places where it is generated. In addition, it contributes to public-private partnerships, including even citizens as consumers of local products who will participate in the assessment of agricultural waste and by-products.

References

1. Batova T.N., Volkov A.R., Pavlova E.A. *Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment*, 2019, no. 2. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-2-74-81>
2. Belinskaya I.V., Makarenko E.D. *Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment*, 2021, no. 3. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2021-14-3-75-85>

3. Verzhanskiy A.P. *Energeticheskaya politika*, 2020, no. №1 (143), pp. 80-87.
4. Vismet Kh. *Forsayt*, 2020, no. 4, pp. 47-50. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.47.60>
5. Koksharov V.A. *Innovatsii i investitsii*, 2020, no. 6, pp. 105-109.
6. Koksharov V.A. *Innovatsii i investitsii*, 2019, no. 6, pp. 47-52.
7. Mashukova B.S. *European science*, 2016, no. 7 (17), pp. 14-16. <https://scientific-publication.com/images/PDF/2016/17/EUROPEAN-SCIENCE-7-17.pdf>
8. Perelet R.A. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*, 2019, no. 3 (28). <http://doi.org/10.21777/2500-2112-2019-3-74-82>
9. Khylek E.K., Ostrovski Ya. *Vladimirskiy zemledelets*, 2017, no. 1 (79), pp. 2-7.
10. Chzhou Ch., Si F. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal*, 2021, no. 2. <http://doi.org/10.24412/2413-046Kh-2021-10101>
11. Antikainen, M., Valkokari, K. A framework for sustainable circular business model innovation. *Technol. Innovat. Manag. Rev.*, 2016, no. 7, pp. 5-12. <https://timreview.ca/article/1000>
12. Barros, M.V., Salvador, R., de Francisco, A.C., Piekarski, C.M. Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: from waste to energy Renew. *Sustain Energy Rev.*, 2020, no. 1, Article 109958. <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v131y2020ics1364032120302495.html>
13. Bellamare, M.F., Çakir, M., Peterson, H.H., Novak, L., Rudi, J. On the measurement of food waste. *Am. J. Agric. Econ.*, 2017, vol. 99-5, pp. 1148-1158. <https://experts.umn.edu/en/publications/on-the-measurement-of-food-waste>
14. Bocken, N.M. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. *J. Ind. Prod. Eng.*, 2016, vol. 33(5), pp. 308-320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
15. Caldeira, C. et al. Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. *Resour. Conservat. Recycl.*, 2019, vol. 149, pp. 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>
16. Camacho-Otero, J. et al. Pettersen Consumption in the circular economy: a literature review. *Sustainability*, 2018, vol. 10 (8), p. 2758. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2758>
17. Dahiya, S. et al. Food waste biorefinery: sustainable strategy for circular bio-economy. *Bioresour. Technol.*, 2018, vol. 248, pp. 2-12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28823499/>
18. Donner, M. et al A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Sci. Total Environ.*, 2020, vol. 716, Article 137065. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720305751>

19. Geissdoerfer, M. et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *J. Clean. Prod.*, 2017, vol. 143, pp. 757-768. https://www.academia.edu/31149296/The_Circular_Economy_A_new_sustainability_paradigm
20. Salomone, R. et al. *Industrial Symbiosis for the Circular Economy. Strategies for Sustainability*. Springer, Cham 2020, pp. 181-194. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-36660-5>

Список литературы

1. Батова Т.Н., Волков А.Р., Павлова Е.А. Экструзионная переработка отходов в экономике замкнутого цикла // Экономика и экологический менеджмент. 2019. №2. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-2-74-81>
2. Белинская И.В., Макаренко Е.Д. К вопросу о структуре сбора, сортировки и транспортировки вторсырья в тренде перехода к экономике замкнутого цикла // Экономика и экологический менеджмент. 2021. №3. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2021-14-3-75-85>
3. Вержанский А.П. Особенности перехода к экономике замкнутых сырьевых циклов // Энергетическая политика. 2020. №1 (143). С. 80-87.
4. Висмет Х. Системные преобразования для бизнеса в контексте перехода к экономике замкнутого цикла // Форсайт. 2020. №4. С. 47-50. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.47.60>
5. Кокшаров В.А. Концептуальный подход к модели оценки эффективности экономики замкнутого цикла промышленного предприятия // Инновации и инвестиции. 2020. №6. С. 105-109.
6. Кокшаров В.А. Концептуальный подход к организации экономики замкнутого цикла промышленного предприятия // Инновации и инвестиции. 2019. №6. С. 47-52.
7. Машукова Б.С. Основные принципы цикличной экономики (экономика замкнутого цикла) // European science. 2016. №7 (17). С. 14-16. <https://scientific-publication.com/images/PDF/2016/17/EUROPEAN-SCIENCE-7-17.pdf>
8. Перелет Р.А. Роль информационных технологий при переходе к экономике замкнутого цикла // Образовательные ресурсы и технологии. 2019. №3 (28). <http://doi.org/10.21777/2500-2112-2019-3-74-82>
9. Хылэк Э.К., Островски Я. Биоэкономика – новое направление в сбалансированном развитии сельского хозяйства и продовольственной отрасли // Владимирский земледелец. 2017. №1 (79). С. 2-7.
10. Чжоу Ч., Си Ф. Направления достижения устойчивости экономики замкнутого цикла // Московский экономический журнал. 2021. №2. <http://doi.org/10.24412/2413-046X-2021-10101>

11. Antikainen, M., Valkokari, K. A framework for sustainable circular business model innovation // *Technol. Innovat. Manag. Rev.*, 2016, no. 7, pp. 5-12. <https://timreview.ca/article/1000>
12. Barros, M.V., Salvador, R., de Francisco, A.C., Piekarski, C.M. Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: from waste to energy Renew // *Sustain Energy Rev.*, 2020, no. 1, Article 109958. <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v131y2020ics1364032120302495.html>
13. Bellamare, M.F., Çakir, M., Peterson, H.H., Novak, L., Rudi, J. On the measurement of food waste Am. J. Agric // *Econ.*, 2017, vol. 99-5, pp. 1148-1158. <https://experts.umn.edu/en/publications/on-the-measurement-of-food-waste>
14. Bocken, N.M. et al. Product design and business model strategies for a circular economy // *J. Ind. Prod. Eng.*, 2016, vol. 33(5), pp. 308-320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
15. Caldeira, C. et al. Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis // *Resour. Conservat. Recycl.*, 2019, vol. 149, pp. 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>
16. Camacho-Otero, J. et al. Pettersen Consumption in the circular economy: a literature review // *Sustainability*, 2018, vol. 10 (8), p. 2758. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2758>
17. Dahiya, S. et al. Food waste biorefinery: sustainable strategy for circular bioeconomy // *Bioresour. Technol.*, 2018, vol. 248, pp. 2-12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28823499/>
18. Donner, M. et al. A new circular business model typology for creating value from agro-waste // *Sci. Total Environ.*, 2020, vol. 716, Article 137065. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720305751>
19. Geissdoerfer, M. et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm? // *J. Clean. Prod.*, 2017, vol. 143, pp. 757-768. https://www.academia.edu/31149296/The_Circular_Economy_A_new_sustainability_paradigm
20. Salomone, R. et al. Industrial Symbiosis for the Circular Economy. Strategies for Sustainability. Springer, Cham 2020, pp. 181-194. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-36660-5>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Dmitry K. Suchkov, Junior Researcher (Post-graduate Student)

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (FNC Agroecology RAS)

*97, Universitetskiy Ave., Volgograd, Russian Federation
suchkov1992@yandex.ru*

Nadezhda K. Gavriilyeva, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences

Arctic State Agrotechnological University

*3, Sergelyakhskoe Highway, 3rd kilometer, Yakutsk, Russian Federation
nadezheda@inbox.ru*

Alexander V. Grigoriev, Senior Lecturer

Moscow Aviation Institute (National Research University)

*4, Volokolamsk sh., Moscow, Russian Federation
grigorev.83@mail.ru*

Gennady D. Gogolev, Senior Lecturer

M.K. Ammosov Northeastern Federal University

*42, Kulakovskiy Str., Yakutsk, Rep. Sakha (Yakutia), 677007, Russian Federation
valera.gogolev.05@mail.ru*

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Сучков Дмитрий Константинович, младший научный сотрудник (аспирант)

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН)

*Университетский просп., 97, г. Волгоград, Российская Федерация
suchkov1992@yandex.ru*

Гаврильева Надежда Константиновна, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет

*Сергеляхское шоссе, 3-й километр, 3, г. Якутск, Российская Федерация
nadezheda@inbox.ru*

Григорьев Александр Владимирович, старший преподаватель
*Московский авиационный институт (национальный исследова-
тельский университет)*
Волоколамское ш., 4, г. Москва, Российская Федерация
grigorev.83@mail.ru

Гоголев Геннадий Дмитриевич, старший преподаватель
Северо-Восточный Федеральный Университет им.М.К. Аммосова
ул. Кулаковского, 42, г. Якутск, 677007, Российская Федерация
valera.gogolev.05@mail.ru

Поступила 01.11.2021

После рецензирования 10.11.2021

Принята 15.11.2021

Received 01.11.2021

Revised 10.11.2021

Accepted 15.11.2021

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-119-131

УДК 63.631.471:52.528.873.041.3

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ SENTINEL-2

А.И. Павлова

В настоящее время актуальны работы, посвященные созданию цифровых почвенных карт с применением географических информационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). В работе выполнен анализ вегетационных индексов (ВИ) для картографирования почвенного покрова, были созданы карты вегетационных индексов: нормализованный относительный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), оптимизированный почвенный вегетационный индекс (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index, OSAVI), вегетационный индекс растительности с поправкой на почву (Soil-Adjusted Vegetation Index, SAVI), преобразованный вегетационный индекс с поправкой на почву (Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index, TSAVI), улучшенный вегетационный индекс (Enhanced vegetation index2, EVI2) на территорию хозяйства ЗАО «Мирный» Коченевского района с использованием космического снимка Sentinel-2 A (10 мая 2021 г.). В результате выявлено, что вегетационные индексы OSAVI и EVI2 позволяют установить пространственные границы между основными типами почв автоморфного, полугидроморфного и гидроморфного режимов увлажнения.

Обоснование. *Большее практическое применение находят многозональные космические и аэрофотоснимки для тематического картографирования почвенных ресурсов. В статье использован космический снимок Sentinel-2 A, имеющий хорошее пространственное и спектрозональное разрешение (10 м, 20 м и 60 м), территориальный охват. Это позволило вычислить и проанализировать различные вегетационные индексы для целей цифрового почвенного картографирования.*

Цель работы – *анализ вегетационных индексов для цифрового почвенного картографирования на основе снимков Sentinel-2 A.*

Материалы и методы исследования. *Исследования выполнены на территории хозяйства ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области. В работе использованы методы цифровой обработки космических*

снимков, картографирования и геоинформационного анализа с привлечением космического снимка Sentinel-2 A (10 мая 2021 г.). Для сравнительного анализа ВИ использован способ равных интервалов. Это позволило с помощью ГИС ArcGIS составить тематические карты ВИ в выделении градаций: очень низкое, низкое, среднее, выше среднего, высокое значение.

Результаты исследования и обсуждение. На территории хозяйства ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области выполнены полевые почвенные обследования. С помощью геоинформационной системы SAGA выполнена атмосферная коррекция космического снимка и его пространственная привязка, составлены растровые карты NDVI, OSAVI, TSAVI, EVI2. В ходе геоинформационного анализа крупномасштабной почвенной карты 1:1000 и растровых карт ВИ выявлено, что OSAVI позволяет установить пространственные границы между основными типами почв автоморфного, полугидроморфного и гидроморфного режимов увлажнения. Очень низкие значения ВИ характерны для почв гидроморфного режима увлажнения, сформированных вблизи небольших озер, вдоль берегов р. Шариха. Очень низкие значения ВИ имеют объекты гидрографии, болотные торфяные, лугово-болотные перегнойные почвы, солоды заболоченные и солоды оторфованные, солончаково-болотные, солончаки болотные, сформированные в пониженных участках рельефа с глубиной залегания грунтовых вод менее 0,5 м. Низкие значения ВИ вычислены для вспаханных черноземов обыкновенных, залегающих в верхней и средней части пологого склона. Это почвы автоморфного режима увлажнения с глубиной залегания грунтовых вод более 6 м. Средние и выше среднего значения характерны для серых лесных осолоделых почв под древесной растительностью, а также для лугово-черноземных почв под луговой растительностью в нижней части пологого склона с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 4 м. Высокие значения ВИ получены для луговых почв с густым травянистым покровом. Условия увлажнения почв, залегание в рельефе, тип растительности существенно влияют на значения ВИ. Полученные значения ВИ могут быть использованы на этапе подготовки обучающих данных в виде эталонов классов для основных типов почв, необходимых для автоматического распознавания изображений.

Ключевые слова: цифровое почвенное картографирование; географические (геоинформационные) информационные системы; космические снимки; индексы вегетации; сельское хозяйство

Для цитирования. Павлова А.И. Применение вегетационных индексов для цифрового почвенного картографирования на основе космических снимков SENTINEL-2 // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 119-131. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-119-131

APPLICATION OF VEGETATION INDECES FOR DOGITAL SOIL MAPPING BASED ON SENTINEL-2 SPACE IMAGES

A.I. Pavlova

At present, the works devoted to the creation of digital soil maps using geographic information systems (GIS) and remote sensing (RS) data are relevant. In the work the analysis of vegetation indices (VI) for soil mapping was carried out, the maps of vegetation indices were created: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index (TSAVI), Enhanced Vegetation Index2 (EVI2) for the territory of ZAO Mirny farm of Kochenevsky District using Sentinel-2 A satellite image (May 10, 2021).). As a result it was revealed that the vegetation indices OSAVI and EVI2 allow to establish spatial boundaries between the main types of soils of automorphic, half-hydromorphic and hydromorphic moisture regimes.

Background. *Multispectral space and aerial photos for thematic mapping of soil resources are of greater practical application. Sentinel-2 A space image with good spatial and spectrozonal resolution (10 m, 20 m and 60 m) and territorial coverage (290 km) was used in this article. This made it possible to calculate and analyze various vegetation indices for the purposes of digital soil mapping.*

Purpose. *Analysis of vegetation indices for digital soil mapping based on Sentinel-2 A images.*

Materials and research methods. *The research was carried out on the territory of CJSC Mirny, Kochenevsky District, Novosibirsk Region. The methods of digital processing of space images, mapping and geoinformation analysis with the use of Sentinel-2 A satellite image (May 10, 2021) were used. The method of equal intervals was used for comparative analysis of images. This allowed using GIS ArcGIS to make thematic maps of images with the allocation of gradations: very low, low, average, above average, high value.*

Results. *Field soil surveys were carried out on the territory of CJSC Mirny farm in Kochenevsky district of Novosibirsk Region. Using SAGA geoinformation system the space image was atmospherically corrected and spatially referenced, NDVI, OSAVI, TSAVI, EVI2 raster maps were compiled. Geoinformation analysis of the large-scale 1:1000 soil map and raster EVI maps revealed that OSAVI allows to establish spatial boundaries between the main types of soils of automorphic, half-hydromorphic and hydromorphic moisture regimes. Very low values of VI are*

typical for the soils of hydromorphic humidification regime, formed near small lakes, along the banks of the Sharikh river.

Very low values of UI have objects of hydrography, marsh peaty, meadow-marsh humus soils, marshy and peated marshes, marsh solonchaks, marsh solonchaks, formed in lowered areas of relief with depth of groundwater occurrence less than 0.5 m.

Ploughed ordinary chernozems, deposited in the upper and middle part of the gentle slope, have low values of WP. These are soils of automorphous moisture regime with depth of groundwater occurrence more than 6 m.

Average and above average values are characteristic of gray forest saltwort soils under woody vegetation, as well as meadow-chernozem soils under meadow vegetation in the lower part of the gentle slope with groundwater occurrence depth from 3 to 4 m. High WI values were obtained for meadow soils with dense grass cover. Wetting conditions of soils, location in the relief, and vegetation type significantly influence VI values. The obtained VV values can be used at the stage of training data preparation in the form of reference classes for basic soil types required for automatic image recognition.

Keywords: digital soil mapping, geographic (geoinformation) information systems, space images, vegetation indices, agriculture

For citation. Pavlova A.I. Application of Vegetation Indices for Digital Soil Mapping Based on SENTINEL-2 Satellite Images. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 119-131. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-119-131

Основным источником получения пространственной информации о почвенных ресурсах служат космические снимки среднего пространственного разрешения. Разновременные космические снимки спутника MODIS используются для мониторинга земель [7-8], прогнозирования урожайности культур [19, 20].

Применение снимков искусственных спутников Landsat-7 и Landsat-8 позволяет с более высокой точностью и детальностью распознавать объекты местности [15, 22]. Новые возможности для почвенного картографирования открылись с появлением первых коммерческих спутников WorldView-2 и WorldView-3 (DigitalGlobe, Longmont, CO, USA). Данные WorldView-2 обладают высоким пространственным разрешением (0,46 м в панхроматическом диапазоне и 1,84 м в восьми спектральных диапазонах) [24]. Однако существенным ограничением широко применения снимков спутников WorldView-2 и WorldView-3 является их высокая коммерческая стоимость.

В рамках программы «Глобальный мониторинг безопасности окружающей среды» (The Global Monitoring for Environment and Security, GMES) реализованы спутники Sentinel 1, 2, 3, 5, 6. Космические снимки спутника Sentinel-2A распространяются свободно, характеризуются большим территориальным охватом, периодичностью, высоким пространственным (10 м, 20 м, 60 м) и радиометрическим разрешением (12 бит/пиксель). Наличие тринадцати спектральных каналов обеспечивает возможности анализа и картографирования почвенных, водных, земельных и иных ресурсов на основе карт вегетационных индексов (ВИ) [12, 23, 25]. Данные аэрофотосъемки местности с помощью управляемого беспилотного летательного аппарата рассматриваются в качестве более дешевой и оперативной альтернативы использования спутниковых дорогостоящих данных космической съемки для картографирования земель и почв, развития «умного земледелия» [1, 2, 10, 17, 18].

Известны различные индексы вегетации, подбираемые эмпирическим путем на основе изучения спектральной отражательной способности почв, растительных сообществ и природно-территориальных комплексов [3-6, 11, 16, 21, 26]. В большинстве случаев для их вычисления используют два участка электромагнитного спектрального диапазона: красную и ближнюю инфракрасную зоны. В пределах красной зоны спектрального диапазона приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом [3,13]. Ближнюю инфракрасную зону связывают с максимальным отражением энергии клеточной структурой листовой поверхности растений. Фотосинтетическая активность определяет более низкое значение коэффициентов отражения в красной зоне электромагнитного спектра и увеличению значений в ближней инфракрасной [9, 14, 16, 26].

Цель работы – анализ вегетационных индексов для цифрового почвенного картографирования на основе космических снимков Sentinel-2 A.

Материалы и методы

Исследования выполнены на территории хозяйства ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области. В рельефе на слабоволнистой равнине с абсолютными высотами от 60 до 185 м, выделяются эрозионные формы рельефа вдоль берегов р. Чик и Шариха.

В работе использован космический снимок Sentinel-2A (10 мая 2021 г.) имеющий тринадцать спектральных каналов видимого, красного, инфракрасного диапазонов, а также каналы VNIR и SWIR. Вычисле-

ны ВИ широко применяемые для картографирования растительности: нормализованный относительный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) [22, 26], оптимизированный индекс растительности с поправкой на почву (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index, OSAVI) [21], преобразованный вегетационный индекс с поправкой на почву (Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index, TSAVI) [4], улучшенный вегетационный индекс (Enhanced vegetation index2, EVI2) [20].

Результаты работы

На территорию исследований с помощью беспилотного летательного аппарата была выполнена аэрофотосъемка местности, в результате которой составлен крупномасштабный ортофотоплан 1:1000. В результате полевых почвенных обследований была составлена крупномасштабная почвенная карта с помощью ГИС ArcGIS (рис. 1, табл. 1) [1].

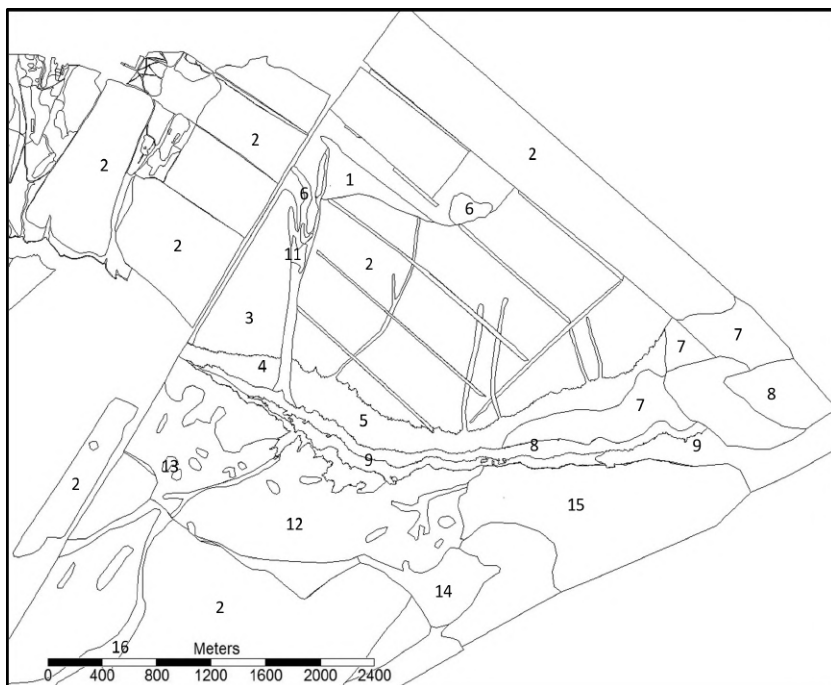


Рис. 1. Почвенные контуры на территории тестового участка

Таблица.

Почвы, распространенные на территории тестового участка

Номер на карте	Наименование почвы
1	Черноземы обыкновенные среднесиловые мало- и среднегумусные в комплексе с серыми лесными осолоделыми до 25%
2	Черноземы обыкновенные среднесиловые среднегумусные
3	Лугово-черноземные среднесиловые среднегумусные
4	Лугово-черноземные среднесиловые среднегумусные слабосмытые
5	Лугово-черноземные малосиловые среднегумусные слабосмытые
6	Луговые осолоделые малосиловые среднегумусные
7	Черноземно-луговые солончаковатые малосиловые среднегумусные
8	Луговые солончаковые малосиловые среднегумусные
9	Луговые солончаковые малосиловые малогумусные
10	Болотные низинные торфянисто-глеевые
11	Лугово-болотные перегонные
12	Солоди заболоченные
13	Солоди оторфованные
14	Солончаково-болотные
15	Солончаки болотные
16	Светло-серые лесные осолоделые
16	Серые лесные осолоделые малосиловые

Выполнена цифровая обработка космического снимка с помощью ГИС SAGA включающая геометрические, радиометрические и яркостные преобразования. Геометрические преобразования предусматривают географическую привязку и трансформирование космического снимка. Радиометрические операции позволили восстановить пропущенные пиксели, а также устранить влияние атмосферы. Яркостные преобразования произведены с целью увеличения контрастности изображений, синтеза цветных изображений и приведения спектральных каналов к единому пространственному разрешению. Для сравнительного анализа созданы тематические карты (рис. 2) и получены показатели ВИ (табл. 2).

В результате геоинформационного анализа крупномасштабной почвенной карты и растровых карт ВИ выявлено, что применение OSaVI позволяет более детально выявить границы между типами почв в сравнении с NDVI, EVI2, TSAVI. Очень низкие значения ВИ OSaVI имеют объекты гидрографии, болотные низинные торфянисто-глеевые и лугово-болотные перегонные почвы, залегающие в наиболее пониженных формах рельефа у реки или вблизи заболоченных озер с глубиной залегания грунтовых вод менее 0,5 м.

Таблица 2.

Вегетационные индексы

Индекс вегетации	NDVI	OSAVI	TSAVI	EVI2
Очень низкое	от -0,1 до 0,05	от -0,04 до 0,05	от 0,06 до 0,09	от -0,02 до 0,03
Низкое	от 0,05 до 0,21	от 0,05 до 0,14	от 0,09 до 0,12	от 0,03 до 0,09
Среднее	от 0,21 до 0,36	от 0,14 до 0,23	от 0,12 до 0,15	от 0,09 до 0,15
Выше среднего	от 0,36 до 0,51	от 0,23 до 0,33	от 0,15 до 0,18	от 0,15 до 0,20
Высокое	От 0,51 до 0,66	от 0,33 до 0,42	от 0,18 до 0,21	от 0,20 до 0,26

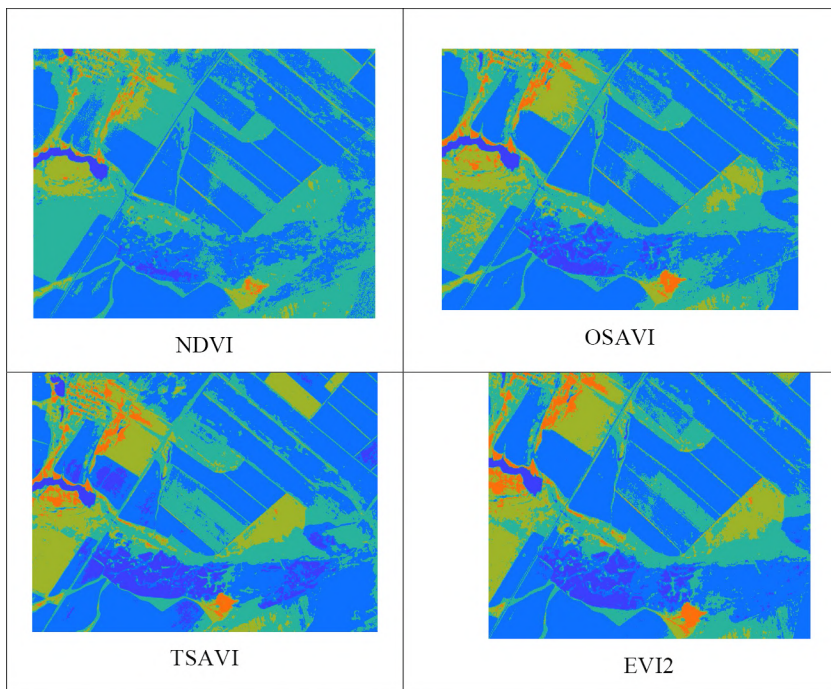


Рис. 2. Карты индексов вегетации (■ - очень низкое, ■ - низкое, ■ - среднее, ■ - выше среднего, ■ - высокое значение)

Низкие значения индексов вегетации OSAVI получены для открытых участков, свежеспаханных черноземов обыкновенных и черноземов обыкновенных в комплексе с серыми лесными осолоделыми до 25%, на занятых

растительным покровом. Эти почвы сформированы в верхней части пологого склона с глубиной залегания грунтовых вод более 6 м. Пространственное разрешение космического снимка не позволяет выделить микроформы рельефа. Однако в процессе оверлейного наложения крупномасштабной почвенной карты и карты OSAVI, что значения индексов увеличиваются в ложбине стока и на участке, еще не обработанном от стерни (на рис. 1 показан в виде прямоугольника). Средние значения ВИ OSAVI получены для серых лесных осолоделых, лугово-черноземных несмытых и слабосмытых почв. Выше среднего значения имеют черноземно-луговые солончаковатые почвы. Высокие значения ВИ OSAVI вычислены для луговых почв.

Заключение

Условия увлажнения почв, залегание в рельефе, тип растительности существенно влияют на значения ВИ. Индекс вегетации OSAVI позволяет более детально выявить границы между типами почв в сравнении с NDVI, EVI2, TSAVI. Дальнейшие исследования направлены на разработку эталонов классов по основным типам почв для возможности автоматизированного распознавания космических снимков и картографирования почв.

Список литературы

1. Каличкин В.К., Павлова А.И., Шоба В.Н., Каличкин А.В. Интеграция агроэкологических и технологических свойств земель // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 13, N. 3. С. 11-14. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10302>
2. Савин И.Ю., Вернюк Ю.И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 80. С. 95-105.
3. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С.28-32.
4. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment // Remote Sensing of Environment. 1991. Vol. 35. pp. 161-173.
5. Clevers J. G. P. W., Gitelson A. A. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and-3 // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013. No. 23. pp. 344-351.
6. Gao B.-C. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. 1996. Vol. 58. pp. 257-266.

7. Gitelson A. A., Kaufman, Y. J., Merzlyak M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS // *Remote Sensing of Environment*. 1996. Vol. 58. pp. 289-298.
8. Giteson A A, Kaufman Y J. MODIS NDVI optimization to fit the AVHRR data series-spectral considerations // *Remote Sensing of Environment*. 1998. Vol. 66. pp. 343-350.
9. Gitelson A. A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation // *Journal of plant physiology*. 2004. No. 161. pp. 165-173.
10. Haboudane D., Miller J. R., Tremblay N., Zarco-Tejada P. J., Dextraze L. Integrated narrowband vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture // *Remote Sensing of Environment*. 2002. Vol. 81. pp. 416-426.
11. Hardisky M. A., Klemas V., Smart R. M. The influences of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral reflectance of *Spartina alterniflora* canopies // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1983. No. 49. pp. 77-83.
12. Hill M. J. Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect // *Remote Sensing of Environment*. 2013. No. 137. pp. 94-111.
13. Houborg R., Fisher J.B., Skidmore A.K. Advances in remote sensing of vegetation function and traits // *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 2015. Vol. 43. pp.1-6.
14. Huan Jing-feng, Tang Yan-Lin New vegetation index and its application in estimation leaf area index of rice // *Rice Ecience*. 2007. Vol. 14, No. 3. pp. 195-203. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(07\)60027-4](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(07)60027-4)
15. Huete A R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) // *Remote Sensing of Environment*. 1988. No. 5. pp. 295-309.
16. Jiang Z. Y., Huete A. R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band // *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112. pp. 3833-3845.
17. Lee W.S., Alchanatis V., Yang C., Hirafuji M.; Moshou D., Li, C. Sensing technologies for precision specialty crop production // *Comput. Electron. Agric.* 2010. Vol. 74. pp. 2-33.
18. Li L., Zhu D., Yao S. at al. Design and implementation of geographic information systems, remote sensing, and global positioning system –based information platform for locust control // *Journal Applied Remote Sensing*. 2014. Vol.8 (1). 084899 <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084899>
19. Lv T. T., Liu C. Study on extraction of crop information using time-series MODIS data in the Chao Phraya Basin of Thailand // *Advances in Space Research*. 2010. No. 45. pp. 775-784.

20. Miura T., Yoshioka H., Fujiwara K., Yamamoto H. Inter-comparison of ASTER and MODIS surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring. *Sensors*. 2008. No. 8. pp. 2480–2499.
21. Rondeaux G., Steven M., Baret F. Optimisation of soil adjusted vegetation indices // *Remote sensing of Environment*. 1996. Vol. 55. Iss. 2. pp. 95-107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)
22. Tucker C. J. Monitoring corn and soybean crop development with hand-held radiometer spectral data // *Remote Sensing of Environment*. 1979. Vol. 8. pp. 237-248.
23. Vaudour E., Gomez C., Fouad Y., Lagacherie. Sentinel-2 image capacities to predict common topsoil properties of temperature and Mediterranean agroecosystem // *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 223. pp. 21-23.
24. Vermeulen D., Niekerk A. Evaluation of a WorldView-2 image for soil salinity monitoring in a moderately affected irrigated area // *Journal of Applied Remote Sensing*. 2016. Vol. 10 (2), 026025. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.10.026025>
25. Wang K., Yanbing Q., Guo W., Zhang J., Chang Q. Retrieval and mapping of soil organic carbon using Sentinel-2A spectral images from bare cropland in Autumn // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13. No. 1072. <https://doi.org/10.3390/rs13061072>
26. Yoder B. J., Waring R. H. The normalized vegetation index of small douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentration // *Remote Sensing of Environment*. 1994. Vol. 49. pp. 81-91.

References

1. Kalichkin V.K., Pavlova A.I., Shoba V.N., Kalichkin A.V. Integration of agroecological and technological properties of land. *Achievements of Science and Technology of the Agroindustrial Complex*, 2019, vol. 13, no. 3, pp. 11-14. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10302>
2. Savin I.Y., Vernyuk Y.I., Faraslis I. Possibilities of using drones for operational monitoring of soil productivity. *Bulletin of Soil Institute named after V.V. Dokuchaev*. 2015, no. 80, pp.95 - 105
3. Cherepanov, A.S. Spectral properties of vegetation and vegetation indices / A.S. Cherepanov, E.G. Druzhinina. *Geomatics*, 2009, no. 3, pp.28-32.
4. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 1991, vol. 35, pp. 161-173.
5. Clevers J. G. P. W., Gitelson A. A. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and-3. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2013, no. 23, pp. 344–351.
6. Gao B.-C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 1996, vol. 58, pp. 257-266.

7. Gitelson A. A., Kaufman, Y. J., Merzlyak M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 1996, vol. 58, pp. 289-298.
8. Giteson A. A., Kaufman Y. J. MODIS NDVI optimization to fit the AVHRR data series-spectral considerations. *Remote Sensing of Environment*, 1998, vol. 66, pp. 343-350.
9. Gitelson A. A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. *Journal of Plant Physiology*, 2004, no. 161, pp. 165-173.
10. Haboudane D., Miller J. R., Tremblay N., Zarco-Tejada P. J., Dextraze L. Integrated narrowband vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 2002, vol. 81, pp. 416-426.
11. Hardisky M. A., Klemas V., Smart R. M. The influences of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral reflectance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1983, no. 49, pp. 77-83.
12. Hill M. J. Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. *Remote Sensing of Environment*, 2013, no. 137, pp. 94-111.
13. Houborg R., Fisher J.B., Skidmore A.K. Advances in remote sensing of vegetation function and traits. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 2015, vol. 43, pp. 1-6.
14. Huan Jing-feng, Tang Yan-Lin New vegetation index and its application in estimation leaf area index of rice. *Rice Eciencie*, 2007, vol. 14, no. 3, pp. 195-203. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(07\)60027-4](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(07)60027-4)
15. Huete A R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 1988, no. 5, pp. 295-309.
16. Jiang Z. Y., Huete A. R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 2008, vol. 112, pp. 3833-3845.
17. Lee W.S., Alchanatis V., Yang C., Hirafuji M.; Moshou D., Li, C. Sensing technologies for precision specialty crop production. *Comput. Electron. Agric.* 2010, vol. 74, pp. 2-33.
18. Li L., Zhu D., Yao S. at al. Design and implementation of geographic information systems, remote sensing, and global positioning system –based information platform for locust control // *Journal Applied Remote Sensing*. 2014, vol. 8 (1), 084899 <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084899>
19. Lv T. T., Liu C. Study on extraction of crop information using time-series MODIS data in the Chao Phraya Basin of Thailand. *Advances in Space Research*, 2010, no. 45, pp. 775-784.

20. Miura T., Yoshioka, H., Fujiwara K., Yamamoto H. Inter-comparison of ASTER and MODIS surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring. *Sensors*, 2008, no. 8, pp. 2480-2499.
21. Rondeaux G., Steven M., Baret F. Optimisation of soil adjusted vegetation indices. *Remote sensing of Environment*, 1996, vol. 55, iss. 2, pp. 95 -107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)
22. Tucker C. J. Monitoring corn and soybean crop development with hand-held radiometer spectral data. *Remote Sensing of Environment*, 1979, vol. 8, pp. 237-248.
23. Vaudour E., Gomez C., Fouad Y., Lagacherie. Sentinel-2 image capacities to predict common topsoil properties of temperature and Mediterranean agroecosystem. *Remote Sensing of Environment*, 2019, vol. 223, pp. 21-23.
24. Vermeulen D., Niekerk A. Evaluation of a WorldView-2 image for soil salinity monitoring in a moderately affected irrigated area. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2016, vol. 10(2), 026025 <https://doi.org/10.1117/1.JRS.10.026025>
25. Wang K., Yanbing Q., Guo W., Zhang J., Chang Q. Retrieval and mapping of soil organic carbon using Sentinel-2A spectral images from bare cropland in Autumn. *Remote Sensing*, 2021, vol. 13, no. 1072. <https://doi.org/10.3390/rs13061072>
26. Yoder B. J., Waring R. H. The normalized vegetation index of small douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentration. *Remote Sensing of Environment*, 1994, vol. 49, pp. 81-91.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Павлова Анна Илларионовна, кандидат технических наук, доцент
Новосибирский государственный университет экономики и управления
ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, 630039, Российская Федерация
annstab@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Anna I. Pavlova, PhD (technical sciences), Associate Professor
Novosibirsk State University of Economics and Management
56, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation
SPIN-code: 8714-1140
ORCID: 0000-0001-6159-1439
Scopus Author ID: 0000-0001-6159-1439

Поступила 24.11.2021

После рецензирования 28.11.2021

Принята 30.11.2021

Received 24.11.2021

Revised 28.11.2021

Accepted 30.11.2021

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-132-143

УДК 631.452; 631.874.2/3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕВОБОРОТОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е.В. Семинченко

Обоснование. В сухостепной зоне Нижнего Поволжья одним из факторов повышения продуктивности пашни является органическое удобрение. Установлена эффективность внесения в почву сидератов, соломы и листовидной массы полевых культур и их влияние на снижение коэффициентов водопотребления, увеличение возврата органического вещества и повышение урожайности зерновых культур. Исследования проводились в Землепользовании «Городищенское», кадастровый номер 34:03:000000:6.

Цель работы – определить эффективность биологизированных севооборотов в агроландшафтах Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Рекомендация по методике ведения наблюдений и исследований в полевых условиях НИИ Юго-Востока, Саратов, 1973; методика экспериментальных работ Б.А. Доспехова (Доспехов, 1985). Агрегатный состав почвы (по методике Н.И. Савинова, 1931, доработанной ТСХА). Учет биологической массы сидеральных культур – в фазу колошения или бутонизации. Определение биологической урожайности растений с площадок 0,25 м², расположенных в четырех местах делянки. Учет урожая: сплошной, поделочный. Учет сидеральных культур и многолетних трав – кошением в ручную. Расчет выхода кормовых единиц и переваримого протеина производили с помощью коэффициентов перевода по М.Ф. Томмэ.

Результаты. Исследования показали, что противоэрозионным эффектом в засушливые годы (ГТК < 0,8) обладает 8-мипольный севооборот, во влажные годы (ГТК > 0,8) наибольший противоэрозионный эффект наблюдается в 5 и 7-мипольных севооборотах с многолетними травами. Анализ данных показал, что в пятипольном севообороте наблюдалось наиболее высокое поступление в почву органической массы (солома + корни) – 5,5 т/га. Дефицит гумуса с наибольшим показателем (-0,33) т/га в 4-х польном севообороте. 8-мипольный плодосменный севооборот обладал наибольшей продуктивностью. С одного гектара севооборотной площади выход зерна составил 1,50 т/га, кормовых единиц 1,67. По выходу продукции в к.ед. с гектара посевной площади облада-

ют 4-х и 8-мипольные севообороты. Для стабилизации почвенного плодородия рекомендован плодосменный 8-мипольный севооборот с 50% зернобобовых культур. Этот же севооборот является наиболее продуктивным по сбору зерна и кормовых единиц с гектара севооборотной площади.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о важной роли биологизированных севооборотов в условиях Нижнего Поволжья. Областью применения рекомендаций является зона почв светло-каштановых почв Нижнего Поволжья.

Ключевые слова: сидераты; сидеральный пар; черный пар; обработка почвы; дискование; вспашка; зерновые культуры; урожайность; выход продукции

Для цитирования: Семинченко Е.В. Эффективность севооборотов в условиях Нижнего Поволжья // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 132-143. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-132-143

EFFICIENCY OF CROP ROTATIONS IN THE LOWER VOLGA CONDITIONS

E. V. Seminchenko

Background. In the dry-thermal zone of the Lower Volga region, one of the factors of increasing the productivity of Pashnya is organic fertilizer. The effectiveness of the introduction into the soil of siderates, straw and leaf-weighting mass of field crops and their effect on the decrease in water consumption coefficients, an increase in the return of the organic matter and increasing the yield of grain crops was carried out. Gorodishcheskoe land use Cadastral number 34:03:000000:6.

Purpose. Determine the effectiveness of biologized crop rotations in the agro-landscapes of the Lower Volga region.

Materials and methods. Accounting and observations were: recommendation on the methodology for conducting observations and research in the fields of the NII of the Southeast, Saratov, 1973; Methods of experimental work B.A. Armorovov (Armpecov, 1985). The aggregate composition of the soil (according to the method of N.I. Savinova, 1931, refined TSH). Accounting for the biological mass of sital crops in the phase of cosset or budgement. Determination of the biological yield of plants from sites of 0.25 m² located in four places of the defense. Accounting for crop solid, daily. Accounting for sital cultures and perennial herbs – a cat in manual. Calculation of the exit of feed units and digestible protein was performed using the transfer coefficients by M.F. Tomme.

Results. Studies have shown that an anti-erosion effect in dry years (8-mpole crop rotation has a counter-erosion effect, in the wet years ($GTC > 0.8$), the largest anti-erosion effect is observed in 5 and 7-mpole crop rotations with perennial herbs. The analysis of the data showed that in five-field crop rotation, the highest flow into the soil of organic mass (straw + roots) was observed - 5.5 t/ha. Gumus deficiency with the highest indicator (-0.33) t / ha in 4 pollen crop rotation. The 8-mpolous fruitless crop turnover had the greatest productivity. From one hectare of the cropping area, the yield of grain was 1.50 t/ha, feed units 1.67. Upload products in K.ED. 4 and 8-mpol crops are with hectares of sowing square. To stabilize soil fertility, a fruitful 8-mpol crop rotation with 50% of cereals is recommended. The same crop rotation is the most productive to collect grain and feed units with a hectare of crop-coordinate area.

Conclusion. The results of the study indicate the important role of biologized crop rotations in the conditions of the Lower Volga region. The area of application of the recommendations is the zone of soils of light chestnut soils of the Lower Volga region.

Keywords: green manure; green manure fallow; black fallow; tillage; disking; plowing; grain crops; productivity; yield

For citation: Seminchenko E. V. Efficiency of Crop Rotations in the Lower Volga Conditions. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 132-143. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-132-143

В Волгоградской области для эффективности земледелия стали разрабатывать и применять зональную систему земледелия, т.е. узкоспециализированные парозерновые севообороты с площадью пара до 50%. Однако, такие севообороты хотя и способствуют стабилизации производства зерна, но одновременно снижают содержание органического вещества в почве, что приводит к ухудшению ее плодородия, которое является одним из главных составляющих урожайности сельскохозяйственных [1, 2, 3].

При резком спаде поголовья скота, дороговизне минеральных удобрений, для улучшения качества сельскохозяйственной продукции расширяется ориентация на удобрения агрогенного происхождения (сидераты, солома, пожнивные остатки) [4, 5].

Биологизация земледелия предполагает, кроме использования ресурсов традиционных органических удобрений, внедрение сидеральных паров, организацию запашки измельченной соломы, использование многолетних бобовых трав и зернобобовых культур [6, 7, 8].

Экологическая обстановка в области с каждым годом ухудшается. Слабое внедрение почвозащитной основной обработки почвы, высокая доля

чистых паров, минимальное внесения минеральных и органических удобрений приводит к усилению деградации почв [9, 10, 11].

В связи с этим необходимо разрабатывать экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур без применения или минимального количества минеральных удобрений и пестицидов для получения экологически чистых продуктов.

Материалы и методы

Исследования проведены в многофакторном стационарном опыте в землепользовании «Городищенское» (кадастровый номер 34:03:000000:12) на полях НВНИИСХ – филиале ФНЦ агроэкологии РАН. Почва опытного участка светло-каштановая, тяжелосуглинистая с признаками запыливания и пятнами солонцов 15-20%. Содержание гумуса 1,8-2,0% рН водной вытяжки (7,0-7,2), сумма поглощенных оснований 29 мг/экв. [1, 2]. Среди легкодоступных форм питательных веществ достаточно содержится лишь калия.

Объемная масса почвенного профиля колеблется от 1,30 до 1,59 г/см³. Максимальная гигроскопичность закономерно снижается с глубиной.

Климат района проведения исследований засушливый, с резко выраженной континентальностью. Учеты и наблюдения проводились согласно Рекомендациям по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте [12, 13].

Опыт заложен в трехкратной повторности с размером делянок 200 м² (50х4,0). Размещение вариантов блоками в 2 яруса. Общая площадь под опытом 2,8 га. Изучали следующие севообороты: 4-хпольный; 5-типольный; 7-мипольный; 8-мипольный.

Опыты и наблюдения проводили согласно рекомендациям для данного региона по трем обработкам почвы: 1) отвальная на глубину 0,25-0,27 м плугом ПН-4-35; 2) безотвальная обработка орудием ОЧО-5-40 на глубину 0,2-0,22 м; 3). поверхностная на глубину 0,1-0,12 м орудием БДМ-3. Обработка пара по прямому посеву только химическими препаратами по мере отрастания сорняков. Сев зерновых культур осуществляется сеялкой СЗТ-3,6 с предварительной предпосевной культивацией. Глубина заделки семян 6...8 см. В опыте высевается районированные сорта полевых культур. Под посев пропашных культур – кукурузу на зерно и сорго проводится дополнительная культивация. Посев осуществляется сеялкой СПЧ с междурядьем 70 см. После посева обязательное прикатывание. После появления всходов, в фазу 3...4 листьев проводится междурядная обра-

ботка культиватором КРН-4. Многолетние травы высеваются под покров ячменя весной согласно схеме опыта рекомендованными нормами посева. Незерновая часть урожая после измельчения заделывается в поверхностный слой почвы дисковой бороной БДТ-3 [1, 2, 6, 8].

Общепризнано, что продолжительное и интенсивное сельскохозяйственное использование светло-каштановых почв приводит к их деградации за счет разрушения верхнего гумусо-аккумулятивного и нижележащих иллювиальных горизонтов, в результате чего на дневной поверхности формируется уплотненный гомогенный агрогумусовый горизонт глыбистой структуры. В результате агрообработки разрушается агрономически ценная комковато-зернистой структуры, ухудшаются водно-физические свойства почв и устойчивости к водной эрозии и дефляции. Для большинства сельскохозяйственных культур установлены допустимые показатели плотности почвы, которые располагаются в пределах $1,10 \dots 1,20$ г/см² и коэффициента структурности, равного $4,5 \dots 5,5$ ед [5,7,9].

При возделывании сельскохозяйственных культур без обработки почвы корнеобитаемый слой не испытывает механического воздействия почвообрабатывающих орудий. Поэтому остается не нарушенной его структура, от которой в значительной степени зависит объем жизненного пространства для почвенных микроорганизмов – капиллярная и некапиллярная скважность [7].

Общую динамику агрегатов мы видим на рисунке

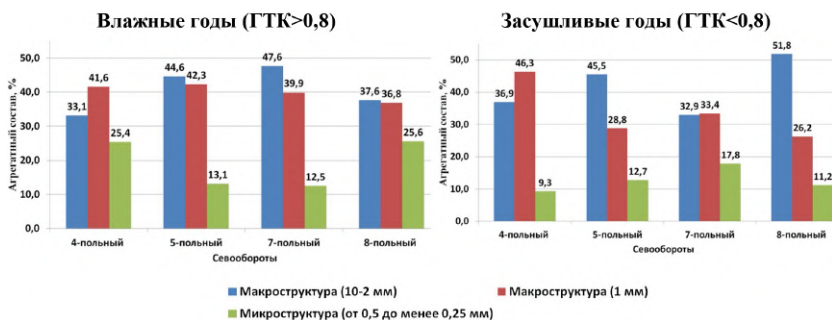


Рис. 1. Агрегатный состав светло-каштановых почв во влажные и засушливые годы, % (в среднем 2015-2020 гг.)

Проанализировав данные (рис. 1) можно сделать вывод, что противозерозионным эффектом в засушливые годы (ГТК < 0,8) обладает 8-мипольный севооборот, его макроструктура составила 52%, а также идет снижение количества мелкозема до 11%. Тогда как во влажные годы

(ГТК>0,8) наибольший противозерозийный эффект наблюдается в 5 и 7-мипольных севооборотах с многолетними травами.

Существующая специализация полевых севооборотов при условии увеличения доли паровых полей в структуре севооборота однозначно приводит к необратимому процессу разрушения гумуса в почве, развитию эрозийных процессов, ухудшению экологической обстановки.

Применение биологической системы земледелия является одной из альтернатив в оптимизации севооборотов. При экологическом обосновании севооборотов учитывают их возможность в накоплении органического вещества и возвращении его в круговорот за счет запашки в почву пожнивно-корневых остатков, внесения навоза, стабилизации гумуса и выхода экологически чистой продукции [14, 15].

Выявлено, что наиболее высокое поступление в почву органической массы (солома + корни) в 5-польном севообороте – 5,5 т/га, где насыщение зерновых и пропашных культур достигает 60% (рис. 2).

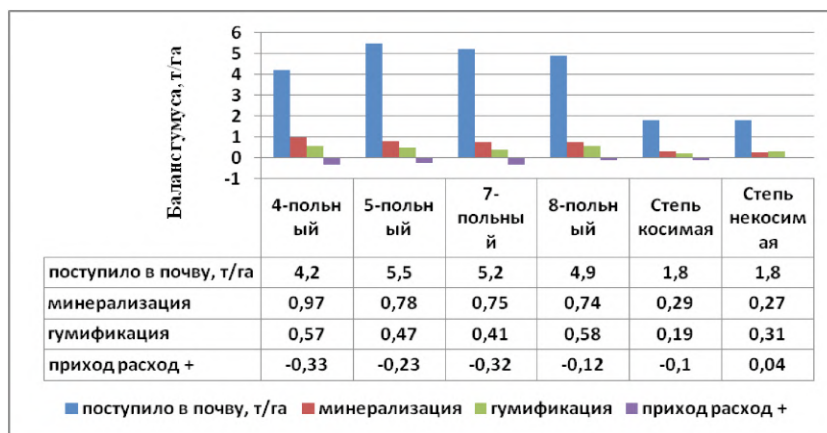


Рис. 2. Поступление в почву органического вещества и баланс гумуса в биологизированных севооборотах

Анализируя рис. 2 мы видим, что больше всех поступило органического вещества в пятипольном севообороте – 5,5 т/га, меньшее на вариантах степь косимая и степь некосимая – 1,8 т/га. Степень минерализации варьирует от 0,27 (степь некосимая) до 0,94 т/га в четырехпольном севообороте. Степень гумификации органического вещества колебалась от 0,19 т/га (степь косимая) до 0,58 т/га в восьмипольном севообороте. Все севоо-

бороты имели отрицательный баланс гумуса, варианты с косимой и некосимой баланс был ближе к нулю, что близко к бездефицитному балансу.

По продуктивности севооборотов (табл. 3) лучшие результаты по выходу зерна с гектара посева получены в зернопаропропашном севообороте – 1,9 т/га, с 8-мипольного плодосменного севооборота получен наибольший выход зерна с единицы севооборотной площади – 1,5 т/га.

Зернотравопропашные севообороты по выходу зерна на 14,3-42,9% снижают продуктивность пашни.

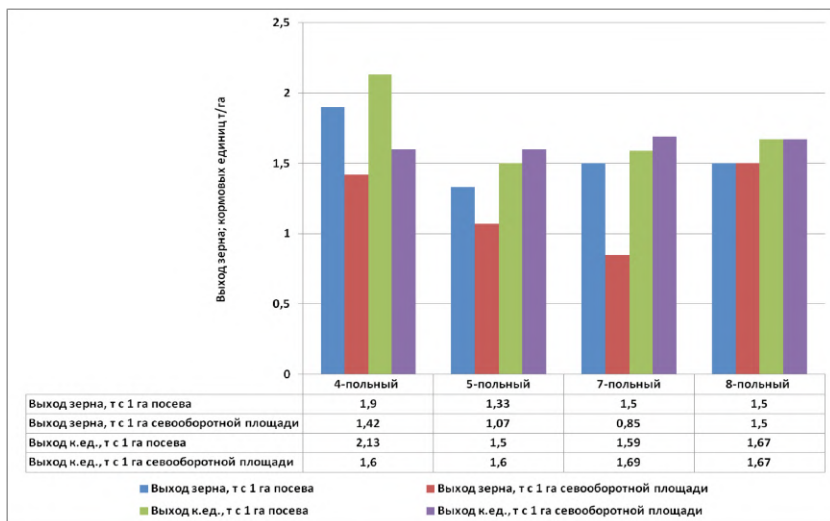


Рис. 3. Продуктивность севооборотов (среднее за 2015-2020 гг.)

По выходу продукции в к.ед. с гектара посевной площади закономерность по изучаемым видам полевых севооборотов сохраняется. Наибольшей продуктивностью обладают 4-х и 8-мипольные севообороты.

А по выходу к.ед. с гектара севооборотной площади наиболее продуктивными оказываются 7-мипольный севооборот с 2 полями многолетних трав и 8-мипольный плодосменный севооборот с 50% зернобобовых.

Выявление функциональных связей между факторами корреляционного анализа доказывают связь каждого фактора урожая. Коэффициент множественной корреляции показывает тесноту связи по всему массиву и дает основание использовать для аппроксимации уравнение множественной регрессии (1):

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + b_6 X_6 \quad (1)$$

По результатам статистических исследований были построены эмпирические модели урожайности зерновых культур по наиболее значимым факторам (X_1 – осадки вегетационного периода, мм; X_2 – температура вегетационного периода, C^0 ; X_3 – азот; X_4 – фосфор; X_5 – калий; X_6 – сорняки, шт). Анализ эмпирических моделей показал, что на продуктивность зерновых культур по различным предшественникам влияли температура воздуха и количество осадков в наиболее критические периоды развития [16, 17].

Таблица 1.

Эмпирические модели севооборотов в зависимости от факторов

Севооборот	Уравнение множественной регрессии	R ²
4 п/с	$Y = -0,04X_3 + 0,10 X_4 - 0,01X_5 + 3,80$	0,90
5 п/с	$Y = 0,01X_3 + 0,06 X_4 - 0,46$	0,88
7 п/с	$Y = 0,02X_3 - 0,02 X_4 + 0,90$	0,91
8 п/с	$Y = -0,39X_3 + 0,36 X_4 - 0,02X_5 + 6,72$	0,97

Различные предшественники не оказали существенного влияния на зависимость метеоусловий на продуктивность зерновых культур, но лишь незначительно изменяли силу этой связи.

В среднем за 3 года коэффициенты парной корреляции по предшественникам между y и факторами имеют средние значения. Выявлена достоверная корреляционная связь урожайности – осадки ($R = +0,80 \dots +0,90$), температура ($R = +0,82 \dots +0,90$), азот ($R = +0,253 \dots +0,682$), фосфор ($R = +0,374 \dots +0,792$), калий ($R = +0,520 \dots +0,952$); сорняки ($R = +0,24 \dots +0,341$).

Заключение

Применение эффективных ресурсосберегающих способов обеспечива-ет повышение продуктивности пашни на 15...20% и позволяет сохранить плодородие почвы с наименьшими энергозатратами.

Для стабилизации почвенного плодородия рекомендован плодосменный 8-мипольный севооборот с 50% зернобобовых культур. Этот же севооборот является наиболее продуктивным по сбору зерна и кормовых единиц с гектара севооборотной площади.

Севообороты с многолетними бобовыми травами (эспарцет песчаный) снижают выход зерна, но увеличивают сбор кормовых единиц с гектара севооборотной площади и, по сравнению с парозерновыми севооборотами, положительно влияют на стабилизацию почвенного плодородия.

Список литературы

1. Беленков А.И., Зеленев А.В., Уришев Р.Х., Семинченко Е.В. Приемы повышения содержания органического вещества почвы и продуктивности полевых севооборотов Нижнего Поволжья // Вестник Алтайского государственного университета. 2016. №12. С. 5-11.
2. Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Биологизация полевых севооборотов в Нижнем Поволжье // Агропромышленные технологии Центральной России. 2017. №1. С. 61-69.
3. Crop Yield Response to Climate Variables on Dryland versus Irrigated Lands /W. Lu, W. Adamowicz, S. Jeffrey, G. Goss, M. Faramarzi // Canadian Journal of Agricultural Economics. 2018. Vol. 66, Issue 2. P. 283-303.
4. Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, №1. С. 9-13.
5. Клостер Н.В., Азаров Б.Ф., Азаров В.Б. Полигонный агроэкологический мониторинг почв Белгородской области // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. №103. С. 81-98.
6. Зеленев А.В., Уришев Р.Х., Семинченко Е.В. Эффективность средств биологизации в полевых севооборотах засушливой степной зоны Нижнего Поволжья // Вестник Нижневолжского агроуниверситета: наука и высшее профессиональное образование, 2017. № 1. С. 63–69.
7. Болдырь Д.А., Протопопов В.М., Романова Г.О. Сохранение плодородия почвы за счет увеличения поступления органического вещества в севооборотах // Научно агрономический журнал. 2013. №2. С.28-32.
8. Жарова Т.Ф. Севообороты и их эффективность в управлении плодородием почвы // Science Time. 2016. №2. С. 233-238.
9. Рассадников В.Н. Продуктивность биологизированных севооборотов // Научно-агрономический журнал. №1. 2012. С. 6-9.
10. Шурьгин А.В. Влага в богарном земледелии - это дар // Фермер. 2017. №2. С. 28-30.
11. Early flowering as a drought escape mechanism in plants: How can it aid wheat production? / Y. Shavrukov, A. Kurishbayev, S. Jatayev, V. Shvidchenko, L. Zotova, F. Koekemoer, S. De Groot, K. Soole, P. Langridge // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8, No. 17. P. 1950.
12. Смирнов Б.М. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте. Саратов, 1973. 223 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропроимздат, 1985. 315 с.

14. Захаров А.И. Совершенствование системы севооборотов и структуры посевов в современных условиях // Земледелие. 2002. №4. С.6-7.
15. Жидков В.М., Зеленеv А.В. Биологизированные приемы повышения урожайности зерновых культур в Волгоградской области: монография. Волгоград, Волгоградская ГСХА, 2011. 188 с.
16. Семинченко Е.В. Влияние предшественников и метеoусловий на урожайность овса // Вестник Горского ГУ. 2020. №1. С. 53-59.
17. Семинченко Е.В. Роль сидератов в увеличении плодородия почв в севооборотах Нижнего Поволжья // Агрoхимический вестник. 2021. №2. С.78-82.

References

1. Belenkov A.I., Zelenev A.V., Urishev R.H., Seminchenco E.V. Priemy povysheniya sodержaniya organicheskogo veshchestva pochvy i produktivnosti polevyh sevooborotov Nizhnego Povolzh'ya [Methods for increasing the content of soil organic matter and the productivity of field crop rotations in the Lower Volga region]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 12, pp. 5-11.
2. Zelenev A.V., Seminchenco E.V. Biologizaciya polevyh sevooborotov v Nizhnem Povolzh'e [Biologization of field crop rotations in the Lower Volga region]. *Agropromyshlennye tekhnologii Central'noj Rossii*, 2017, no. 1, pp. 61-69.
3. Crop Yield Response to Climate Variables on Dryland versus Irrigated Lands / W. Lu, W. Adamowicz, S. Jeffrey, G. Goss, M. Faramarzi. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2018, vol. 66, no. 2, pp. 283-303
4. Loshakov V.G. Effektivnost' razdel'nogo i sovместnogo ispol'zovaniya sevooborota i udobrenij [Efficiency of separate and joint use of crop rotation and fertilizers]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, vol. 30, no. 1, pp. 9-13.
5. Kloster N.V., Azarov B.F., Azarov V.B. Poligonnyj agroekologicheskij monitoring pochv Belgorodskoj oblasti [Polygon agroecological monitoring of the Soils of the Belgorod region]. *Nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 103, pp. 81-98.
6. Zelenev A.V., Urishev R.H., Seminchenco E.V. Effektivnost' sredstv biologizacii v polevyh sevooborotah zasushlivoj stepnoj zony Nizhnego Povolzh'ya [The effectiveness of biologization means in field crop rotations of the arid steppe zone of the Lower Volga region]. *Vestnik Nizhnevolzhskogo agrouniversiteta: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2017, no. 1, pp. 63-69.
7. Boldyr' D.A., Protopopov V.M., Romanova G.O. Sohranenie plodorodiya pochvy za schet uvelicheniya postupleniya organicheskogo veshchestva v sevooborotah [Preservation of soil fertility by increasing the intake of organic matter in crop rotations]. *Nauchno agronomicheskij zhurnal*, 2013, no. 2, pp. 28-32.

8. ZHarova T.F. Sevooboroty i ih effektivnost' v upravlenii plodorodiem pochvy [Crop rotations and their effectiveness in soil fertility management]. *Science Time*, 2016, no. 2, pp. 233-238.
9. Rassadnikov V.N. Produktivnost' biologizirovannyh sevooborotov [Productivity of biologized crop rotations]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, 2012, no. 1, pp. 6-9.
10. SHurygin A.V. Vlaga v bogarnom zemledelii - eto dar [Moisture in rainfed agriculture is a gift]. *Fermer*, 2017, no. 2, pp. 28-30.
11. Early flowering as a drought escape mechanism in plants: How can it aid wheat production? / Y. Shavrukov, A. Kurishbayev, S. Jatayev, V. Shvidchenko, L. Zotova, F. Koekemoer, S. De Groot, K. Soole, P. Langridge. *Frontiers in Plant Science*, 2017, vol. 8, no. 17, 1950.
12. Smirnov B.M. *Rekomendacii po metodike provedeniya nablyudenij i issledovanij v polevom opyte* [Recommendations for the methodology of observation and research in the field experiment]. Saratov, 1973, 223 p.
13. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami stati-sticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij)* [Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)]. M.: Agropromizdat, 1985, 315 p.
14. Zaharov A.I. Sovershenstvovanie sistemy sevooborotov i struktury posevov v sovremennyh usloviyah [Improving the system of crop rotations and the structure of crops in modern conditions]. *Zemledelie*, 2002, no. 4, pp. 6-7.
15. ZHidkov V.M., Zelenev A.V. *Biologizirovannye priemy povysheniya urozhajnosti zernovyh kul'tur v Volgogradskoj oblasti: monografiya* [Biologized techniques for increasing the yield of grain crops in the Volgograd region: monograph]. Volgograd, Volgogradskaya GSKHA, 2011, 188 p.
16. Seminchenko E.V. Vliyanie predshestvennikov i meteouslovij na urozhajnost' ovsya [The effect of predecessors and meteo conditions on the yield of oats]. *Vestnik Gorskogo GU*, 2020, no. 1, pp. 53-59.
17. Seminchenko E.V. Rol' sideratov v uvelichenii plodorodiya pochv v se-vooborotah Nizhnego Povolzh'ya [The role of the Siderators in increasing the fertility of soils in the CE-Actress of the Lower Volga region]. *Agrohimicheskij vestnik*, 2021, no. 2, pp. 78-82.

ДАнные ОБ АВТОРЕ

Семи́нченко Елена Валерьевна, н.с., соискатель

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*

*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская
Федерация
eseminchenko@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHOR

Elena V. Seminchenko, Researcher, Postgraduate Student

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Pro-
tective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation
eseminchenko@mail.ru*

SPIN-code: 2756-2340

ORCID: 0000-0003-3155-9563

Scopus Author ID: 57222146275

Поступила 07.09.2021

После рецензирования 30.10.2021

Принята 03.11.2021

Received 07.09.2021

Revised 30.10.2021

Accepted 03.11.2021

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-144-155

UDC 631.147

DIGITALIZATION IN AGRICULTURE: PROBLEMS OF IMPLEMENTATION

E.F. Amirova, N.K. Gavrilyeva, A.V. Grigoriev, I.V. Sorgutov

The relevance of the research topic is determined by the fact that at the present stage the targets of modern agricultural production are concluded in the need to increase the volume of output of livestock and crop production while maintaining quality. At the same time, this topic has a certain problem field, since the growth rate of output in the industry in question is impossible today without the use of advanced technologies. In this context, the leading role belongs to the digitalization of agriculture, since only through high-tech approaches at the present stage it is possible to ensure highly competitive work of agricultural enterprises.

The purpose of the study is to analyze the problems of digitalization implementation in agriculture. In the process of writing the work, comparative, analytical methods were used, through which a number of publications and monographs of recent years were studied within the framework of the topic of this article.

The results of the study should include the justification of the need to implement a number of measures including retraining and training of personnel, synchronization of existing production processes with innovative solutions, as well as to organize the necessary financing for the implementation of these measures. It was concluded that these measures will optimize the process of digitalization of the agricultural sector and increase the productivity of agricultural enterprises.

Keywords: digitalization; agriculture; personnel training; innovative solutions

For citation. Amirova E.F., Gavrilyeva N.K., Grigoriev A.V., Sorgutov I.V. Digitalization in Agriculture: Problems of Implementation. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 144-155. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-144-155

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ

Е.Ф. Амирова, Н.К. Гаврильева, А.В. Григорьев, И.В. Соргутов

Актуальность темы исследования определена тем, что целевые ориентиры современного сельскохозяйственного производства заключены на со-

временном этапе в необходимости повышения объема выпуска продукции животноводства и растениеводства при сохранении качества. При этом, указанная тема имеет определенное проблемное поле, поскольку темпы прироста объемов выпуска продукции в рассматриваемой отрасли невозможны сегодня без применения передовых технологий. В данном разрезе ведущая роль принадлежит цифровизации сельского хозяйства, поскольку только за счет высокотехнологичных подходов на современном этапе можно обеспечить высоко конкурентоспособную работу предприятий АПК.

Целью исследования выступает анализ проблем внедрения цифровизации в сельском хозяйстве. В процессе написания работы были применены сравнительный, аналитический методы, посредством которых было проведено исследование ряда публикаций и монографий последних лет в рамках темы настоящей статьи.

К результатам исследования следует отнести обоснование необходимости осуществления ряда мероприятий включающих переподготовку и обучение персонала, синхронизацию существующих производственных процессов с инновационными решениями, а также организовать необходимое финансирование внедрения указанных мероприятий. Был сделан вывод, что указанные мероприятия позволят оптимизировать процесс цифровизации сельскохозяйственной отрасли и повысить производительность труда предприятий сферы АПК.

Ключевые слова: *цифровизация; сельское хозяйство; подготовка персонала; инновационные решения*

Для цитирования. *Амирова Е.Ф., Гаврильева Н.К., Григорьев А.В., Соргутов И.В. Цифровизация в сельском хозяйстве: проблемы внедрения // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 144-155. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-144-155*

Introduction

Agriculture is one of the main industries that affect the level of employment of the population and the economy of any country as a whole. The introduction of digitalization in the agricultural sector is just beginning, the pace of implementation is very low, which significantly slows down the process of increasing the pace of production and the entire business chain of food production and sale. The adoption and implementation of digitalization of agriculture can improve life and accelerate the development of the economy [4].

Digital agriculture is defined as the design, development, conceptualization, application and evaluation of innovative ways of applying new information

and communication technologies [5]. Agriculture is, as you know, one of the most important sectors of the economy, for this reason, information technology should gradually replace the old techniques and methods of work, allowing to increase the productivity of agricultural enterprises several times [1].

The purpose of the work is to consider the features of digitalization in agriculture and identify the problems of its implementation in the production and management process of this sphere.

Materials and methods

In the process of writing the work, comparative, analytical methods were used, through which a number of publications and monographs of recent years were studied within the framework of the topic of this article.

Results

The ever-growing global demand for food, feed, fiber and clean energy increases the pressure on agroecosystems. Increased stress negatively affects the natural sustainability of agroecosystems and is expected to lead to unprecedented environmental changes on a global scale [12]. Changing climatic conditions are accompanied by high and low heat stress, changes in precipitation patterns, increased carbon dioxide content, increased frequency of extreme weather events such as droughts, floods, cyclonic disturbances and increased soil salinization. These effects lead to an increase in production costs, pest infestation, and morbidity, which together increases the burden on agricultural land worldwide [17].

Due to the growing demand for food, supply chain tensions and declining soil carbon levels pose a challenge for future generations to meet the nutritional needs of 9.7 billion people by 2050.

The emergence of digital technologies in agriculture can contribute to reducing the tension of this situation. Digital technologies are expanding the scale of sustainable management of agricultural lands and resources, as well as increasing the associated productivity, services and security of livelihoods around the world [20].

Crop varieties, plots and sustainable farming methods for specific fields are being developed, and the data obtained as a result of promising practices can be stored and analyzed using digital technologies. Digitalization has advanced rapidly in the agricultural sector, making its presence felt in various aspects, such as land assessment, soil and crop suitability, weather information, crop growth, biomass and productivity, precision farming, as well as various stages of agricultural production. the chain (processing, packaging, delivery, consumption and handling of agricultural waste) [8].

Digitalization adds multi-purpose benefits to global agriculture through real-time monitoring, conventional smartphones and fingertip-based computers, as well as consultations based on satellite and meteorological information. These IoT technologies can prevent and allow you to plan solutions to upcoming problems, such as pest infestations or disease outbreaks.

Digital technologies also help to choose optimal methods focused on high yields, accurate resource costs, lower production costs with higher nutritional quality of agricultural products, geotagging for accurate prophecy, energetic and flexible farming methods, crop data management, post-harvest services, and agroindustries. Various technologies such as remote sensing, geographic information System (GIS), smartphone, robotics, artificial intelligence, genomics, bioinformatics and digital technologies based on big data are used to achieve the goal of agricultural sustainability and the goals of the UN SDGs [12].

In the conditions of digitalization, various equipment is used (sensors, ground robot, drones, automation of nurseries, robotics, robotic irrigation, precise fertilization of the soil between dense crops, automated tractors for harvesting), software (geocarting, computer visualization technology), and their combination (robots for micro-spraying for targeted use of herbicides, automated weed uprooting and robotics for pruning with computer visualization) are already in use [10]. The details and implications of using the Internet of agricultural technologies are described in the following subsections, which define the promising opportunities offered by digitalization.

Attention should be paid to individual technologies in the framework of digitalization of agriculture. Remote sensing (RS) and GIS methods offer various solutions, ranging from the identification of crop species, sustainable management of farming systems by an individual agricultural enterprise to the development of agricultural policy. Thus, increased agricultural production, conservation of resources, aboveground biodiversity, gender equality and empowerment of farmers can be achieved by integrating these modern digital tools [14].

The integration of RS-GIS, fuzzy logic and multi-criteria assessment using the analytical hierarchy process allows you to create an excellent database and a guide map for effective land use models, crop diversity, planning, monitoring of agroecosystem activities and decision-making. These integration methods provide fast and efficient access to a large amount of information, identifying relationships, patterns and useful trends for combining soil research data in order to more accurately assess the suitability of land use. Studies have demonstrated the advantages of using these methods as a viable alternative to high-performance and stable agricultural systems over time [17].

Intelligent integration of GIS-based technologies promises better farming systems in production areas with increased resilience while mitigating the effects of climate change. For example, GIS remote sensing tools have been used in citrus orchards in China, where digital maps and simulation-based knowledge of terrain topography, land use, soil types, climatic conditions and altitude predicted suitable areas for citrus cultivation and their sustainable development. management from the field to the end users.

The RS data help in exceptional cases to decipher the spatial and temporal characteristics of the earth, including the influence of the environment on the growth of crops. So, there is evidence that these technologies have been applied to increase the sustainability of potato production.

The use of extended multispectral images in the RS was emphasized as an effective monitoring tool for determining vegetation dynamics, plant health and crop yield prediction with various methods of work. Consequently, decisions related to the quantitative export and import of the product within the region can be made with confidence in order to increase the net economic benefit for the agricultural sector [16].

Through RS-GIS-based technologies, operators of agricultural enterprises receive accurate maps, crop information, field assessment and soil characteristics that are beneficial to state producers, since they can provide the necessary projects to support farmers. In addition, these systems provide more accurate information about climatic parameters for the creation of heat- and drought-resistant crop varieties using various breeding approaches.

RS-GIS technologies are also used to reduce environmental pollution by agricultural waste. A significant number of plastic products made on the basis of synthetic polymers, which are used in agriculture in various processes, such as mulching, shading plants, annually becomes unusable. The sustainable management of land and crops, along with the maintenance of soil biodiversity, requires the regular removal of these polymers. Here it is possible to use easily updated databases and GIS-based maps that allow you to determine the volume of plastic on farms, outline places for plastic collection and develop a monitoring and decision-making system for identification and collection, followed by their proper delivery to farms. processing companies [10].

The involvement of geoinformatics and decision support systems in precision irrigation plays an important role in the sustainable management of water resources and is crucial for those countries where water is a scarce or very limited resource, as well as in arid and semi-arid areas. However, this method requires combining large sets of accurate and highly accurate data on the characteristics of land and water

resources. Factors such as the high cost of maintenance and calibration of sensors make its implementation tedious, especially in developing countries.

While these technologies are still a challenge for many countries, the availability of open source geospatial platforms such as GIS and RS opens up new opportunities for their application in low-income systems. In addition, the active participation of stakeholders is required to emphasize the availability and feasibility of such GIS software for the rest of the farming community and supply chain participants [14].

The world is now experiencing an era when online information is becoming more widespread, and various applications for phones, computers and other devices are used to obtain it. A scientific approach to the process of digitalization in the agricultural sector can further stimulate the integration of new digital technologies into agricultural practice, offering several opportunities to significantly improve the social, economic and environmental sustainability of food production systems.

Discussion. Globally, agricultural transformation is proceeding at a rapid pace, with information and communication technologies (ICT) and digitization being central participants in this process. The use of mobile application software by almost all stakeholders in agriculture increases the efficiency of resource use and equally helps to reduce the costs associated with production, while increasing productivity and net economic profit [16].

The use of mobile applications by professionals in the field of agriculture, science and technology provides access to information related to farming methods taking into account climatic requirements. The integration of digital access helps to make decisions during production and at subsequent stages of the supply chain. Today, more than 5.2 billion people in the world have access to mobile devices worldwide. Worldwide, the number of cell phone users exceeds 3 billion, and in the next few years their number will grow by several hundred million. The effectiveness of mobile phones and applications was also confirmed, as well as their importance for the dissemination of agricultural information among agricultural specialists.. However, the use of ICT in agriculture does not always lead to an increase in harvests and profits for each farm [19].

Thus, despite the positive results of using mobile applications in improving small-scale agriculture, many farmers still remain in the “dark” due to lack of access to technology. It is noteworthy that vital obstacles that hinder digitalization in agriculture (for example, the use of mobile phones/applications and ICT), especially in rural areas, include lack of Internet connectivity, lack of digital capabilities, difficulties with using ICT applications, as well as digital illiteracy[12].

Climate change threatens the growth of agricultural production, food security and the livelihoods of millions of people around the world. Agriculture

contributes significantly to greenhouse gas (GHG) emissions and global warming. Climate-optimal agriculture practices based on digital technologies that combine the benefits of sustainable production, climate change resilience and greenhouse gas emissions reduction seem very promising and offer a potential solution to existing problems [10]. However, despite the various advantages of optimal agriculture technologies, currently the level of their adoption by farmers is relatively low. Factors such as the socio-economic characteristics of farmers, the biophysical environment in a particular location, and the characteristics of new technologies influence the adoption of optimal agriculture technologies. Food systems must undergo a significant digital transformation to address the ever-growing challenges of food security and climate change [7].

Digitalization also plays an important role in the organization of precision farming. Precision farming is the practice of farming carried out in a certain place and at a certain time, rather than uniform application throughout the field. Lower environmental risks, higher yields (reducing global hunger) and economic benefits (reducing poverty) for farming communities are fundamental attributes of precision farming. Precision agriculture uses robotics, artificial intelligence and deep learning processes for the next generation, and it is an environmentally sound practice of sustainable agriculture.

Modern unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones capable of providing space-time and spectral recordings with hyperclass remote sensing can solve a variety of problems related to agroecosystems, the farming community and strengthen the path of precision farming. UAVs contain various sensors for predicting real-time information about drought, soil nutrients, plant growth, yield, diseases, pesticides and weeds, pests, weather parameters, soil type, moisture content, as well as spraying of pesticides and fertilizers [11].

Thermal imaging images, combined thermal and hyperspectral data, object-based images and UAV models can be the best technologies for detecting drought stress, determining crop yield opportunities and territories, etc.

Artificial intelligence has been proven to improve the impact of precision farming. For example, the integration of advanced artificial intelligence models, deep reinforcement learning, information and cloud technologies has the potential to conserve critical agricultural resources while increasing food production and sustainability. National governing bodies are also embracing the emergence of these integrated technologies to improve advisory services and data availability for agribusiness[16].

The Internet expands the system of knowledge about agriculture and the decision-making process for better management of agriculture. In addition, precision farming is growing faster thanks to the rapid research and development of

cheaper sensors, better control and computer imaging systems with developing artificial intelligence. Consequently, many semi-autonomous and autonomous unmanned ground vehicles or ground-based robotics have been successfully applied to seed sowing, irrigation, spraying, pruning, harvesting, real-time monitoring and mapping to save resources, finance and the environment.

In precision farming, data expressed in the form of various names, such as *Digital Farming*, *Agriculture 5.0* and *Smart Farming*, increase the accuracy of the agricultural enterprise and help in making critical operational decisions. For example, remote sensing technologies such as the American *Landsat* satellites, the European *Sentinel 2* satellite system, Indian remote sensing satellites (*IRS*), etc. This equipment provides agricultural information that helps in sustainable planning and management of agriculture [14].

Some other examples of robotic technologies, such as *Vinbot*, *VineRobot*, *VineScout* and *GRAPE*, have crop measurement devices and provide reliable multi-season monitoring of plant health.

In addition, there are also such interesting platforms in the field of robotics in agriculture as *Naïo Technologies* and *RowBot Systems LLC*. The first is associated with mechanical weeding, and the second is used for selective fertilization, mapping crop growth and other field-related tasks. The Geographic Information System (GIS) at the field level provides satisfactory information for implementation, operational planning and documentation for the management of farming systems.

Conclusion

The introduction of digital technologies in agriculture is a pointer to increasing incomes, improving nutrition and public health, optimizing food prices and creating jobs. It should be noted that the ability of agricultural companies to receive up-to-date information on the state of the environment or monitoring data on the main areas of agricultural activity, process and use it for the introduction of new technologies depends on the level of education and training of specialists in the agricultural sector, which is still at a fairly mediocre level. Accordingly, it is necessary to widely introduce new ways of training and retraining personnel of agricultural enterprises in the field of digitalization and informatization, as well as to train specialists of the agricultural sphere in specialized universities, taking into account the digital technologies being introduced.

References

1. Bel'skiy V.I. *Problemy ekonomiki*, 2019, no. 1 (28), pp. 12-19.
2. Voronin B.A., Mitin A.N., Pichugin O.A. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2019, no. 4 (183). https://doi.org/10.32417/article_5cfa04a236d520.12761241

3. Kostyukova K. S. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie)*, 2020, no. 4, pp. 358-369. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.4.358-369>
4. Lysenko A.N. *AON*, 2019, no. 2. http://aes.urgau.ru/images/2019/02/10_02_2019.pdf
5. Chekkueva L.K. *Kant*, 2019, no. 4 (33), pp. 108-112.
6. Yurina N.N. *Beneficium*, 2018, no. 2 (27), . 92–97.
7. Abraham S. et al. Manijacob Remote environmental monitoring using Internet of Things (IoT) GHTC 2017 - *IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. Proc.* 2017, no. 1, pp. 1–6.
8. Adamides G. et al. Smart farming techniques for climate change adaptation in Cyprus. *Atmosphere (Basel)*, 2020, no. 11 (2020), p. 557
9. Appio F.P. et al. Digital transformation and innovation management: a synthesis of existing research and an agenda for future studies. *J. Prod. Innov. Manag.*, 2021, no. 38, pp. 4-20
10. Basso B. et al. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nat. Sustain.*, 2020, no. 3, pp. 254-256
11. Blanco I. Agricultural plastic waste mapping using GIS. A case study in Italy *Resour. Conserv. Recycl.*, 2018, vol. 137, pp. 229-242.
12. Boursianis A.D. et al. Goudos Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: a comprehensive review. *Internet Things.*, 2020, no. 16, pp. 19-26.
13. Bu F. et al. A smart agriculture IoT system based on deep reinforcement learning. *Futur. Gener. Comput. Syst.*, 2019, no. 99, pp. 500-507.
14. Saiz-Rubio V. From smart farming towards agriculture 5.0: a review on crop data management. *Agronomy*. 2020, no. 10, p. 207.
15. Rossotto C.M. et al. Digital platforms: A literature review and policy implications for development. *Competition and Regulation in Network Industries*, 2018, no. 19 (1–2), pp. 93-109.
16. Pesce D. et al. When culture meets digital platforms: Value creation and stakeholders' alignment in big data use. *Current Issues in Tourism*, 2019, no. 22 (15), pp. 1883-1903.
17. Liu M. et al. Examining completion rates in web surveys via over 25,000 real-world surveys. *Social Science Computer Review*, 2018, no. 36 (1), pp. 116-124.
18. Kenney M. et al. The platform economy: restructuring the space of capitalist accumulation. *Cambridge journal of regions, economy and society*, 2020, no. 13 (1), pp. 55-76.
19. Pagliosa M. Ferreira Industry 4.0 and Lean Manufacturing: a systematic literature review and future research directions *J. Manuf. Technol. Manag.*, 2019, no. 32, pp. 543-569.

20. Newhart K.B. Hering Hybrid statistical-machine learning ammonia forecasting in continuous activated sludge treatment for improved process control. *J. Water Process Eng.*, 2020, no. 37, pp. 89-93.

Список литературы

1. Бельский В.И. Преимущества и проблемы цифровизации сельского хозяйства // Проблемы экономики. 2019. №1 (28). С. 12-19.
2. Воронин Б.А., Митин А.Н., Пичугин О.А. Управление процессами цифровизации сельского хозяйства России // Аграрный вестник Урала. 2019. №4 (183). https://doi.org/10.32417/article_5cfa04a236d520.12761241
3. Костюкова К.С. Цифровизация сельского хозяйства в Японии // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. №4. С. 358-369. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.4.358-369>
4. Лысенко А.Н. К вопросу цифровизации сельского хозяйства // АОН. 2019. №2. http://aes.urgau.ru/images/2019/02/10_02_2019.pdf
5. Чеккуева Л.К. Преимущества и недостатки цифровизации сельского хозяйства в России // Kant. 2019. №4 (33). С. 108-112.
6. Юрина Н.Н. Направления цифровизации сельского хозяйства России // Beneficium. 2018. №2 (27). С. 92–97.
7. Abraham S. et al. Manijacob Remote environmental monitoring using Internet of Things (IoT) GHTC 2017 // IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. Proc. 2017. №1. P. 1–6.
8. Adamides G. et al. Smart farming techniques for climate change adaptation in Cyprus // Atmosphere (Basel). 2020. № 11 (2020). P. 557
9. Appio F.P. et al. Digital transformation and innovation management: a synthesis of existing research and an agenda for future studies // J. Prod. Innov. Manag. 2021. № 38. P. 4-20
10. Basso B. et al. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems // Nat. Sustain. 2020. № 3. P. 254-256
11. Blanco I. Agricultural plastic waste mapping using GIS. A case study in Italy Resour. // Conserv. Recycl. 2018. Vol. 137. P. 229-242.
12. Boursianis A.D. et al. Goudos Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: a comprehensive review // Internet Things. 2020. № 16. P. 19-26.
13. Bu F. et all. A smart agriculture IoT system based on deep reinforcement learning // Futur. Gener. Comput. Syst. 2019. № 99. P. 500-507.
14. Saiz-Rubio V. From smart farming towards agriculture 5.0: a review on crop data management // Agronomy. 2020. № 10. P. 207.

15. Rossotto C.M. et al. Digital platforms: A literature review and policy implications for development // *Competition and Regulation in Network Industries*. 2018. №19 (1–2). P. 93-109.
16. Pesce D. et al. When culture meets digital platforms: Value creation and stakeholders' alignment in big data use // *Current Issues in Tourism*. 2019. № 22 (15). P. 1883-1903.
17. Liu M. et al. Examining completion rates in web surveys via over 25,000 real-world surveys // *Social Science Computer Review*. 2018. № 36 (1). P. 116-124.
18. Kenney M. et al. The platform economy: restructuring the space of capitalist accumulation // *Cambridge journal of regions, economy and society*. 2020. № 13 (1). P. 55-76.
19. Pagliosa M. Ferreira Industry 4.0 and Lean Manufacturing: a systematic literature review and future research directions // *J. Manuf. Technol. Manag.* 2019. № 32. P. 543-569.
20. Newhart K.B. Hering Hybrid statistical-machine learning ammonia forecasting in continuous activated sludge treatment for improved process control // *J. Water Process Eng.* 2020. № 37. P. 89-93.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elmira F. Amirova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University

65, K. Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation

elmira_amirova@mail.ru

Nadezhda K. Gavrilyeva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Arctic State Agrotechnological University

3 km, Sergelyakhskoe highway, 3, Yakutsk, Russian Federation

nadezheda@inbox.ru

Alexander V. Grigoriev, Senior Lecturer

Moscow Aviation Institute (National Research University)

*3, Orshanskaya Str., Moscow, 121552, Russian Federation
grigorev.83@mail.ru*

Иля V. Sorgutov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
*Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov
23, Petropavlovskaya Str., Perm, 614990, Russian Federation
Sorgutov_iliya@mail.ru*

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Амирова Эльмира Фаилевна, кандидат экономических наук, доцент
*Казанский государственный аграрный университет
ул. К. Маркса, 65, г. Казань, 420015, Российская Федерация
elmira_amirova@mail.ru*

Гаврильева Надежда Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
3 км, Сергеляхское ш., 3, г. Якутск, Российская Федерация
nadezheda@inbox.ru*

Григорьев Александр Владимирович, старший преподаватель
*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
ул. Оршанская, 3, г. Москва, 121552, Российская Федерация
grigorev.83@mail.ru*

Соргутов Илья Валерьевич, кандидат экономических наук, доцент
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова»
ул. Петropавловская, 23, г. Пермь, 614990, Российская Федерация
Sorgutov_iliya@mail.ru*

Поступила 18.11.2021

После рецензирования 07.12.2021

Принята 10.12.2021

Received 18.11.2021

Revised 07.12.2021

Accepted 10.12.2021

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-156-176

УДК 612.82:612.769

К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.А. БЕРНШТЕЙНА: НОВОЕ ЗНАНИЕ В ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ

Р.М. Гимазов

В середине XX века Николай Александрович Бернштейн предложил авторскую концепцию построения движений у человека. Однако, эти знания не нашли практического применения. Причинами послужило, во-первых, руководство исследователями научным положением, принятое за аксиому, что каждый уровень нервной системы имеет свой класс движений. Во-вторых, это отсутствие понятия цель двигательных действий в теории построения движений.

Цель. *Сообщить новое знание в теории построения движений у человека.*

Методы. *Обобщение результатов собственных исследований в период с 2011 по 2021 годы по изучению положений теории и практики построения движений у человека.*

Результаты. *Получено новое знание о теории построения движений: 1 – выделение понятия цели двигательных действий как отдельного системообразующего фактора образования функциональных систем в двигательной функции человека; 2 – процесс построения движений в двигательном действии – это образование функциональных систем на каждом неврологическом уровне; 3 – двигательное действие проходит в своём строительстве все уровни нервной системы; 4 – применительно к двигательному обучению человека характеристика «ловкости» нам необходима для оценки результа-*

тивности процесса построения нервной системой требуемых движений для достижения цели двигательного действия.

Ключевые слова: Н.А. Бернштейн; построение движений; двигательные задачи; решения двигательных задач; уровни нервной системы; цель; функциональная система

Для цитирования. Гимазов Р.М. К 125-летию со дня рождения Н.А. Бернштейна: новое знание в теории построения движений // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 6. С. 156-176. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-156-176

TO THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF N.A. BERNSTEIN: NEW KNOWLEDGE IN THE THEORY OF CONSTRUCTION OF MOVEMENTS

R.M. Gimazov

In the middle of the twentieth century, Nikolai Alexandrovich Bernstein proposed the author's concept of building movements in humans. However, this knowledge has not found practical application. The reasons were, firstly, the researchers' guidance of the scientific position, taken as an axiom that each level of the nervous system has its own class of movements. Secondly, this is the absence of the concept of the goal of motor actions in the theory of movement construction.

Purpose. *To present new knowledge in the theory of the construction of movements humans.*

Methods. *Generalization of the results of own research in the period from 2011 to 2021 on the study of the provisions of the theory and practice of building movements in humans.*

Results. *New knowledge about the theory of the construction of movements for their practical application in human motor learning was obtained: 1 – in the separation of the concept of the goal of motor actions as a separate system-forming factor in the formation of functional systems in the motor function of a person; 2 – the process of building movements in motor action is the formation of functional systems at each neurological level; 3 – the process of building motor action passes through all levels of the nervous system; 4 – In relation to human motor learning, the characteristic of “dexterity” is necessary for us to assess the effectiveness of the process of building the required movements by the nervous system to achieve the goal of motor action.*

Keywords: *N.A. Bernstein; construction of movements; motor tasks; solutions of motor problems; levels of the nervous system; goal; functional system*

For citation. *Gimazov R.M. To the 125th Anniversary of the Birth of N.A. Bernstein: New Knowledge in the Theory of Construction of Movements. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 156-176. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-156-176*

Введение

В середине XX века Николай Александрович Бернштейн, систематизировав научные достижения того времени о двигательной функции у позвоночных, предложил авторскую концепцию построения движений человека, построенную на научных наблюдениях [4, 5]. Гениальные взгляды учёного оставались долгое время, за редким исключением, в теории и не переходили к практической реализации. Причинами могли стать самые различные предпосылки.

К первой группе причин следует отнести приводимые Н.А. Бернштейном примеры проявления каждым уровнем нервной системы своих собственных движений. У большинства читающих труды Н.А. Бернштейна создалось именно такое мнение, что у каждого уровня свои действия. Одни пытались расширить, систематизировать или хотя бы дополнить перечень новыми движениями, которые принадлежат тому или иному уровню нервной системы. Однако эти попытки не увенчались успехом. Другие, видя безрезультатность таких попыток, оставляли свои исследования научных положений теории построения движений [13, с.7; 16, 17, 18, 21, 23, 26, 32].

Ко второй группе относятся причины приводящие к формированию фрагментарности знания у большинства последователей его трудов, которое было predetermined самим способом изложения теории построения движений. Мозаичность восприятия материала возникла как результат слабого применения образного мышления у современных исследователей из-за принятого в современной науке строгого следования причинно-следственным связям логического мышления. Лишь осознание наличия образного изложения материалов у Николая Александровича, а не только сухого логического, позволяет несколько иначе увидеть замысел того, чем руководствовался, как мне представляется, сам Н.А. Бернштейн. Изучая труды «О построении движений» [4, 5], «О ловкости и ее развитии» [3], «Биомеханика и физиология движений» [2], нередко перед нами возникали вопросы почему и как Николай Александрович пришёл к тому или иному

положению. Ведь строгий анализ логических посылок никак не приводил к столь ошеломительному заключению. Постоянное указание автором на ссылки, которые он изложил в предыдущих главах, и есть тот самый механизм образного научного изложения, однако для читателя они казались несущественными. Стоит признать, что Н.А. Бернштейн обладал редким для учёного даром – образным научным мышлением. Это было для него и достоинством, и, в то же время, недостатком. Исходя из логики образного научного мышления следует перечитать его теорию построения движений. Только такой целостный охват всего изложенного позволяет «увидеть» скрытую направленность описываемых им примеров при описании процесса построения движений.

К третьей группе причин относятся недостатки, которыми обладали научно-техническое оборудование того времени. Недостаток научных знаний, слабое техническое оснащение середины XX века, если смотреть с позиций начала XXI века, не позволили как самому Н.А. Бернштейну, так и его последователям провести необходимые эксперименты [29]. В своей работе «О построении движений» (1947) Н.А. Бернштейн сетует на закрытость фоновых уровней от возможностей измерительных приборов. В частности он пишет, что «Рубро-спинальный уровень А представляет собой, судя по всем данным, уровень высокой и жесткой точности. Но так как почти вся его работа протекает в области очень глубоко скрытых и замаскированных, физиологических и биомеханических фонов, то вскрыть показатели этой целевой точности и сделать их доступными измерению очень трудно для регистрационной техники настоящего времени» [4, с. 244–245]. Следует отметить малое применение новых инструментальных средств и методов в настоящее время в исследованиях положений теории построения движений [13, с.47-58, 77–83; 22].

Основное, что упускалось из вида – это ради чего начинается процесс строительства движений. В определении Н.А. Бернштейна «ловкость — это «способность двигательным выйти из любого положения», т.е. иначе это способность достигать цель двигательного действия. Выделение цели двигательных действий как отдельного системообразующего фактора образования функциональных систем в двигательной функции человека является определяющим в теории построения движений. Поэтому применение этого ключевого положения теории построения движений к педагогическому процессу обучения двигательным действиям актуализирует перед педагогами не риторический вопрос: обучать двигательному действию или обучать достигать цель двигательного действия?

Цель

Сообщить новое знание теории построения движений у человека.

Метод. Обобщение результатов собственных исследований в период с 2011 по 2021 годы по изучению положений теории и практики построения движений у человека.

Результаты исследований

Как же строит свои движения человек? Николай Александрович указывает на 5 уровней (А, В, С, D, E) в нервной системе, благодаря которым идёт производство движений у человека. Первое, что нам пришлось критически переосмыслить, стали взгляды самого Н.А. Бернштейна. Мы выяснили для того, чтобы уйти от формального восприятия основных положений теории построения движений, текст изложения в его трудах следует изучать с позиций методологического подхода образного научного исследования.

Итак, первый уровень – руброспинальный уровень нервной системы. По классификации Н.А. Бернштейна – это уровень мышечного тонуса и осанки, от которого зависит весь процесс строительства движений. Такие факторы, как преуменьшение важности значения этого уровня в процессе построения движений, не полное представление о явлении «мышечного тонуса», «осанки» [8, 11, 12, 13, с.105-107; 20, 33] как результатов решений двигательных задач руброспинального уровня нервной системы, не знание закономерностей изменения готовности нервно-мышечной системы к построению движения «закладывает мину замедленного действия» во всю дальнейшую цепочку понимания процесса строительства движений в двигательном действии. На руброспинальном уровне нервной системы обеспечивается сам процесс сокращений и релаксаций скелетных мышц, и он постоянно приспособливается под ход построения движения изменением тонуса мышечной ткани.

Мышечный тонус – это срочный результат деятельности руброспинального уровня нервной системы, отражающий процесс приспособления скелетных мышц к производству движений в двигательном действии необходимыми сокращениями и релаксациями. Одним из итогов построения движений на руброспинальном уровне нервной системы является создание и регулирование тонуса мышечной ткани, приспособленного под решения двигательных задач вышестоящего уровня нервной системы в процессе построения движений для двигательного действия.

Осанка – это кумулятивный итог деятельности руброспинального уровня нервной системы необходимый для реализации механизмов временной аккумуляции механической энергии в двигательном действии. Результатом работы функциональной системы на руброспинальном уровне нервной системы является создание и регулирование осанки, приспособленного к решению двигательных задач вышестоящего уровня нервной системы для построения движений в пространстве.

Моторная память – это результат решений двигательных задач в нервной системе необходимый для реализации механизма запоминания смыслового содержания решений двигательных задач и дальнейшего воспроизводства (узнавания) их в двигательных действиях. Этот результат следует распространить от руброспинального до лобных полей, который приспособлен учитывать предыдущий опыт решений двигательных задач для формирования нового двигательного действия.

Второй уровень – таламо-паллидарный уровень нервной системы, или иначе уровень мышечных синергий. Двигательные центры этого уровня нервной системы воспринимают текущую информацию от всего тела, кроме раздражителей, предоставляемых зрением, слухом, обонянием, т.е. информации об окружающем пространстве. Этот уровень нервной системы определяет состояние готовности нервно-мышечной системы в той ее части, которая обеспечивает решение двигательных задач, во-первых, согласования деятельности скелетных мышц при построении движений; во-вторых, к включению-выключению процессов напряжения/релаксации скелетных мышц в необходимый момент времени при построении движений; в-третьих, к отправке скелетным мышцам «дозы» нервных импульсов по частоте, амплитуде, напряжению при построении движений. Первый признак выражает результат решения двигательной задачи таламо-паллидарного уровня нервной системы – мышечную синергию, второй – кинестетическую чувствительность, третий – нервное напряжение [9, 13, с. 107-110].

Кинестетическая чувствительность – это результат решения двигательных задач на таламо-паллидарном нервном уровне, отражающий точность достижения требуемых напряжений и/или релаксаций скелетных мышц в необходимый момент времени для достижения экономичности процесса производства движений в двигательном действии.

Мышечные синергии – это результат решения двигательных задач на таламо-паллидарном нервном уровне необходимый для согласования требуемых напряжений и релаксаций скелетных мышц с возникающими внутренними и внешними физическими силами.

Нервное напряжение – это результат решения двигательных задач на таламо-паллидарном нервном уровне отражающий меру активности нервной системы для достижения необходимых напряжений и релаксаций скелетных мышц их иннервациями (напряжение, сила, частота электрического тока).

Третий уровень нервной системы, пирамидно-стриальный, продолжает построение движения, но уже во внешнем пространстве. Двигательное действие начинает приобретать пространственно-временные характеристики. На основе достижений решений двигательных задач субкортикальных уровней нервной системы этот неврологический уровень вначале стремится создать образ цели двигательного действия, затем достичь необходимую точность построения движений в двигательном действии и адекватность его проявления во внешнем пространстве, достижение стабильности цели двигательного действия в стандартных условиях. Управление процессами построения движений на этом частично кортикальном уровне нервной системы обеспечивает решение двигательной задачи с заданными характеристиками движения: необходимой траекторией, прилагаемыми усилиями, временными и скоростными характеристиками, затрачиваемой энергией, составом и последовательностью вовлекаемых в решение двигательной задачи как частей тела, так и всего тела и т.д. Это в итоге характеризует двигательное действие как правильное с точки зрения его цели – запланированного результата, который достигается двигательным действием. Результатами решений двигательных задач пирамидно-стриального уровня нервной системы являются целесообразность, исполнительская точность, стабильность [13, с.110-113].

Целесообразность – это результат решения двигательных задач на пирамидно-стриальном нервном уровне необходимый для образования ориентировочной основы образа цели действия, соответствующего возможностям обучаемого, и включает адекватность использования обучаемым выбранного способа достижения цели двигательного действия.

Исполнительская точность – это результат решения двигательных задач на пирамидно-стриальном нервном уровне необходимый для соответствия пространственно-временных и динамических характеристик системы телодвижений и движений запланированной цели двигательного действия.

Моторная стабильность – это результат решения двигательных задач на пирамидно-стриальном нервном уровне необходимый для точного воспроизводства цели двигательного действия с заданными пространственно-динамическими характеристиками телодвижений и движений в стандартных условиях (в повторных и запланированных двигательных ситуациях).

Четвёртый уровень нервной системы, теменно-премоторный, на котором решаются двигательные задачи достижения цели (результата) в рамках отведённого на их решение времени. Одним из результатов решений двигательных задач данного уровня нервной системы является временная точность (иногда употребляют понятие «чувство времени»), который позволяет человеку двигательно достигать необходимый результат с учётом новых или чем-то определяемых внешне временных условий. Этот кортикальный уровень нервной системы «строит» не двигательный состав действия – это задача была нижележащего пирамидно-стриального. Человек руководствуется иным, более высоким смыслом построения движений в двигательном действии во всей ее сложности и непрерывности в пространстве и времени – обладание необходимым и значимым для него результатом во временной логике достижения цели двигательного действия. К решению двигательных задач теменно-премоторного уровня нервной системы человек подходит с изворотливостью и инициативностью, т.е. проявляет свою находчивость, задействовав к реализации своей двигательной функции высшие психические процессы центральной нервной системы – мышление, воображение, прогнозирование и др. Неудовлетворительность решения двигательных задач этого уровня приводит к состоянию физического и психического дискомфорта. Основные двигательные ошибки построения движений на теменно-премоторном уровне связаны с недостижением или достижением цели двигательного действия (необходимого результата) в отличающихся от заданных временных условий для двигательной ситуации, что делает этот результат неактуальным или менее значимым. Также двигательные ошибки построения движений этого уровня нервной системы приводят к неустойчивости достижения цели двигательного действия в условиях воздействия на него соперников, партнеров и т.п. Результатами решений двигательных задач теменно-премоторного уровня построения движений являются временная точность и моторная устойчивость [13, с. 114–115].

Временная точность – это результат решения двигательных задач на теменно-премоторном нервном уровне необходимый для точного воспроизводства цели двигательного действия в течение актуального для двигательной ситуации отрезка времени (например, в новых и незапланированных двигательных ситуациях). В основе временной точности лежит демонстрируемая точность ритма повторного воспроизводства двигательных поз в составе формируемого действия.

Моторная устойчивость – это результат решения двигательных задач на теменно-премоторном нервном уровне необходимый для точного

воспроизводства цели двигательного действия в двигательных ситуациях под влиянием сбивающих внешних факторов и неблагоприятных условий (например, в созданных критических двигательных ситуациях).

Пятый по счёту уровень нервной системы, уровень E, относится к высшему кортикальному уровню. Высший уровень нервной системы (лобные доли) предоставляет человеку возможность воспользоваться его же «слабыми» и «сильными» решениями двигательных задач нижележащих уровней нервной системы. Человек на высшем уровне нервной системы демонстрирует свою индивидуальную культуру учёта совокупности достигнутых частных результатов решений двигательных задач (всех решений двигательных задач субкортикальных и кортикальных уровней нервной системы). Это в итоге придаёт процессу достижения цели двигательного действия своеобразный и персональный рисунок. Следовательно, индивидуализация способа достижения цели и смысла двигательного действия определяется всей совокупностью результатов решений двигательных задач в нервной системе. Способность человека реализовывать свою двигательную функцию, основываясь на решениях всех двигательных задач при построении движений для двигательного действия каждым уровнем нервной системы, определяет его индивидуальную культуру достижения цели. Именно поэтому отмечается, когда говорят о высокой (развитой, сформированной, персональной и т.д.) двигательной культуре человека, что «так может сделать только он». Наличие у человека возможности гармонизировать все решения двигательных задач в нервной системе при построении движений объясняет наличие феномена вариативности достижения цели двигательным действием. Это означает, что на высшем уровне нервной системы производится окончательная «доработка» процесса устойчивого получения необходимого результата, т.е. цели двигательного действия [13, с.115].

Индивидуальность – это результат деятельности самого высшего уровня нервной системы необходимый для гармоничного согласования всех решений двигательных задач при достижении цели двигательного действия в вариативных двигательных ситуациях.

В определении, данное Н.А. Бернштейном, ловкость характеризуется как «способность справиться с любой возникшею двигательною задачей», т.е. способность максимально эффективно использовать решения двигательных задач на уровнях нервной системы для построения необходимых движений в двигательном действии для достижения его цели. Где под двигательной задачей понимается требование к процессу построения нервной системой необходимых движений в двигательном действии. Когда мы говорим ловкий или нет человек в своих двигательных проявлениях, то фактически мы говорим о том, что он достигает полностью или частично,

или не достигает цель вовсе своими движениями (здесь могут применяться и другие качественные характеристики достижения цели двигательным действием). Применительно к двигательной функции человека, характеристика «ловкости» нам необходима для оценки результативности процесса построения нервной системой требуемых движений, в качестве утверждения результата достижения цели двигательного действия.

Таким образом, под термином «ловкость» следует понимать результат процесса построения нервной системой необходимых движений для овладения цели двигательного действия, в котором последовательно решаются двигательные задачи: на субкортикальных уровнях – приспособительно, экономно, согласованно, быстро; на кортикальных – адекватно, точно, стабильно, изворотливо, инициативно и гармонично [13, с.183]. Предложенная формулировка ловкости принципиально не отличается от классической, данной Н.А. Бернштейном, в ней присутствуют все признаки развития предложенного им научного подхода к ее определению, дополняет ее смысл и уточняет процесс овладения целью двигательного действия.

Следует уточнить некоторые существенные детали деятельности субкортикальных и кортикальных уровней нервной системы, которые позволяют несколько по-иному увидеть знакомую всем нам теорию построения движений:

- первые два уровня нервной системы создают предпосылки (условия) построения движений для видимой части двигательного действия ещё внутри тела, три последующих уровня нервной системы продолжают строительство движений уже в наблюдаемой для всех людей части действия;
- нет и не может быть двигательных действий у человека, принадлежащих только одному уровню построения в нервной системе, если он находится в сознательном состоянии. Н.А. Бернштейн в своих трудах если и приводил описание самостоятельных движений того или иного уровня нервной системы, то делал он это в качестве доказательств наличия телесных и психических возможностей управлять определенным классом движений данным уровнем нервной системы;
- любое двигательное действие совершаемое человеком проходит в своём строительстве все уровни нервной системы. Качество такого построения движений зависит от всех решений двигательных задач для двигательного действия [15].

Н.А. Бернштейн рассматривал процесс построения движений нервной системой с позиций системного подхода: «При упражнении тренируется не сам по себе рабочий орган – его суставы, кости и мышцы, а определенный круг деятельности этого органа, управляемой мозгом» [3]. В рам-

как расширения знаний о теории построения движений представляется, что его следует рассматривать как образование функциональной системы (П.К. Анохин, 1970), образуемой на уровне нервной системы [1].

Представляется, что образование функциональных систем происходит по следующей схеме: уровень нервной системы – решаемая двигательная задача – двигательные способности как материальные условия для построения движения – механизмы нервно-мышечной системы, физические и психические процессы, характеризующие уровневую подготовленность к построению движений – результат решения двигательной задачи [13, с. 100] (Таблица 1).

Таблица 1.

Структурная модель образования функциональных систем на каждом уровне нервной системы при построении движений в двигательном действии

Уровень нервной системы	Двигательная задача (как строить движения в двигательном действии)	Двигательные способности	Показатели механизмов нервно-мышечной системы, физических и психических процессов	Результат решения двигательной задачи
1	2	3	4	5
А. рубро-спинальный	Приспособительно	К сокращению и релаксации скелетных мышц в различных условиях вязкости; к созданию необходимой жёсткости и упругости скелетных мышц, необходимых для создания движения; учета постоянно меняющихся линейных размеров скелетных мышц во время движения для создания напряжения/релаксации	Скорость сокращения, рН, активности ферментов и содержания субстратов, морфометрические показатели, цвет, тип волокна, АТФ-азная активность, длина мышечных волокон, колебания длины тела стоя и др.	Мышечный тонус
		Обеспечивающие механизм временной аккумуляции механической энергии движений в многозвенной шарнирно-стержневой системе	Позвоночный индекс Дельмаса и другие пространственные характеристики конфигурации осанки	Осанка
		Обеспечивающие воспроизводство/ узнавание решения двигательной задачи, сходной по смыслу с задачей в формируемом двигательном действии	Предыдущий опыт решения двигательных задач	Моторная память

Продолжение таблицы 1.

В, таламо-паллидарный	Экономно	К напряжению/релаксации объединённой группы скелетных мышц в необходимый момент времени для решения двигательной задачи	Проприоцепции, обеспечивающие чувство: положения, движения, обнаружения, различения	Кинестетическая чувствительность
	Согласованно	К согласованию всех своих напряжений и релаксаций скелетных мышц, исходя из масс-инерционных характеристик звеньев тела и тела в целом	Масс-инерционные характеристики ОДА, реактивные силы, моменты сил в суставах	Мышечная синергия
	Быстро	К отправке из двигательных центров скелетным мышцам «дозы» нервных импульсов по частоте, амплитуде, напряжению для решения двигательной задачи	Собственные колебания частей тела (тремор) и всего тела, н-р, частотные характеристики тела	Нервное напряжение
С, пирамидно-стриальный	Адекватно	Обеспечивающие соответствие образа цели действия возможностям обучаемого и выбор способа достижения цели действия	Образ цели и способ ее достижения системой телодвижений и движений, фазовым составом действия	Целесообразность
	Точно	Обеспечивающие соответствие пространственно-временных и динамических характеристик системы телодвижений и движений запланированной цели двигательного действия	Кинематические, динамические, энергетические, фазовые, пространственные характеристики действия	Исполнительская точность
	Стабильно	Обеспечивающие постурологическую устойчивость системы телодвижений и движений человека для получения цели двигательного действия с необходимыми биомеханическими характеристиками в повторных и запланированных двигательных ситуациях	Ритм движения, перемещения общего центра тяжести тела и центров тяжести частей тела, пространственные координаты траектории движения звеньев и всего тела и т.д.	Моторная стабильность

Окончание таблицы 1.

D, премоторный	Изворотливо	Обеспечивающие точное воспроизводство цели двигательного действия в течение актуального для двигательной ситуации отрезка времени	Темп движений, точность и адекватность в новых и незапланированных двигательных ситуациях	Временная точность
	Инициативно	Обеспечивающие точное воспроизводство цели двигательных действий в двигательных ситуациях под влиянием сбивающих внешних и внутренних факторов	Ряд психофизиологических реакций и состояний организма – страха, боязни, тревоги, депрессия, тревожность и др. создающих нервно-психическую напряжённость у человека, приводящих к двигательным ошибкам	Моторная устойчивость
E, ассоциативно-теменной и лобных полей 44 и 47	Гармонично	Обеспечивающие гармонизацию всех решений двигательных задач в возникающих двигательных ситуациях для достижения цели двигательного действия	Цель и смысл результата построения движений в двигательном действии	Индивидуальность

Функциональная (двигательная) система может образоваться только при наличии двигательных способностей, т.е. в некоторой совокупности организменных (телесных и психических) условиях, которые включают в себя компоненты той или иной анатомической принадлежности. В рамках, вовлеченных в процесс строительства движений условий (двигательных способностей) реализуются необходимые механизмы нервно-мышечной системы, физических и психических процессов для решения двигательных задач в образуемой функциональной системе.

Обнаруженная последовательность решений двигательных задач позволяет представить ее в системном виде. Базой для ее изображения становятся выявленное новое знание о процессе построения движений в двигательном действии (Рисунок 1).

Обсуждение. Представление о построении движения через решение двигательных задач было предпринято Н.А. Бернштейном (1947). Хотя этот взгляд был им сформулирован в определении ловкости, однако, в последствии трудами других ученых далее это научное направление трансформировалось до координации движений. Сам же Н.А. Бернштейн

рассматривал построение движения как процесс решения «двигательной задачи», и понятие задачи стало основополагающим для физиологии активности [6].

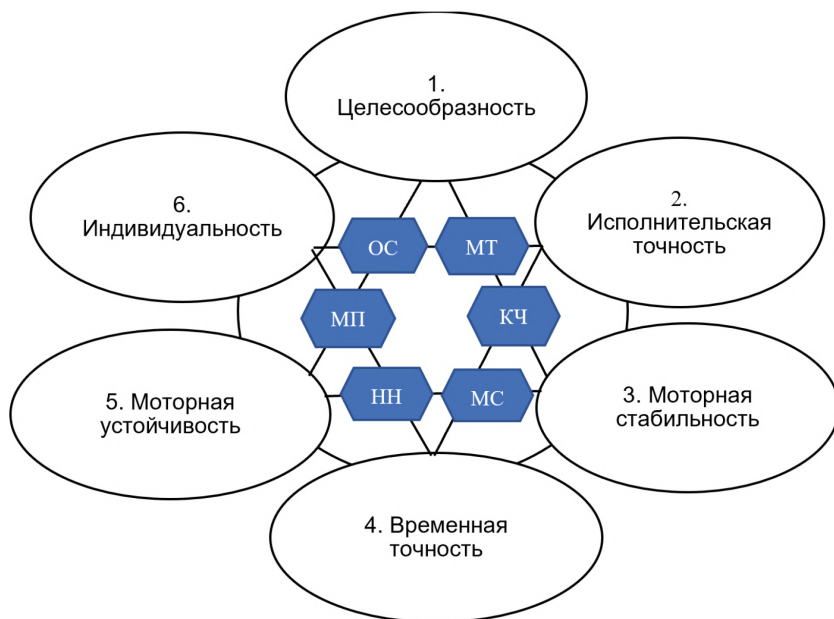


Рис. 1. Системный вид результатов решения двигательных задач на субкортикальных и кортикальных уровнях нервной системы. Примечание: МТ – мышечный тонус, ОС – осанка, КЧ – кинестетическая чувствительность, МС – мышечная синергия, НН – нервное напряжение, МП – моторная память

Процесс решения двигательных задач происходит на всех уровнях нервной системы построения движений, где каждому уровню подвластны свои специфические двигательные задачи (при условии нормального их функционирования, без патологий и каких-либо отклонений): «Как строить движения для двигательного действия, чтобы можно было овладеть ее целью?». Можно констатировать, что каждый уровень нервной системы решает только свои двигательные задачи в целостном процессе построения движений для двигательного действия [13, с. 101-104].

Может ли человек вмешиваться в деятельность субкортикальных уровней построения движений? Конечно же да, для этого в нервной системе существуют пирамидные пути, благодаря которым мы можем произвольно

напрячь ту или иную мышцу, сознательно и усилием воли послать мышцам дозу нервных импульсов [24]. Но такое вмешательство затратно как по времени, так и энергетически, да и вынуждены использовать этот способ управления движениями нечасто. Желательно в реализации своей двигательной функции воспользоваться способом, предоставляемой самой природой человека – будет быстро, экономно, легко. Кроме того, учет уровня проявления результатов решений двигательных задач субкортикальных уровней нервной системы позволяет оценивать процесс строительства движений в видимой для человеческого глаза части пространства, что особенно важно для педагогического процесса обучения движениям и физической реабилитации [10, 14].

Результаты, полученные в наших исследованиях о роли решений двигательных задач на субкортикальных уровнях нервной системы в двигательной функции человека, позволяют рассматривать положение о последовательности решения двигательных задач на уровнях нервной системы при построении движений как основную, так как о таком порядке вовлеченности решений двигательных задач не раз упоминал Н.А. Бернштейн в своих публикациях. Но, как мы видим, он руководствовался не этим научным положением при описании процесса построения движений – основным для него при создании классификации движений были сенсорные коррекции и их отличительные признаки на каждом уровне нервной системы [3, 4, 5, 31].

Система взглядов Н.А. Бернштейна (1947) о построении движений методологически основывается на эволюционном законе развития нервной системы и движений у позвоночных. Гениальность наблюдений учёного заключалось в умении выделить существенные признаки изучаемого явления, дать им подробную характеристику, указать значимость во всей двигательной функции, но выстраивания процессов построения движений и формирования двигательного действия в единой системе не получилось. Вот как отмечает эту позицию А.И. Назаров: «что, к сожалению, приходится констатировать, что у Н.А. Бернштейна положения о построении движений и положения о формировании двигательного навыка имеют свои самостоятельные статусы и логически не связаны» [25, с. 38]. Как видим, прежний подход к анализу положений теории построения движений не способствует объединению описания двух частей единого явления. Не для красного словца же Николай Александрович ввел раздел о фазах формирования двигательного навыка в содержание своей теории построения движений. Как выразился профессор И.М. Туревский «ловкость – конеч-

ный продукт двигательного обучения (научения)» [30, с. 228]. Далее он отмечает, что «во всех случаях двигательного обучения, уровень качества навыков и умений (степень управляемости), как и его скорость формирования, полностью определяются уровнем «обучаемости» нервной системы. Вот почему дальнейшие успехи в спорте во многом зависят от создания подлинной научной диагностики способности нервной системы к двигательному обучению и нахождению путей своевременного развития этой способности» [7; 27; 28; 30, с. 232].

Поэтому процесс двигательного обучения должен включать в себя выявленную нами биологическую последовательность достижения цели двигательного действия во все усложняющихся условиях, выявленными способами диагностики решений двигательных задач на всех уровнях нервной системы, т.е. развитие ловкости у человека должно лежать в основе двигательного обучения [13, с.118-129]. Только так создается единство положений теории построения движений и обучения двигательным действиям.

Это только первая часть результатов изучения теории построения движений у человека с позиций функционального подхода. Второй части следует посвятить отдельную статью, в которой будут обобщены результаты практического применения нового знания о ловкости в двигательном обучении человека.

Выводы

Опора на полученные результаты десятилетних исследований позволили автору прийти к выводу, что прежние подходы и взгляды к исследованию проблем теории построения движений у человека утрачивают свою научную перспективность из-за отсутствия в методологическом подходе образного научного мышления. Результаты исследований позволили получить новое знание теории построения движений, которое можно применить для практического применения в двигательном обучении человека: 1 – выделение цели двигательных действий как отдельного системообразующего фактора образования функциональных систем в двигательной функции человека; 2 – процесс построения движений в двигательном действии – это образование функциональной системы на каждом неврологическом уровне; 3 – любое двигательное действие совершаемое человеком проходит в своём строительстве все уровни нервной системы, поэтому нет и не может быть двигательных действий у человека, принадлежащих только одному уровню построения в нервной системе, если он находится

в сознательном состоянии; 4 - применительно к двигательному обучению человека характеристика «ловкости» нам необходима для оценки результативности процесса построения нервной системой требуемых движений для достижения цели двигательного действия.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Благодарности. Автор выражает благодарность соавтору ряда публикаций и одной монографии Булатовой Галине Анатольевне.

Список литературы

1. Анохин П.К. Теория функциональной системы // Журнал Успехи физиологических наук. 1970. №1 (1). С.19–54.
2. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений: Избранные психологические труды. М.: Издательство НПО «МОДЭК», 2008. 688 с.
3. Бернштейн Н. А. О ловкости и ее развитии. М.: Физкультура и спорт, 1991. 288 с.
4. Бернштейн Н. А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.
5. Бернштейн Н. А. О построении движений. М.: Соцэкгиз, 1949. 255 с.
6. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
7. Гавердовский Ю.К. Опыт трактовки ортодоксальной дидактики в современном контексте обучения спортивным упражнениям // Теория и практика физ. культуры. 1991. № 8. С.12-20.
8. Гимазов Р. М. Биомеханические показатели руброспинального уровня управления движениями (по классификации Н. А. Бернштейна) // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. № 5 (Проблемы науки и образования). С. 84-91.
9. Гимазов Р. М. Биомеханические показатели таламо–паллидарного уровня управления движениями (по классификации Н.А. Бернштейна) // В мире научных открытий. Научный журнал. Красноярск: научно-инновационный центр, 2011. № 9.1 (Проблемы науки и образования). С. 380-390.
10. Гимазов Р. М. Взаимосвязь стабилметрических показателей постуральной мышечной координации и показателей электронейромиографии не-

- рвов нижней конечности спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2016. № 8. С. 20-23.
11. Гимазов Р. М. Классификация изгибов позвоночника у студентов в сагиттальной плоскости / Р. М. Гимазов, Г.А. Булатова, Н.Т. Диордица, Л.В. Диордица // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. № 8.1(68). (Естественные и технические науки). С. 553–560.
 12. Гимазов Р. М. Косвенный показатель фонового напряжения поперечнополосатых мышц у детей, подростков и юношей до и после спортивной тренировки // В мире научных открытий, Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. №5.3(29). (Проблемы науки и образования). С. 12–26.
 13. Гимазов Р. М. Ловкость и технология формирования техники двигательного действия. Издательские решения, 2020. 278 с.
 14. Гимазов Р.М. Обоснование методики коррекции свойств двигательных способностей человека с использованием биологической обратной связи по опорной реакции // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019. №96(3). С. 42-49.
 15. Гимазов Р.М. Построение движений: от теории к практике // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2018. № 2. С. 8-10.
 16. Гурфинкель В. С. Система внутреннего представления и управления движениями / В. С. Гурфинкель, Ю. С. Левик // Вестник РАН. 1995. Т. 65. С. 29-37.
 17. Донской Д. Д. Законы движений в спорте. Очерки по теории структурности движений. М.: Советский спорт, 2015. 178 с.
 18. Ильин Е. П. Ловкость миф или реальность? // Теория и практика физической культуры. 1982. № 3. С. 51-53.
 19. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека. СПб.: Питер, 2003. 384 с.
 20. Кашуба В. А. Биомеханика осанки. К.: Олимп. лит., 2003. 280 с.
 21. Коренберг В. Б. Основы спортивной кинезиологии: учеб. пособие. М.: Советский спорт, 2005. 232 с.
 22. Кубряк О. В. Стабилометрия, вертикальная поза человека в современных исследованиях. Обзор. Екатеринбург: Издательские решения, 2016. 55 с.
 23. Моделирование управления движениями человека / под. ред. М. П. Шестакова и А. Н. Аверкина. М.: СпортАкадемПресс, 2003. С. 168.
 24. Мтуи Э., Грюнер Г., Докери П. Клиническая нейроанатомия и неврология по Фицджеральду. Пер. с англ. под ред. Ю.А.Щербука и А.Ю. Щербука. М.: Издательство Панфилова, 2018. 400 с.

25. Назаров А. И. От рефлекторного кольца к многосвязной системе // Методология и история психологии. 2009. №2. С. 38.
26. Назаров В. Т. Аналитическое представление движений спортсмена // Вопросы теории и практики физической культуры и спорте. Шнек: Вышэйшая школа, 1984. Вып. 14. С. 121-122.
27. Озеров В. П. Психомоторные качества человека. Дубна : Феникс+, 2002. 320 с.
28. Павлов С.Е. Павлов А.С., Павлова Т.Н. Современные технологии подготовки спортсменов высокой квалификации. М.: Издательство «ОнтоПринт», 2019. 294 с.
29. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство. М.: Маска, 2010. 172 с.
30. Туревский И.М. Биомеханика двигательной деятельности: формирование психомоторных способностей. М.: Издательство Юрайт, 2019. 353 с.
31. Фарфель В. С. Управление движениями в спорте. М.: Физкультура и спорт, 1975. 208 с.
32. Шенкман Б. С., Григорьев А. И., Козловская И. Б. Гравитационные механизмы в тонической двигательной системе. Нейрофизиологические и мышечные аспекты // Физиология человека. 2017. Т. 43, № 5. С. 105.
33. Latash Mark L., Zatsiorsky Vladimir M. Biomechanics and Motor Control, Muscle Tone. 2016. P. 85–98.

References

1. Anokhin P.K. *Zhurnal Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 1970, no. 1 (1), pp. 19–54.
2. Bernshteyn N A. *Biomekhanika i fiziologiya dvizheniy: Izbrannye psikhologicheskije Trudy* [Biomechanics and physiology of movements: Selected psychological works]. М.: Publishing house NPO “MODEK”, 2008, 688 p.
3. Bernshteyn N. A. *O lovosti i ee razvitiij* [On dexterity and its development]. М.: Fizkul'tura i sport, 1991, 288 p.
4. Bernshteyn N. A. *O postroenii dvizheniy* [On the construction of motions]. М.: Medgiz, 1947, 254 p.
5. Bernshteyn N. A. *O postroenii dvizheniy* [On the construction of motions]. М.: Sotsekgiz, 1949, 255 p.
6. Bernshteyn N. A. *Ocherki po fiziologii dvizheniy i fiziologii aktivnosti* [Essays on the physiology of movements and the physiology of activity]. М.: Meditsina, 1966. 349 s.
7. Gaverdovskiy Yu.K. *Teoriya i praktika fiz. kul'tury*. 1991. no. 8, pp. 12-20.

8. Gimazov R. M. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2011, no. 5, pp. 84-91.
9. Gimazov R. M. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2011, no. 9, pp. 380-390.
10. Gimazov R. M. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2016, no. 8, pp. 20-23.
11. Gimazov R. M., Bulatova G.A., Diorditsa N.T., Diorditsa L.V. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2015, no. 8.1(68), pp. 553–560.
12. Gimazov R. M. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2012, no. 5.3(29), pp. 12–26.
13. Gimazov R. M. *Lovkost' i tekhnologiya formirovaniya tekhniki dvigatel'nogo deystviya* [Dexterity and technology of motor action technique formation]. Publishing solutions, 2020, 278 p.
14. Gimazov R.M. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*, 2019, no. 96(3), pp. 42-49.
15. Gimazov R.M. *Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka*, 2018, no. 2, pp. 8-10.
16. Gurfinkel V. S., Levik Yu.S. *Vestnik RAN*, 1995, vol. 65, pp. 29-37.
17. Donskoy D. D. *Zakony dvizheniy v sporte. Ocherki po teorii strukturnosti dvizheniy* [Laws of motion in sports. Essays on the theory of structural movements]. Moscow: Soviet sport, 2015, 178 p.
18. Il'in E. P. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 1982, no. 3, pp. 51-53.
19. Il'in E. P. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka* [Human psychomotor organization]. SPb.: Piter, 2003, 384 p.
20. Kashuba V. A. *Biomekhanika osanki* [Posture biomechanics]. K.: Olimp. lit., 2003, 280 p.
21. Korenberg V. B. *Osnovy sportivnoy kineziologii* [Fundamentals of sports kinesiology]. M.: Sovetskiy sport, 2005, 232 p.
22. Kubryak O. V. *Stabilometriya, vertikal'naya poza cheloveka v sovremennykh issledovaniyakh. Obzor* [Stabilometry, vertical posture of a person in modern research. Review]. Publishing Solutions, 2016, 55 p.
23. *Modelirovanie upravleniya dvizheniyami cheloveka* [Modeling of human movement control]/ ed. M. P. Shestakov, A. N. Averkin. M.: SportAkademPress, 2003, p. 168.
24. Mtui E., Gryuner G., Dokeri P. *Klinicheskaya neyroanatomya i nevrologiya po Fitzheral'du* [Clinical Neuroanatomy and Neurology]. M.: Izdatel'stvo Panfilova, 2018, 400 p.
25. Nazarov A. I. *Metodologiya i istoriya psikhologii*, 2009, no. 2, p. 38.
26. Nazarov V. T. *Voprosy teorii i praktiki fizicheskoy kul'tury i sporte*. Shnek: Higher School, 1984. Issue 14, pp. 121-122.

27. Ozerov V. P. *Psichomotornye kachestva cheloveka* [Psychomotor qualities of a person]. Dubna : Feniks+, 2002, 320 p.
28. Pavlov S.E. Pavlov A.S., Pavlova T.N. *Sovremennye tekhnologii podgotovki sportsmenov vysokoy kvalifikatsii* [Modern technologies for training highly qualified athletes]. M.: OntoPrint Publishing House, 2019, 294 p.
29. Skvortsov D. V. *Stabilometricheskoe issledovanie: kratkoe rukovodstvo* [Stabilometric study: a brief guide]. M.: Maska, 2010, 172 p.
30. Turevskiy I.M. *Biomekhanika dvigatel'noy deyatel'nosti: formirovanie psichomotornykh sposobnostey* [Biomechanics of motor activity: the formation of psychomotor abilities]. M.: Yurait Publishing House, 2019, 353 p.
31. Farfel' V. S. *Upravlenie dvizheniyami v sporte* [Movement control in sports]. M.: Fizkul'tura i sport, 1975, 208 p.
32. Shenkman B. S., Grigor'ev A. I., Kozlovskaya I. B. *Fiziologiya cheloveka*, 2017, vol. 43, no. 5, p. 105.
33. Latash Mark L., Zatsiorsky Vladimir M. *Biomechanics and Motor Control, Muscle Tone*, 2016, pp. 85–98.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Гимазов Ринат Маратович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики физического воспитания
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет»
ул. Артема, 9, г. Сургут, 628400, Российская Федерация
rmgi@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Rinat M. Gimazov, PhD, Associate Professor
Surgut State Pedagogical University
9, Artem Str., Surgut, 628400, Russian Federation
rmgi@mail.ru
SPIN-code: 1206-0396.
ResearcherID: M-5176-2013
Scopus Author ID: 57211630990
ORCID: 0000-0001-5200-2321

Поступила 21.11.2021

После рецензирования 06.12.2021

Принята 08.12.2021

Received 21.11.2021

Revised 06.12.2021

Accepted 08.12.2021

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-177-200

УДК 547.82

МЕТОДЫ СИНТЕЗА НИТРОПИРИДИНОВ

*Е.В. Иванова, М.Б. Никишина, Л.Г. Мухторов,
И.В. Шахкельдян, Ю.М. Атрощенко*

Обоснование. Производные пиридина широко применяются в фармацевтике, агрохимии, а также в производстве новых материалов. Пиридиновое и пиперидиновое кольца являются основными структурными фрагментами многочисленных природных алкалоидов, обладающих широким спектром биологической активности. Многие из этих алкалоидов проявляют противораковую активность, а также действие, направленное на лечение неврологических расстройств и других заболеваний, и продолжают быть ценными объектами исследований, стимулирующими открытие новых лекарств. Высокоэффективные методы синтеза различных производных пиридинов и энантиомеров пиперидинов будут продолжать пользоваться высоким спросом. В связи с этим анализ и систематизация основных результатов исследований по синтезу нитропиридинов является актуальной задачей.

Цель. Обобщить и систематизировать основные методы синтеза нитропроизводных пиридина с начала прошлого века и до настоящего времени.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели исследования был произведён обзор научной литературы по основным методам получения нитропиридинов.

Результаты. В данном литературном обзоре представлены результаты экспериментальных исследований по синтезу нитропроизводных пиридина, начиная с первой половины XX в. и до настоящего времени.

Заключение. Таким образом, удалось обобщить накопленный к настоящему дню разрозненный, но достаточно обширный фактический материал, посвященный получению нитропроизводных пиридина. Рассмотрены несколько основных подходов к синтезу, исходя из алифатических соединений, путем нитрования пиридина и его производных, а также окислением аминопиридинов.

Ключевые слова: производные пиридина; синтез нитропиридинов; нитрование производных пиридина

Для цитирования. Иванова Е.В., Никишина М.Б., Мухторов Л.Г., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М. Методы синтеза нитропиридинов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 177-200. DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-177-200

METHODS OF NITROPYRIDINE SYNTHESIS

*E.V. Ivanova, M.B. Nikishina, L.G. Mukhtorov,
I.V. Shahkeldyan, Yu.M. Atroshchenko*

Background. *Pyridine derivatives are widely used in pharmaceuticals, agrochemistry, as well as in the production of new materials. The pyridine and piperidine rings are the main structural fragments of numerous natural alkaloids with a wide spectrum of biological activity. Many of these alkaloids have anticancer and anti-neurological and other medical activities and continue to be valuable research subjects to stimulate drug discovery. Highly efficient methods for the synthesis of various pyridine derivatives and piperidine enantiomers will continue to be in high demand. In this regard, the analysis and systematization of the main results of studies on the synthesis of nitropyridines is an urgent task.*

Purpose. *To summarize and systematize the main methods for the synthesis of pyridine nitro derivatives from the beginning of the last century to the present.*

Materials and methods. *To achieve this goal of the study, a review of the scientific literature on the main methods of obtaining nitropyridines was carried out.*

Results. *This literature review presents the results of experimental studies on the synthesis of pyridine nitro derivatives starting from the first half of the 20th century and up to the present time.*

Conclusion. *Thus, it was possible to summarize the scattered but rather extensive factual material accumulated to date on the preparation of pyridine nitro derivatives. Several main approaches to the synthesis are considered, starting from aliphatic compounds, by nitration of pyridine and its derivatives, as well as by oxidation of aminopyridines.*

Keywords: *pyridine derivatives; synthesis of nitropyridines; nitration of pyridine derivatives*

For citation. *Ivanova E.V., Nikishina M.B., Mukhtorov L.G., Shahkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M. Methods of nitropyridine synthesis. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 177-200. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-177-200*

Введение

Известно, что пиридин и его производные – это широко востребованные гетероциклические соединения в таких областях науки и промышленности как фармацевтическое, агрохимическое производство, разработка и получение новых материалов [26, 29]. Пиридин и пиперидин входят в качестве основного структурного фрагмента в состав многочисленных

природных БАВ (рис. 1). Многие из них представляют собой алкалоиды с широким спектром биологических свойств [12]. Последние проявляют противораковую активность, используются при лечении болезней ЦНС, сердечнососудистых и других заболеваний. Поэтому они представляют собой ценность в качестве объектов научных исследований, особенно в целенаправленном поиске новых лекарственных препаратов [30, 36].

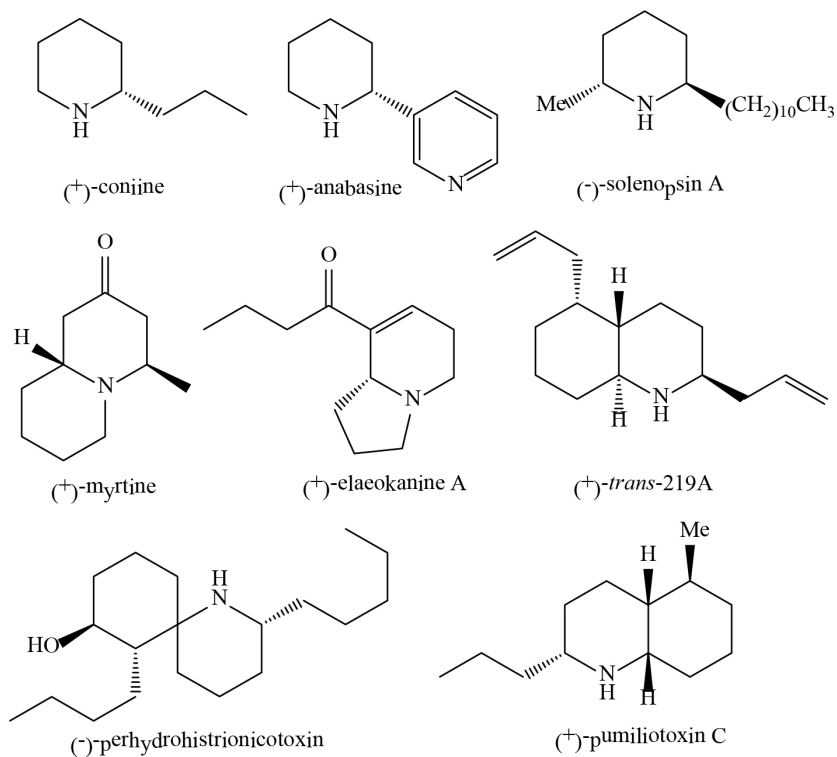


Рис. 1. Пиперидин-содержащие природные вещества

Кроме того, производные пиридина являются исходными веществами для получения таких насыщенных структур, как пиперидины, тетрагидро- и дигидропиперидины [19]. Последние в свою очередь являются промежуточными продуктами в синтезе различных БАВ и NADH-моделей. Реакции восстановления дигидро- и тетрагидропиперидинов широко используются для получения пиперидинов [20].

В связи с высокой значимостью оптических изомеров пиперидинов и производных пиридина, высокоселективные и продуктивные методы их синтеза не теряют своей актуальности до настоящего времени и продолжают оставаться одной из важнейших задач органического синтеза [36].

Цель работы

Обобщить и систематизировать основные методы синтеза нитропроизводных пиридина с начала прошлого века и до настоящего времени.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели был произведён обзор научной литературы по методам получения нитропиридинов. Основное внимание уделялось научным статьям, а также патентам, в которых описывались основные результаты российских и зарубежных исследований в синтезе нитропроизводных пиридина.

Результаты исследования и их обсуждение

К сегодняшнему дню написано большое количество трудов, описывающих способы получения и химические свойства различных производных пиридина, но конкретно нитропиридинам посвящены лишь отдельные, разрозненные публикации. Поэтому в данном обзоре была собрана и систематизирована основная информация по синтезу нитропиридинов с начала прошлого столетия и до настоящего дня.

Синтез нитропиридинов

1. Получение нитропиридинов из алифатических соединений

Работы по поиску эффективных способов получения нитропиридинов, исходя их алифатических соединений, были начаты еще в середине прошлого столетия. Так, Фанта П.Е. разработал методику синтеза 3-этил-2-метил-5-нитроникотината из этил-2-аминокротоноата с натрий-нитромалонового альдегида (схема 1). Образующийся при конденсации продукт подвергают восстановлению с образованием amino- и гидроксиминопроизводных [32].

Исследованием реакции конденсации 2,2-динитроэтилата калия с муравьиным альдегидом, диоксидом азота и разбавленной серной кислотой занимались Гандерман и Алес. В результате ими было установлено, что при этом образуется 2,4,6-тринитропирдин-1-оксид (схема 2) [31].

Схема 1

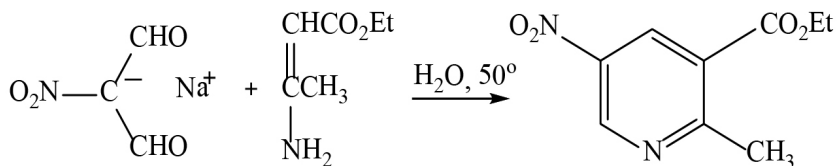
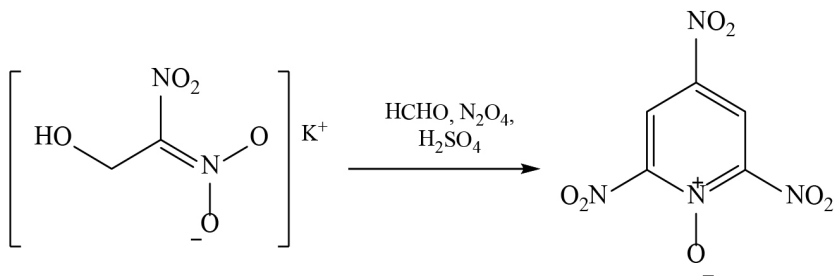


Схема 2



2. Нитрование пиридина и его гомологов

При нитровании незамещенного пиридина, за счет основных свойств последнего, происходит взаимодействие с нитрующей смесью с образованием солей пиридиния. Это, в свою очередь, приводит к снижению электронной плотности в пиридиновом цикле и значительному затруднению реакций электрофильного замещения. Поэтому нитрование приходится проводить в жестких условиях.

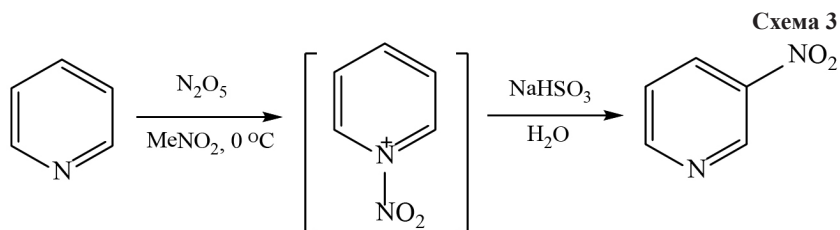
Впервые, напрямую, с 15%-ным выходом, 3-нитропиридин из пиридина получил Фридель в 1912 году [8]. Синтез протекал при 330°C, в качестве нитрующих агентов он использовал KNO_3 в H_2SO_4 (конц.). Позже Кирпал и Рейтер безуспешно попытались воспроизвести данный эксперимент [22], получив 3-нитропиридин с выходом лишь около 1 %. Однако, они установили, что данную реакцию можно катализировать при помощи металлического железа.

ДенХертог и Оверхофф также попробовали пронитровать пиридин по описанной выше методике, но в результате они получили смесь, состоящую из 2- и 3-нитропиридинов [15]. Причем концентрация 2-нитропиридина повышалась при увеличении температуры.

Под действием оксида азота (IV) пиридин нитруется в 3-нитропиридин активнее, при гораздо более низкой температуре (около 120°C). Однако, в

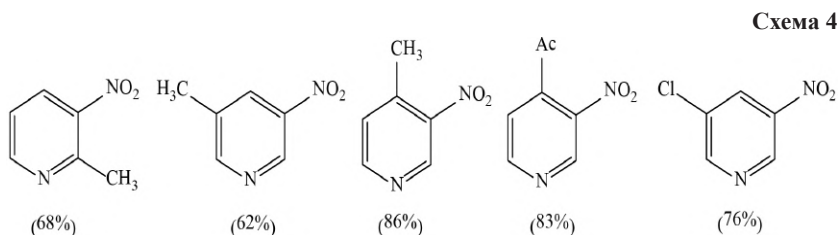
случае нагревания до 300 °С следует проявлять особую осторожность из-за высокой опасности взрыва. Такая опасность существует также и при комнатной температуре, но при использовании жидкого NO₂.

В начале XXI в. группа исследователей под руководством Бака синтезировали 3-нитропиридина из пиридина [9] с выходом более 75%. Подробная методика данного синтеза описана в статье [38] (схема 3).



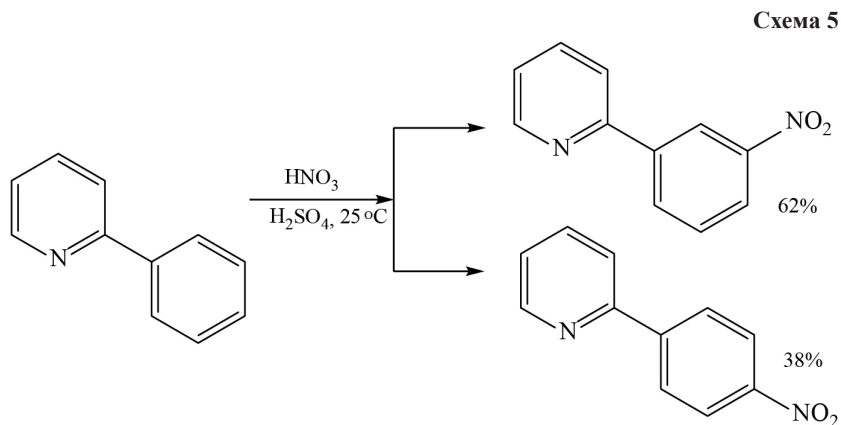
Сузуки с коллегами [33] занимались аналогичным синтезом, однако повысить выход реакции нитрования пиридина удалось только Катрицкому с сотрудниками, которые получили 3-нитропиридин по данной реакции с выходом 83% [21].

Алкильные заместители, обладая положительным индуктивным эффектом, облегчают электрофильную реакцию нитрования алкил-производных пиридинов. Так, рассматривая, 2-метил-, 2,6-диметил- и 2,4,6-триметил пиридин, можно сделать вывод, что последний нитруется легче всех. Группой исследователей во главе с Катрицким удалось с высоким выходом синтезировать метил-, ацил- и хлорпроизводные 3-нитропиридина. Для этого ими предложено было использовать систему азотная кислота/трифторуксусный ангидрид [21] (схема 4).



Электроноакцепторное влияние гетероатома азота в пиридиновом кольце можно наглядно проиллюстрировать при нитровании фенилпиридинов. В данном случае электрофильное замещение идет только по бензольно-

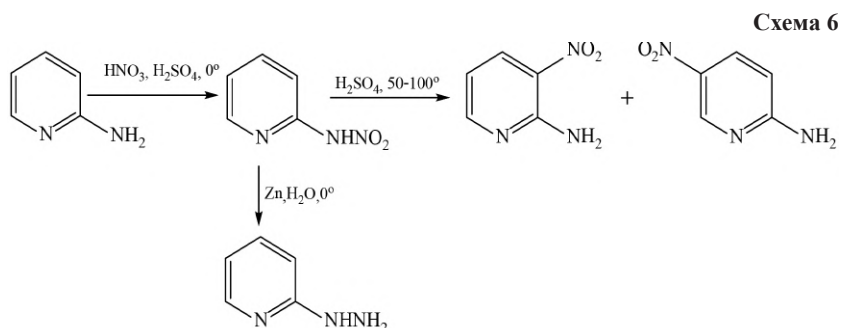
му циклу. Например, при взаимодействии 2-фенилпиридина с нитрующей смесью при 25°C образуются следующие продукты [6] (схема 5):



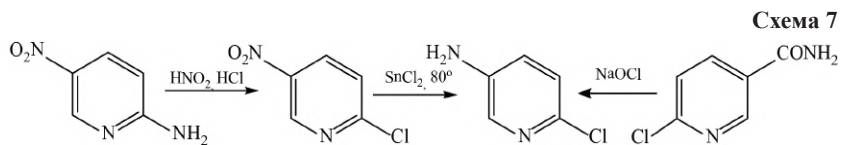
3. Нитрование amino- и гидроксипроизводных пиридина

Нитрование аминопроизводных пиридина за счет электронодонорного эффекта аминогруппы протекает очень легко и с высокими выходами.

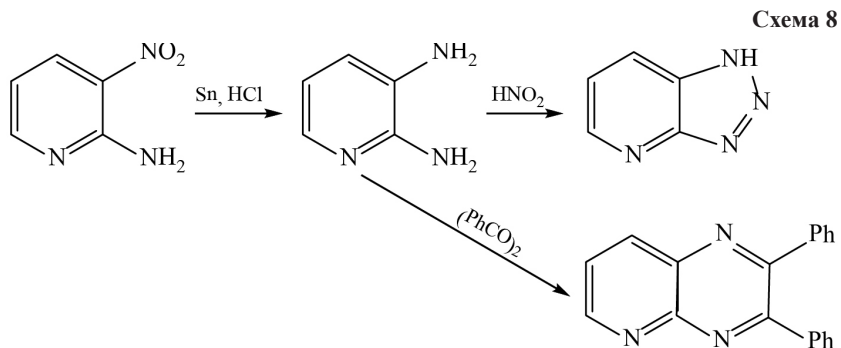
Так 2-аминопиридин легко взаимодействует с нитрующей смесью даже при низкой температуре. Продуктом реакции выступает 2-нитроаминопиридин, нагревание которого до 50-100°C с H_2SO_4 (конц.), в свою очередь, приводит к перегруппировке и дает 2-амино-3-нитро- и 2-амино-5-нитропиридины (схема 6) [7]. Интересно отметить, что при прямом нитровании при высокой температуре также образуются изомерные нитроаминопиридины.



Чичибабин и Разоренов синтезировали гидразинопиридин путем гидрирования нитроаминопиридина [7]. (схема 6). Также они доказали строение образующихся нитро-2-аминопиридинов. Для этого они синтезировали 5-амино-2-хлорпиридин двумя способами: из 2-амино-5-нитропиридина и из 6-хлорникотинамида уже известным методом (схема 7).



А изомерный 2-амино-3-нитропиридин они восстановили в 2,3-диаминопиридин, строение которого доказали специфическими для *o*-диаминов реакциями (схема 8) [27]:



Интересно отметить, что образующиеся в результате нитрования диаминопиридинов нитроаминопиридины изомеризуются в 2-амино-3,5-динитропиридин [7]. Данную особенность можно проиллюстрировать на примере 2-(*N*-метиламино)пиридина (схема 9). Кроме того в данной реакции параллельно происходит образование 2-(*N*-нитрозо-*N*-метиламино)пиридина.

При нитровании 1,2-дигидро-2-имино-1-метилпиридина в мягких условиях образуется нитрамид, который, претерпевая внутримолекулярную перегруппировку, превращается в 2-(*N*-метиламино)-5-нитропиридин (схема 10).

Продуктами реакции нитрования 6-амино-5-этил-2-метилпиридина выступают нитроамин и 3-нитроизомер, однако, образующийся нитро-

амин далее не изомеризуется. Также происходит и при нитровании 3-аминопиридина: образующийся нитроамин не изомеризуется, но гидролизуется, в результате чего был выделен 3-гидроксипиридин [27].

Схема 9

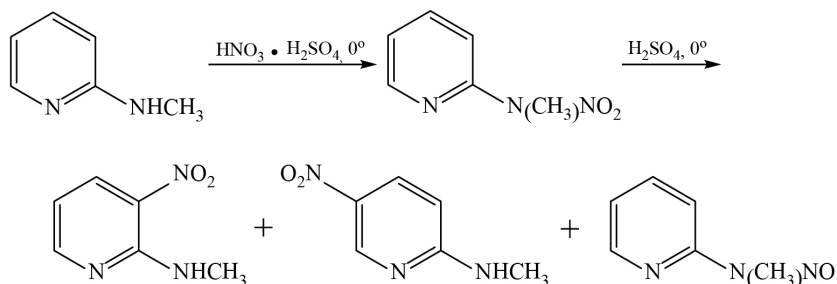
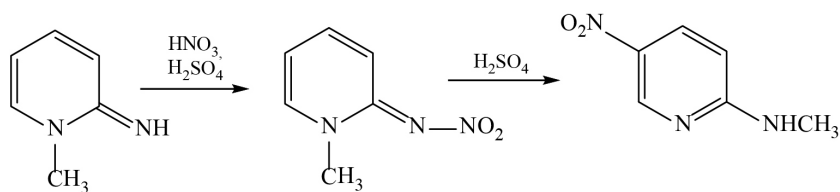
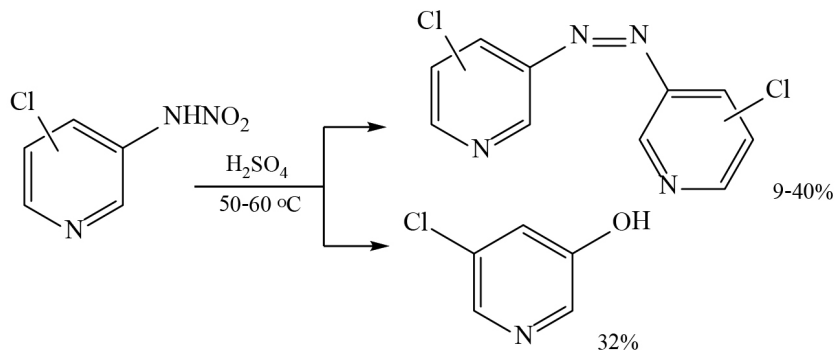


Схема 10



Аналогично 4- и 2-хлор-3-нитроаминопиридины были подвергнуты изомеризации с образованием симметричных азопиридинов. При этом 5-хлор-3-нитроаминопиридин в тех же условиях дает 5-хлор-3-оксипиридин (схема 11).

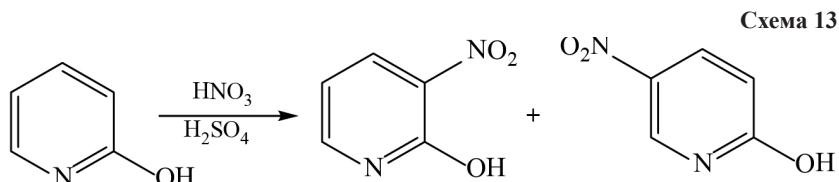
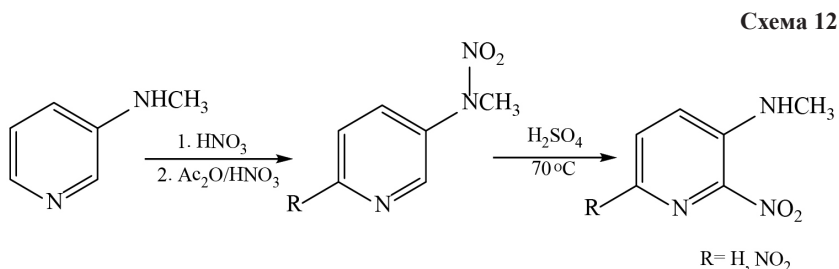
Схема 11



При нитровании 3-(*N*-метиламино)пиридина при низкой температуре, как и следовало ожидать, получается нитроамин, который затем под действием серной кислоты изомеризуется в 3-(*N*-метиламино)-2-нитропиридин (схема 12).

При взаимодействии с нитрующей смесью 2,2'-дипиридиламина при комнатной температуре образуется смесь моно- и полинитросоединений. Следует отметить, что при понижении температуры нитрования до 0°C доминирующим продуктом становится 5-нитро-2,2'-дипиридиламин, а при нагревании до 100°C в результате реакции были выделены 3,3'- и 5,5'-динитро-2,2'-дипиридиламины. Под действием H₂SO₄ (конц.) нитрат 4,4'-дипиридиламина дает 3-нитро-4,4'-дипиридиламин, а при обработке свободного амина нитрующей смесью образуется 3,3'-динитро-4,4'-дипиридиламин [24]. При нитровании 2,2'-диамино-5,5'-бипиридина на холоду можно выделить даже тетранитропродукт.

ОН-группа, являясь *орто*-, *пара*-ориентантом, облегчает реакции электрофильного замещения. Например, 2-гидроксипиридин легко нитруется, в положения 3- и 5-, давая два соответствующих изомера (схема 13).



Так, Чичибабин и Шапиро получили 3,5-динитро-2-гидроксипиридин при нитровании 2-гидроксипиридина избытком нитрующей смеси [5]. Позже Берри, Невболдом и Спринг [35], проведя описанный синтез, получили смесь нагреваемых солей 2-гидрокси-3-нитропиридина и 2-гидрокси-3,5-динитропиридина. Японские химики Такахаши и Ямамото также изучали реакцию

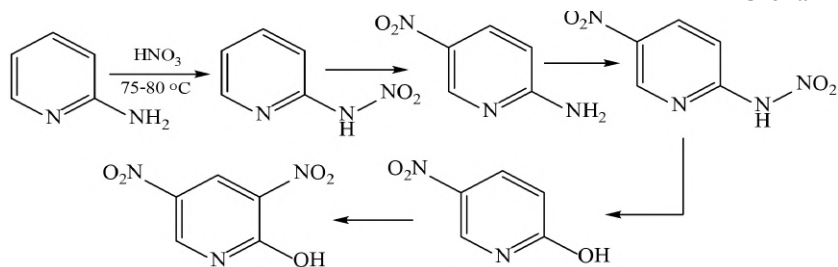
нитрования 2-гидроксипиридина [34]. При этом они получили соединение с температурой плавления 289°C , как и Чичибабин с Шапиро. В результате дальнейших исследований было показано, что при нитровании смеси 2-гидрокси-3-нитропиридина и 2-гидрокси-3,5-динитропиридина образуется вещество с температурой плавления 175°C , представляющее собой динитро-соединение. Плэжек [2] синтезировал 2-гидрокси-3,5-динитропиридин, и, измерив его температуру плавления, получил значение в 176°C , доказав тем самым правильность выводов Берри, Невболда и Спринга. Кроме того, из полученного 2-гидрокси-3,5-динитропиридина им был синтезирован известный ранее 3,5-диаминопиридин, что окончательно разрешило все сомнения.

Башкир Э. А. разработал эффективную методику лабораторного способа получения 2-гидрокси-3,5-динитропиридина с выходом 83%. Для этого 2-гидроксипиридин нитровали дымящей азотной кислотой в 27%-ом олеуме, поддерживая температуру $80-85^{\circ}\text{C}$ нагреванием на водяной бане [5].

Более простым и доступным является синтез 2-гидрокси-3,5-динитропиридина из 2-аминопиридина. Данный метод был разработан группой отечественных ученых под руководством Фаляхова И.Ф и позволяет получить целевой продукт с выходом около 80%. Синтез ведут в течение 3-х часов, температура реакции – $75-85^{\circ}\text{C}$, в качестве нитрующего агента используется концентрированная азотная кислота (схема 14).

Интересно отметить, что молекула 3-гидроксипиридин гораздо более лабильна в условиях реакции нитрования, чем вышеупомянутое 2-гидроксипроизводное. Так, уже при нагревании свыше 50°C пиридиновый цикл 3-гидроксипиридина разрушается. В литературе имеются данные о нитровании 3-гидроксипиридина с образованием единственного мононитропроизводного 3-гидрокси-2-нитропиридина, выход которого не более 50% [17].

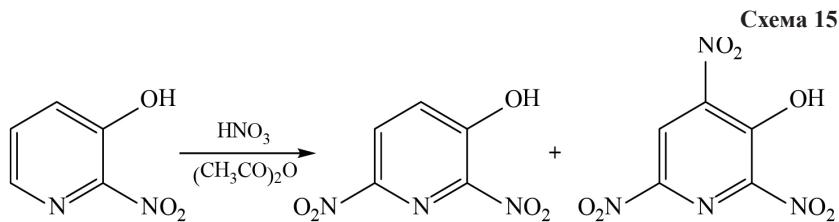
Схема 14



Полученный 3-гидрокси-2-нитропиридин при дальнейшем нитровании в жестких условиях (дымящая HNO_3 , $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$) образует с невысо-

ким выходом динитропродукт (3-гидрокси-2,6-динитропиридин). Авторы исследования отмечают, что параллельно в данных условиях образуется 3-гидрокси-2,4,6-тринитропиридин. Ведель и Мурманн, занимаясь нитрованием 3-ацетоксипиридина, выделили 3-гидрокси-2-нитропиридин, который образуется в результате гидролиза нитропродукта [38].

Продолжая свои исследования по нитрованию, Фаляхов И.Ф. с коллегами разработали методику синтеза 3-гидрокси-2-нитропиридина из 3-гидроксипиридина. В своих публикациях они отмечают, что процесс идет активнее и легче, чем с 2-гидроксиизомером [1]. При дальнейшем нитровании 3-гидрокси-2-нитропиридина под действием дымящей HNO_3 в $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ и мягком нагревании до 30-50 °С им удалось получить 3-гидрокси-2,6-динитро- и 3-гидрокси-2,4,6-тринитропиридин, соотношение которых варьируется в зависимости от условий от условий проведения реакции (схема 15). Так, тринитропродукт может образовываться с выходом от 40 до 70% [1].

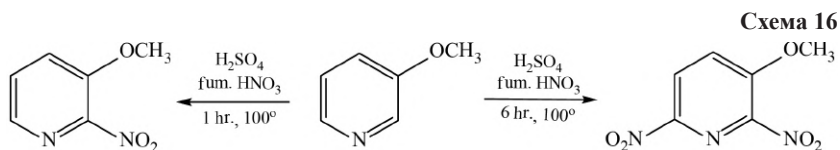


При обработке нитрующей смесью 4-гидроксипиридина, как и следовало ожидать, образуются продукты моно- и ди- замещения: 4-гидрокси-3-нитро-пиридин и 4-гидрокси-3,5-динитропиридин. Подобным образом 2,4- и 2,6-пиридиндиолы нитруются в положение 3.

2-Метоксипиридин достаточно эффективно, с высоким выходом нитруется при 100°C в положение 5 [28]. Нитрование же 1-метил-2-(*1H*)-пиридина не дает соответствующего 5-нитропроизводного, из чего можно сделать вывод, что в данном случае не происходит внутримолекулярная перегруппировка, по аналогии с пиридонимином.

В результате нитрования 3-Алкоксипиридинов при 20 °С образуются мононитропродукты. Например, Кенигс с сотрудниками, нитруя 3-этоксипиридин, получил мононитропроизводное, которое было определено как 3-этокси-6-нитропиридин [23]. Немного позже Ден Хертог, исследовав структуру данного соединения, показал, что в результате синтеза был получен продукт замещения по положению 2 (3-этокси-2-нитропи-

ридин) [14]. Бернштейн с коллегами исследовали продукты нитрования 3-метоксипиридина, в зависимости от условий протекания реакции [11]. В результате они смогли выделить продукты моно- и ди- замещения: 3-метокси-2-нитропиридин и 3-метокси-2,6-динитропиридин (схема 16).



Нитрование диалкоксипроизводных, за счет большего положительного мезомерного эффекта, идет еще активнее и с достаточно высоким выходом. Например, в результате нитрования 3,5-диэтоксипиридина в мягких условиях Кенигсу с сотрудниками удалось синтезировать 3,5-диэтоккси-2,6-динитропиридин с выходом около 60% [28], в то же время Ден Хертог в тех же условиях получил продукт монозамещения [16].

При исследовании реакций нитрования галогенпроизводных пиридина, было показано, что лишь 3-замещенные соединения нитруются, давая 3-галоген-5-нитропиридины. Де Селмс воспроизводя нитрование 2-метил-3-гидроксипиридина и 2-хлор-3-пиридинола, получил нитропроизводные, по положениям 4 и 6. Он показал, что продуктом нитрования 3-гидроксипиридина является 3-гидрокси-2-нитропиридин и 3-гидрокси-2,6-динитропиридин [13]. Продемонстрированное им образование 4-нитропродукта в целом не является характерным, за исключением нитрования пиридин-1-оксидов.

4. Особенности нитрования пиридин-1-оксидов

Можно выделить две наиболее значимые группы исследователей, занимавшихся нитрованием пиридиноксидов: Очиаи в Японии и Ден Хертог в Европе. Как показали результаты проведенных под их руководством исследований, пиридиноксиды нитруются легче соответствующих пиридинов и с более высоким выходом. При этом в качестве основного продукта выделяются 4-нитропиридин-1-оксиды, в качестве побочного также образуется и 2-нитропроизводное, которое сразу же подвергается дезоксигенированию. Замещенные пиридин-1-оксиды также легко вступают в данную реакцию, за исключением тетраметилпроизводных. 4-Оксипиридин-1-оксид нитруется, давая как моно-нитропродукты (по положению 3), так и продукты двойного замещения (3,5-динитропроизводные) [4].

Интересно отметить, что основным продуктом нитрования в мягких условиях 2-(*N,N*-диметиламино)пиридин-1-оксида является исключительно 2-(*N,N*-диметиламино)-5-нитропиридин-1-оксид. Продукт замещения по положению 4, по-видимому не образуется даже в следовых количествах.

Имея в своем составе две электронодонорные алкокси-группы, 3,5-диэтоксипиридин-1-оксид легко нитруется в положение 2, реакция протекает в мягких условиях. В более жестких условиях образуется динитропродукт 3,5-диэтокси-2,6-динитропиридин. 4-Нитропроизводное образуется только при наличии одной алкоксигруппы в пиридиновом цикле [4].

Для перевода пиридин-оксидов в свободные пиридины, используют такие дезоксигенирующие агенты, как трихлорид фосфора, трихлорид серы, тионилхлорид и ацетилхлорид. Например, реакцию нитрования пиридин-оксида с образованием 4-нитроизомера пиридина проводят в присутствии PCl_3 в хлороформе. Однако, дополнительно, наряду с 4-нитропиридином, из реакционной смеси были выделены такие побочные продукты, как 4-хлорпиридин и 1-(4-пиридил)-4(*1H*)-пиридон [18].

Кронке и Шеферг предложили в описанной выше реакции использовать в качестве дезоксигенирующего средства нитрозилсерную кислоту [25]. Это позволило повысить выход целевого продукта до 90%, тогда как при использовании трихлорида фосфора в хлороформе выход был около 70%.

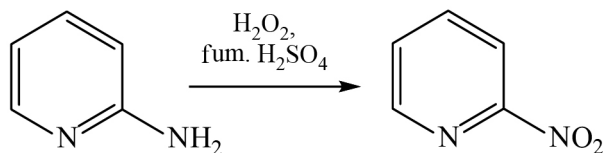
Помимо этого, Кронке и Шеферг показали, что реакции нитрования и дезоксигенирования могут протекать одновременно [3]. Например, при действии на пиридин-1-оксид нитрующей смесью (H_2SO_4 конц./ HNO_3 дым.) при нагревании до 130°-165°С им удалось выделить 4-нитропиридин с выходом 71%. Кроме того, доказательством параллельного протекания реакций нитрования и дезоксигенирования могут служить синтез 4-нитро-3-метилпиридина из 3-метилпиридин-1-оксида с выходом 81%, а также синтез 3-бром-4-нитропиридина из 3-бромпиридин-1-оксида. Последний синтез протекает с выходом 75%, в качестве нитрующего агента применяют оксид азота в серной кислоте, реакцию ведут при нагревании от 150° до 200°С.

Однако кислород пиридин-оксида сохраняется нитровании в более мягких условиях. Так, Талик Т. и Талик З. синтезировали 3-хлор-4-нитропиридин-1-оксид с выходом около 85% и 3-иод-4-нитропиридин-1-оксид с выходом 55-56%, используя нитрующую смесь при температуре кипящей водяной бани [3].

5. Окисление аминопиридинов

Еще одним эффективным методом получения нитропроизводных пиридинов является окисление их аминопроизводных. Например, в качестве окислителей для 2-нитропиридина и его гомологов широко применяются пероксид водорода и серная кислота (схема 17).

Схема 17



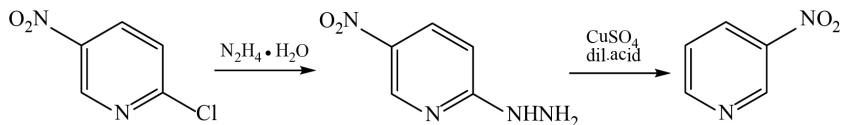
Вон Шик, Бинц и Шульц, исследуя реакции окисления аминопиридинов, получили соответствующие 3-нитропроизводные из 3-аминопиридина и 3-пиридиндиазония сульфата [37].

4-Нитропродукт был получен при окислении 4-аминопиридина с высоким выходом. Однако способ синтез данного нитросоединения из 4-нитропиридин-1-оксида является более легким и эффективным. Перокситрифторацетилловую кислоту применяют для окисления 2-аминопиридина и 2-амино-5-бромпиридина до соответствующих 2-нитропиридин-1-оксида и 5-бром-2-нитропиридин-1-оксида. Однако данные реакции идут с низким выходом [27].

6. Реакции элиминирования в синтезе нитропиридинов

Реакцию элиминирования можно проиллюстрировать на следующем примере. Полученный из 2-хлор-5-нитропиридина 2-гидразино-5-нитропиридин можно дезаминировать с образованием соответствующего 4-нитропроизводного (схема 18) [27].

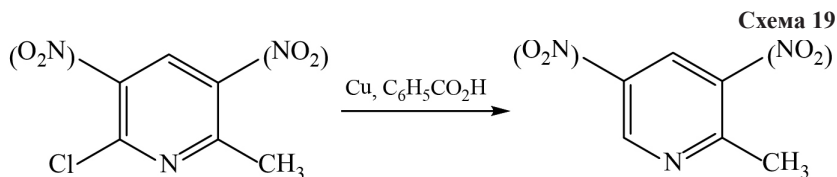
Схема 18



В тех же условиях при дезаминировании 2-гидразино-3,5-динитропиридина образуется 3,5-динитропиридин.

Баумгартен, Су и Кригер для получения производных нитрометилпиридинов осуществили элиминирование галогена и гидразиногруппы [10].

Метод Смита (схема 19) позволяет получить нитропиридины с выходом от 27 до 80%. Он заключается в элиминировании атома галогена под действием медно-бензойных кислот при нагревании до 160-180°C [10]. 2-Алкил-5-нитропиридин был получен при температуре 110°C из алкил-5-пиридинмалонового эфира под действием серной кислоты.



Заключение

Таким образом, удалось обобщить накопленный к настоящему дню разрозненный, но достаточно обширный фактический материал, посвященный получению нитропроизводных пиридина. Рассмотрены несколько основных подходов к синтезу, исходя из алифатических соединений, путем нитрования пиридина и его производных, а также окислением аминопиридинов.

Список литературы

1. Гильманов Р.З., Фаляхов И.Ф., Хайрутдинов Ф.Г., Гильманова Т.Б., Петров Е.С. Изучение нитрования 3-гидроксипиридинон // Вестник Казанского технологического университета. 2013. С. 32-33.
2. Гильманов Р.З., Фаляхов И.Ф., Хайрутдинов Ф.Г., Собачкина Т.Н., Петров Е.С. Поведение 3-аминопроизводных пиридина в реакции нитрования // Вестник Казанского технологического университета. 2012. С. 41-43.
3. Гильманов Р.З., Фаляхов И.Ф., Хайрутдинов Ф.Г., Никитин В.Г., Петров Е.С., Николаев Е.А. Особенности нитрования N-окисей пиридина // Вестник Казанского технологического университета. 2014. С. 19-20.
4. Гильманов Р.З., Фаляхов И.Ф., Хайрутдинов Ф.Г., Собачкина Т.Н., Николаев Е.А. Поведение метоксипроизводных N-окиси пиридина в реакции нитрования // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. Вып.13. С. 80-82.
5. Фаляхов И.Ф., Гильманов Р.З., Хайрутдинов Ф.Г., Большакова Т.Г., Ахтямова З.Г., Никитин В.Г. Закономерности нитрования гидроксипроизводных пиридина // Вестник Казанского технологического университета. 2010. С. 613-616.

6. Фаляхов И.Ф., Гильманов Р.З., Хайрутдинов Ф.Г., Шарнин Г.П., Ахтямова З.Г. Закономерности нитрования пиридина и его алкилпроизводных// Вестник КТУ. 2010. С. 606-608.
7. Фаляхов И.Ф., Гильманов Р.З., Шарнин Г.П., Хайрутдинов Ф.Г., Собачкина Т.Н., Никитин В.Г. Закономерности нитрования аминопроизводных пиридина// Вестник Казанского технологического университета. 2010. С. 621-623.
8. Angela R. Sherman, Ramiah Muruganю C–N Bond Making Reactions at a Pyridine Ring // *Advances in Heterocyclic Chemistry*. 2015. Vol. 114. P. 227-269. <https://doi.org/10.1016/bs.aihch.2015.03.001>
9. Bakke J.M. Nitropyridines, their synthesis and reactions // *J. Heterocycl. Chem.* 2005. V. 42. P. 463-474. <https://doi.org/10.1002/JHET.5570420313>
10. Baumgarten H.E., SuH. C.-F., Krieger A.L. Dechlorination of Some Chloronitropicolines // *J. Am. Chem. Soc.* 1954. V. 76 (2). P. 596–599. <https://doi.org/10.1021/JA01631A080>
11. Bernstein J., Stearns B., Shaw E., Lott W.A. II. Derivatives of 2,6-Diaminopyridine¹// *J. Am. Chem. Soc.* 1947. V. 69. P. 1151–1158. <https://doi.org/10.1021/JA01197A048>
12. David O'Hagan. Pyrrole, pyrrolidine pyridine, piperidine, azepine and tropane alkaloids // *Natural Product Reports*. 2000. V. 17(5). P. 435-46. <https://doi.org/10.1039/a707613d>
13. De Selms R.C. Unprecedented orientation in the nitration of certain 3-pyridinols // *J. Org. Chem.* 1968. V. 33. P. 478-480.
14. Den Hertog H.J., Combe W.P. Reactivity of 4-nitropyridine-N-oxide: Preparation of 4-substituted derivatives of pyridine-N-oxide and pyridine // *Rec. trav. chim.* 1951. V.70. P. 581-590. <https://doi.org/10.1002/RECL.19510700704>
15. Den Hertog H.J., Overhoff J. Über die Nitrierung des Pyridins. (Darstellung des 2-Nitropyridins) // *Rec. trav. chim.* 1930. V. 49. P. 552-556.
16. Den Hertog H.J., van Weeren J.W. Nitration of 3,5-diethoxy pyridine // *Rec. trav. chim.* 1948. V. 67. P. 980-982. <https://doi.org/10.1002/RECL.19480671207>
17. Francisco Sánchez-Viesca, Martha Berros, Ma. Reina Gómez. Electric hindrance and other factors in 2-aminopyridine nitration// *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 2013. V. 16(1). P. 36-41.
18. Hamana M., Yoshimura H. Decomposition of 4-Nitropyridine // *J. Pharm. Soc. Japan*. 1952. V. 72. P. 1051-1054. https://doi.org/10.1248/YAKUSHI1947.72.8_1051
19. Ivanova E.V., Nikishina M.B., Mukhtorov L.G., Perelomov L.V., Atroshchenko Yu.M. Investigation of the fungicidal activity of new derivatives of 7-R-1,5-di-

- nitro-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonan-2-one // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Vol. 13, № 5. P. 307-320. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-307-320>
20. José Sebastião Santos Neto, Gilson Zen. Ten years of progress in the synthesis of six-membered N-heterocycles from alkynes and nitrogen sources // Tetrahedron. 2020. V. 76, N. 4. P. 130876. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2019.130876>
 21. Katritzky A.R., Scriven E.F.V., Majumder S., Akhmedova R.G., Vakulenko A.V., Akhmedov N.G., Murugan R., Abboud K.A. Preparation of nitropyridines by nitration of pyridines with nitric acid // Org. Biomol. Chem. 2005. V. 3. P. 538-541. <https://doi.org/10.1039/B413285H>
 22. Kirpal A., Reiter E. 3-Nitropyridin und seine Derivate // Ber. 1925. V. 58. P. 699-701.
 23. Koenigs E., Gerdes H. C., Sirot A. Über die Nitrierung des 3-Äthoxy-pyridins // Ber. 1928. V. 61. P. 1022-1030.
 24. Koenigs E., Miels M., Gurlt H. Nitrierungsprodukte des γ -Amino-pyridins // Ber. 1924. V. 57. P. 1179-1187. <https://doi.org/10.1002/CBER.19240570725>
 25. Kroehnke F., Schaefer H. Die Darstellung des 4-Nitro-pyridins und seine Molekülverbindungen mit Phenolen // Chem. Ber. 1962. V. 95. P. 1098-1103. <https://doi.org/10.1002/CBER.19620950506>
 26. Ling Y, Hao ZY, Liang D, Zhang CL, Liu YF, Wang Y. The expanding role of pyridine and dihydropyridine scaffolds in drug design // Drug Design, Development and Therapy. 2021. V. 15. P. 4289-4338. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S329547>
 27. Manfred Schlosser. Reactions of Pyridines, Benzopyridines, and Azapyridines with Organomagnesiums and Organolithiums // Metalation of Azines and Diazines. 2013. P. 171-222. https://doi.org/10.1007/7081_2012_96
 28. Pat. DE 568,549. Verfahren zur Darstellung von 2-Alkoxy-5-nitropyridinen / Dr Erich H. заявл. 12.01.1932; опубли. 21.01.1933.
 29. Pennington L.D., Moustakas D.T. The necessary nitrogen atom: A versatile high-impact design element for multiparameter optimization. // J Med Chem. 2017. V. 60 (9). P. 3552-3579. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b01807>
 30. Prudel C., Huwig K., Kazmaier U. Stereoselective Allylic Alkylations of Amino Ketones and Their Application in the Synthesis of Highly Functionalized Piperidines // Chem. Eur. J. 2020. V. 26 P. 3181-3188. <https://doi.org/10.1002/chem.202000051>
 31. Renat H. Mizzoni. Nitropyridines and Reduction Products (Except Amines). 2008. 1-40. <https://doi.org/10.1002/9780470186725.ch1>
 32. Sagitullina G.P., Garkushenko A.K., Silina E.O., Sagitullin R.S. Nitropyridines. 7*. Synthesis of nitropyridines from nitro-malonic dialdehyde // Chemistry of

- Heterocyclic Compounds. 2009. V. 45 (8). P. 948-951. <https://doi.org/10.1007/S10593-009-0366-8>
33. Suzuki H., Iwaya M., Mori T. C-Nitration of pyridine by the kyodai-nitration modified by the Bakke procedure. A simple route to 3-nitropyridine and mechanistic aspect of its formation // *Tetrahedron Lett.* 1997. V. 38. P. 5647-5650. <https://doi.org/10.1016/S0040-4039%2897%2901229-X>
 34. Takahashi T., Yamamoto Y. Syntheses of Heterocyclic Compounds of Nitrogen // *J. Pharm. Soc. Japan.* 1949. V. 69. P. 408.
 35. Tohru Takei, Takumi Ohki, Yosuke Harada, et al. Preparation of dibromopyridines having $-(CH_2)_m-SO_3Na$ groups as monomers for new polypyridines // *Tetrahedron Letters.* 2012. V. 53. P. 5907. <https://doi.org/10.1016/J.TETLET.2012.08.086>
 36. Vitaku E., Smith D.T., Njardarson J.T. Analysis of the structural diversity, substitution patterns, and frequency of nitrogen heterocycles among US FDA approved pharmaceuticals // *J Med Chem.* 2014. V. 57(24). P. 10257–10274. <https://doi.org/10.1021/jm501100b>
 37. Von Schichk O.V., Binz A., Schulz A. Derivate des 3-Amino-pyridins // *Ber.* 1936. V. 69. P. 2593-2605. <https://doi.org/10.1002/CBER.19360691202>
 38. Weidel H., Murmann E. Zur Kenntniss einiger Nitroverbindungen der Pyridinreihe // *Monatshefte für Chemie.* 1895. V. 16. P. 749-759. <https://doi.org/10.1007/BF01519024>

References

1. Gil'manov R.Z., Falyakhov I.F., Khayrutdinov F.G., Gil'manova T.B., Petrov E.S. Izucheniye nitrovaniya 3-gidroksipiridinov [Study of nitration of 3-hydroxypyridines]. *Vestnik KTU*, 2013, pp. 32-33.
2. Gil'manov R.Z., Falyakhov I.F., Khayrutdinov F.G., Sobachkina T.N., Petrov E.S. Povedeniye 3-aminoproizvodnykh piridina v reaktsii nitrovaniya [Behavior of 3-amino derivatives of pyridine in the nitration reaction]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2012, pp. 41-43.
3. Gil'manov R.Z., Falyakhov I.F., Khayrutdinov F.G., Nikitin V.G., Petrov E.S., Nikolayev E.A. Osobennosti nitrovaniya N-okisey piridina [Features of nitration of N-oxides of pyridine]. *Vestnik KTU*, 2014, pp. 19-20.
4. Gil'manov R.Z., Falyakhov I.F., Khayrutdinov F.G., Sobachkina T.N., Nikolayev E.A. Povedeniye metoksi-proizvodnykh N-okisi piridina v reaktsii nitrovaniya [Behavior of methoxy derivatives of N-oxide of pyridine in the nitration reaction]. *Vestnik KTU*, 2014, vol. 17, issue 13, pp. 80-82.
5. Falyakhov I.F., Gil'manov R.Z., Khayrutdinov F.G., Bol'shakova T.G., Akhtyamova Z.G., Nikitin V.G. Zakonomernosti nitrovaniya gidroksiproizvodnykh

- piridina [Regularities of nitration of pyridine hydroxy derivatives]. *Vestnik KTU*, 2010, pp. 613-616.
6. Falyakhov I.F., Gil'manov R.Z., Khayrutdinov F.G., Sharnin G.P., Akhtyamo-va Z.G. Zakonomernosti nitrovaniya piridina i yego alkilproizvodnykh [Reg-ularities of nitration of pyridine and its alkyl derivatives]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2010, pp. 606-608.
 7. Falyakhov I.F., Gil'manov R.Z., Sharnin G.P., Khayrutdinov F.G., Sobachki-na T.N., Nikitin V.G. Zakonomernosti nitrovaniya aminoproizvodnykh piridina [Regularities of nitration of amine derivatives of pyridine]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2010, pp. 621-623.
 8. Angela R. Sherman, Ramiah Murugan C–N Bond Making Reactions at a Pyr-idine Ring. *Advances in Heterocyclic Chemistry*, 2015, vol. 114, pp. 227-269. <https://doi.org/10.1016/bs.aihch.2015.03.001>
 9. Bakke J.M. Nitropyridines, their synthesis and reactions. *J. Heterocycl. Chem.*, 2005, vol. 42, pp. 463-474. <https://doi.org/10.1002/JHET.5570420313>
 10. Baumgarten H.E., SuH. C.-F., Krieger A.L. Dechlorination of Some Chloro-nitropicolines. *J. Am. Chem. Soc.*, 1954, vol. 76 (2), pp. 596–599. <https://doi.org/10.1021/JA01631A080>
 11. Bernstein J., Stearns B., Shaw E., Lott W.A. II. Derivatives of 2,6-Diaminopyri-dine¹. *J. Am. Chem. Soc.*, 1947, vol. 69, pp. 1151–1158. <https://doi.org/10.1021/JA01197A048>
 12. David O'Hagan. Pyrrole, pyrrolidine pyridine, piperidine, azepine and tropane alkaloids. *Natural Product Reports*, 2000, vol. 17(5), pp. 435-46. <https://doi.org/10.1039/a707613d>
 13. De Selms R.C. Unprecedented orientation in the nitration of certain 3-pyridinols. *J. Org. Chem.*, 1968, vol. 33, pp. 478-480.
 14. Den Hertog H.J., Combe W.P. Reactivity of 4-nitropyridine-N-oxide: Prepara-tion of 4-substituted derivatives of pyridine-N-oxide and pyridine. *Rec. trav. chim.*, 1951, vol. 70, pp 581-590. <https://doi.org/10.1002/RECL.19510700704>
 15. Den Hertog H.J., Overhoff J. Über die Nitrierung des Pyridins. (Darstellung des 2-Nitropyridins). *Rec. trav. chim.*, 1930, vol. 49, pp. 552-556.
 16. Den Hertog H.J., van Weeren J.W. Nitration of 3,5-diethoxypyridine. *Rec. trav. chim.*, 1948, vol. 67, pp. 980-982. <https://doi.org/10.1002/RECL.19480671207>
 17. Francisco Sánchez-Viesca, Martha Berros, Ma. Reina Gómez. Electric hindrance and other factors in 2-aminopyridine nitration. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 2013, vol. 16(1), pp. 36-41.
 18. Hamana M., Yoshimura H. Decomposition of 4-Nitropyridine. *J. Pharm. Soc. Japan.*, 1952, vol. 72, pp. 1051-1054. https://doi.org/10.1248/YAKUSHI1947.72.8_1051

19. Ivanova E.V., Nikishina M.B., Mukhtorov L.G., Perelomov L.V., Atroshchenko Yu.M. Investigation of the fungicidal activity of new derivatives of 7-R-1,5-dinitro-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonan-2-one. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 307-320. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-307-320>
20. José Sebastião Santos Neto, GilsonZen. Ten years of progress in the synthesis of six-membered N-heterocycles from alkynes and nitrogen sources. *Tetrahedron*, 2020, vol. 76, no. 4, pp. 130876. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2019.130876>
21. Katritzky A.R., Scriven E.F.V., Majumder S., Akhmedova R.G., Vakulenko A.V., Akhmedov N.G., Murugan R., Abboud K.A. Preparation of nitropyridines by nitration of pyridines with nitric acid. *Org. Biomol. Chem.*, 2005, vol. 3, pp. 538-541. <https://doi.org/10.1039/B413285H>
22. Kirpal A., Reiter E. 3-Nitropyridin und seine Derivate. *Ber.*, 1925, vol. 58, pp. 699-701.
23. Koenigs E., Gerdes H. C., Sirot A. Über die Nitrierung des 3-Äthoxy-pyridins. *Ber.*, 1928, vol. 61, pp. 1022-1030.
24. Koenigs E., Mielsds M., Gurlt H. Nitrierungsprodukte des γ -Amino-pyridins. *Ber.*, 1924, vol. 57, pp. 1179-1187. <https://doi.org/10.1002/CBER.19240570725>
25. Kroehnke F., Schaefer H. Die Darstellung des 4-Nitro-pyridins und seine Molekülverbindungen mit Phenolen. *Chem. Ber.*, 1962, vol. 95, pp. 1098-1103. <https://doi.org/10.1002/CBER.19620950506>
26. Ling Y, Hao ZY, Liang D, Zhang CL, Liu YF, Wang Y. The expanding role of pyridine and dihydropyridine scaffolds in drug design. *Drug Design, Development and Therapy*, 2021, vol. 15, pp 4289-4338. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S329547>
27. Manfred Schlosser. Reactions of Pyridines, Benzopyridines, and Azapyridines with Organomagnesiums and Organolithiums. *Metalation of Azines and Diazines*, 2013, pp. 171-222. https://doi.org/10.1007/7081_2012_96
28. Pat. DE 568,549. Verfahren zur Darstellung von 2-Alkoxy-5-nitropyridinen / Dr Erich H. заявл. 12.01.1932; опубли. 21.01.1933.
29. Pennington L.D., Moustakas D.T. The necessary nitrogen atom: A versatile high-impact design element for multiparameter optimization. *J Med Chem.*, 2017, vol. 60 (9), pp. 3552-3579. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b01807>
30. Prudel C., Huwig K., Kazmaier U. Stereoselective Allylic Alkylations of Amino Ketones and Their Application in the Synthesis of Highly Functionalized Piperidines. *Chem. Eur. J.*, 2020, vol. 26, pp. 3181-3188. <https://doi.org/10.1002/chem.202000051>
31. Renat H. Mizzoni. Nitropyridines and Reduction Products (Except Amines). 2008, pp.1-40. <https://doi.org/10.1002/9780470186725.ch1>

32. Sagitullina G.P., Garkushenko A.K., Silina E.O., Sagitullin R.S. Nitropyridines. 7*. Synthesis of nitropyridines from nitro-malonic dialdehyde. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 2009, vol. 45 (8), pp. 948-951. <https://doi.org/10.1007/S10593-009-0366-8>
33. Suzuki H., Iwaya M., Mori T. C-Nitration of pyridine by the kyodai-nitration modified by the Bakke procedure. A simple route to 3-nitropyridine and mechanistic aspect of its formation. *Tetrahedron Lett.*, 1997, vol. 38, pp. 5647-5650. <https://doi.org/10.1016/S0040-4039%2897%2901229-X>
34. Takahashi T., Yamamoto Y. Syntheses of Heterocyclic Compounds of Nitrogen. *J. Pharm. Soc. Japan.*, 1949, vol. 69, pp. 408.
35. Tohru Takei, Takumi Ohki, Yosuke Harada, et al. Preparation of dibromopyridines having $-(CH_2)_m-SO_3Na$ groups as monomers for new polypyridines. *Tetrahedron Letters*, 2012, vol. 53, pp. 5907. <https://doi.org/10.1016/J.TETLET.2012.08.086>
36. Vitaku E., Smith D.T., Njardarson J.T. Analysis of the structural diversity, substitution patterns, and frequency of nitrogen heterocycles among US FDA approved pharmaceuticals. *J Med Chem.*, 2014, vol. 57(24), pp. 10257–10274. <https://doi.org/10.1021/jm501100b>
37. Von Schichk O.V., Binz A., Schulz A. Derivate des 3-Amino-pyridins. *Ber.*, 1936, vol. 69, pp. 2593-2605. <https://doi.org/10.1002/CBER.19360691202>
38. Weidel H., Murmann E. Zur Kenntniss einiger Nitroverbindungen der Pyridinreihe. *Monatshefte für Chemie*, 1895, vol. 16, pp. 749-759. <https://doi.org/10.1007/BF01519024>

ВКЛАД АВТОРОВ

Иванова Е.В.: разработка концепции научной работы, составление черновика рукописи.

Никишина М.Б.: перевод англоязычных статей на русский язык.

Мухторов Л.Г.: перевод англоязычных статей на русский язык.

Шахкельдян И.В.: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Атрощенко Ю.М.: разработка концепции научной работы, редактирование черновика рукописи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Evgeniya V. Ivanova: development of the concept of scientific work, compilation of a draft manuscript.

Maria B. Nikishina: translation of English-language articles into Russian.

Loik G. Mukhtorov: translation of English-language articles into Russian.

Irina V. Shakheldyan: analysis of scientific work, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

Yuri M. Atroshchenko: development of the concept of scientific work, editing the draft of the manuscript.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Иванова Евгения Владимировна, доцент кафедры химии, к.х.н., доцент
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
otela005@gmail.com

Никишина Мария Борисовна, заведующий кафедрой химии, к.х.н., доцент
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
тата-67@mail.ru

Мухторов Лоик Гургович – научный сотрудник кафедры химии, к.х.н.
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
mukhtorov.loik@mail.ru

Шахельдян Ирина Владимировна, декан факультета естественных наук, д.х.н., профессор
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
ira.shakheldyan@mail.ru

Атрошенко Юрий Михайлович, ведущий научный сотрудник кафедры химии, д.х.н., профессор
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
reaktiv@tspu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Evgeniya V. Ivanova, Associate Professor of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
omela005@gmail.com

Maria B. Nikishina, Head of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
glazynovaanastasiya@gmail.com

Loik G. Mukhtorov, Researcher of the Department of Chemistry, Ph.D.
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
mukhtorov.loik@mail.ru

Irina V. Shakheldyan, Dean of the Faculty of Natural Sciences, Doctor of Chemistry, Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
ira.shakheldyan@mail.ru

Yuri M. Atroshchenko, Leading Researcher of the Department of Chemistry, Doctor of Chemistry, Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
reaktiv@tspu.ru

Поступила 21.11.2021

После рецензирования 06.12.2021

Принята 08.12.2021

Received 21.11.2021

Revised 06.12.2021

Accepted 08.12.2021

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-201-216

УДК 547.787.31

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ σ -АДДУКТОВ 2-R-5,7 ДИНИТРОБЕНЗОКСАЗОЛОВ

*Л.Г. Мухторов, О.И. Бойкова, Е.В. Иванова,
М.Б. Никишина, Л.В. Переломов, Ю.М. Атрощенко*

Обоснование. Проблема синтеза новых эффективных биологически активных соединений остается актуальной задачей современной химической науки. Известно, что производные оксазола обладают физиологической активностью широкого спектра действия. В связи с этим расширение круга данных производных представляется актуальной задачей. Одним из перспективных способов функционализации нитропроизводных гетероциклов является восстановительная активация, протекающая через образование относительно лабильных, высокореакционноспособных гидридных σ -аддуктов, которые далее могут быть использованы для синтеза новых биологически активных соединений. Данная работа посвящена изучению реакции образования анионных σ -комплексов 2-R-5,7-динитробензоксазолов под действием тетрагидридобората натрия.

Цель. Изучить реакцию образования анионных σ -комплексов 2-R-5,7-динитробензоксазолов спектральными методами.

Материалы и методы. Механизм реакции образования анионных σ -аддуктов 2-R-5,7-динитробензоксазолов под действием тетрагидридобората натрия предложен на основе данных УФ-спектров, полученных при проведении исследуемой реакции в кювете спектрофотометра СФ 103. Также строение полученных соединений доказано с помощью ^1H -, ^{13}C - и двумерной корреляционной ЯМР-спектроскопии.

Результаты. Синтезированы двухзарядные гидридные σ -аддукты на основе 2-*R*-5,7-динитробензоксазолов под действием тетрагидробората натрия. Строение образующихся аддуктов доказано методами электронной и ЯМР спектроскопии, предложен вероятный механизм протекания реакции.

Заключение. Исследована реакция мягкого восстановления динитропроизводных бензо[*d*]оксазола под действием тетрагидридобората натрия. В результате были выделены и идентифицированы спектральными методами соответствующие гидридные σ -комплексы, представляющие собой натриевые соли бис-нитроновых кислот бензо[*d*]оксазола. Предположен механизм реакции их образования.

Ключевые слова: бензо[*d*]оксазол; гидридные σ -аддукты; тетрагидроборат натрия; динитропроизводные гетероциклов; реакции восстановления

Для цитирования. Мухторов Л.Г., Бойкова О.И., Иванова Е.В., Никушина М.Б., Переломов Л.В., Атрощенко Ю.М. Исследование реакции образования σ -аддуктов 2-*R*-5,7-динитробензоксазолов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 6. С. 201-216. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-201-216

INVESTIGATION OF THE FORMATION REACTION OF σ -ADDUCTS OF 2-*R*-5,7-DINITROBENZOXAZOLES

*L.G. Mukhtorov, O.I. Boykova, E.V. Ivanova,
M.B. Nikishina, L.V. Perelomov, Yu.M. Atroshchenko*

Background. The problem of the synthesis of new effective biologically active compounds remains an urgent task of modern chemical science. It is known that oxazole derivatives have a broad spectrum of physiological activity. In this regard, expanding the range of these derivatives seems to be an urgent task. One of the promising methods for the functionalization of nitro derivatives of heterocycles is reductive activation, which proceeds through the formation of relatively labile, highly reactive hydride σ -adducts, which can then be used to synthesize new biologically active compounds. This work is devoted to the study of the formation reaction of anionic σ -complexes of 2-*R*-5,7-dinitrobenzoxazoles under the action of sodium tetrahydroborate.

Purpose. To study the reaction of formation of anionic σ -complexes of 2-*R*-5,7-dinitrobenzoxazoles by spectral methods.

Materials and methods. The reaction mechanism for the formation of anionic σ -adducts 2-*R*-5,7-dinitrobenzoxazoles under the action of sodium tetrahydroborate was proposed on the basis of the data of UV spectra obtained by carrying out the studied

reaction in the cuvette of an SF 103 spectrophotometer. The structure of the obtained compounds was also proved using 1H -, ^{13}C - and $2D$ -correlation NMR spectroscopy.

Results. Double-charged hydride σ -adducts based on 2-R-5,7-dinitrobenzoxazoles were synthesized under the action of sodium tetrahydroborate. The structure of the formed adducts was proved by the methods of electronic and NMR spectroscopy, and a probable mechanism of the reaction was proposed.

Conclusion. The reaction of mild reduction of dinitro derivatives of benzo[d]oxazole under the action of sodium tetrahydroborate was studied. As a result, the corresponding hydride σ -complexes, which are sodium salts of bis-nitroic acids of benzo[d]oxazole, were isolated and identified by spectral methods. The mechanism of the reaction of their formation has been suggested.

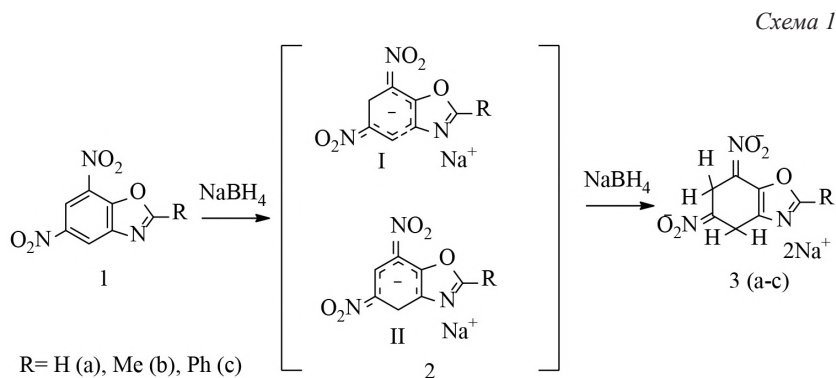
Keywords: benzo[d]oxazole; hydride σ -adducts; sodium tetrahydroborate; dinitro derivatives of heterocycles; reduction reactions

For citation. Mukhtorov L.G., Boykova O.I., Ivanova E.V., Nikishina M.B., Pere-lomov L.V., Atroshchenko Yu.M. Investigation of the formation reaction of σ -adducts of 2-R-5,7-dinitrobenzoxazoles. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 201-216. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-201-216

Введение

Известно, что производные бензо[d]оксазола проявляют широкий спектр биологической активности [20]. Бензоксазол входит в качестве структурного фрагмента в состав веществ, действующих на работу ЦНС [7, 17], а также обладающих антимикробным [6, 16, 19], фунгицидным [18], противовирусным [13], анальгезирующим, противовоспалительным [12, 14, 15], противотуберкулезным [9, 11] действием. Кроме того, бензоксазол является важным сырьем для промышленного и тонкого органического синтеза при получении различных биологически активных веществ [20]. Поэтому расширение ряда данных производных представляется актуальной задачей. Одним из перспективных, но нестандартных способов функционализации нитрогетероциклов является восстановительная активация, при которой образуются гидридные σ -аддукты [1, 4], которые за счет своей высокой реакционной способности могут достаточно легко вступать в дальнейшие превращения с целью получения новых гетероциклических соединений. Однако, до настоящего времени, σ -комплексы бензоксазола и их химическое поведение еще недостаточно изучено [10].

В связи с этим, нами была исследована реакция образования анионных σ -комплексов 2-R-5,7-динитробензоксазолов **3a-c** под действием тетрагидридобората натрия (схема 1).



В дальнейшем полученные высокорреакционноспособные гидридные σ -аддукты, могут быть использованы для синтеза новых биологически активных соединений, например, производных 3-азабицикло[3.3.1]нона-на, обладающих физиологической активностью широкого спектра действия [3].

Цель работы

Изучить реакцию образования анионных σ -комплексов 2-R-5,7-динитробензоксазолов спектральными методами, предложить вероятный механизм их образования.

Материалы и методы исследования

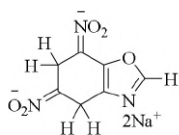
Исходный 5,7-Динитробензо[*d*]оксазол **1a** получали по литературной методике [2]. 2-Метил-5,7-динитробензо[*d*]оксазол **2b**; 2-фенил-5,7-динитробензо[*d*]оксазол **3c** синтезировали по методике [8].

Общая методика синтеза гидридных σ -аддуктов 2-R-5,7-динитробензоксазолов (3a-c):

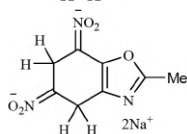
1,5 ммоль 2-R-5,7-динитробензо[*d*]оксазола растворяли в 15 мл *N,N*-диметилацетамида (ДМАА). Полученный раствор охлаждали на льду и постепенно смешивали с суспензией, состоящей из 0,14 г (3,5 ммоль) тетрагидробората натрия и 10 мл воды, поддерживая температуру $-5-0^{\circ}\text{C}$. При данной температуре реакционную смесь выдерживали в течении получаса, постепенно доводили температуру до комнатной и оставляли еще на 20 мин. В результате выпадал мелкокристаллический осадок динатриевой соли **3**. После фильтрования полученный σ -комплекс промывали безводным ацетоном и высушивали в эксикаторе над безводным суль-

фатом магния. В качестве среды для протекания реакции использовали смесь диметилацетамида с водой для обеспечения хорошей растворимости как неорганических (NaBH_4), так и органических (2-R-5,7-динитробензо[d]оксазолы) компонентов реакции. Тетрагидридоборат натрия брали в двухкратном избытке, по отношению к теоретически рассчитанному количеству реактивов для полного превращения 2-R-5,7-динитробензо[d]оксазолов **1** в диаддукты **3**.

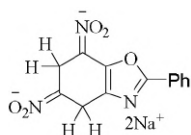
Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C регистрировали на спектрометре Bruker DRX-500 [500.13 МГц (^1H), 125.77 МГц (^{13}C)] в CDCl_3 внутренний стандарт – ГМДС.



Динатриевая соль 5,7-бис(ацинитро)-4,5,6,7-тетрагидробензо[d]-оксазола (3a): Выход 89%. ЯМР ^1H : 8.17 с ($1\text{H}, \text{H}^2$), 3.68 ш.с ($2\text{H}, \text{H}^4$), 3.74 ш.с ($2\text{H}, \text{H}^6$).



Динатриевая соль 5,7-бис(ацинитро)-2-метил-4,5,6,7-тетрагидро-бензо[d]оксазола (3b): Выход 96%. Спектр ЯМР ^1H , δ , ЯМР ^1H : 2.0 с ($3\text{H}, \text{CH}_3$), 2.82 с ($2\text{H}, \text{H}^4$), 2.97с ($2\text{H}, \text{H}^6$).



Динатриевая соль 5,7-бис(ацинитро)-2-фенил-4,5,6,7-тетрагидро-бензо[d]оксазола (3c): Выход 81%. ^1H ЯМР: 3.52 ш.с ($2\text{H}, \text{H}^4$), 3.58 ш.с ($2\text{H}, \text{H}^6$), 7.47т ($1\text{H}, \text{H}^2, {}^3J = 7.6$), 7.48т ($2\text{H}, \text{H}^3, {}^5J = 7.5$), 7.89 д ($2\text{H}, \text{H}^{2,6}, {}^3J = 7.5$).

Результаты исследования и их обсуждение

Первым этапом работы стало исследование УФ-спектров образующихся σ -аддуктов 2-R-5,7-динитробензоксазолов. Для этого изучаемую реакцию (схема 1) проводили в кювете спектрофотометра СФ 103.

Как показано на схеме 1, восстановление ароматического кольца 2-R-5,7-динитробензоксазолов происходит в два этапа.

Рассмотрим данную реакцию на примере 2-метил-5,7-динитробензоксазола **1b**. В электронном спектре раствора 2-метил-5,7-динитробензо[d]оксазола **1b** в смеси H_2O : ДМАА (1:4 по объему) фиксируется два максимума поглощения при 275 нм и при 320 нм (рис. 1):

При добавлении NaBH_4 к раствору 2-метил-5,7-динитробензоксазола на начальном этапе возникает яркое фиолетовое окрашивание, иллю-

стрирующее образование смеси предполагаемых изомерных гидридных моноаддуктов **2b** с максимумами поглощения в области 355 нм и 580 нм (рис. 2):

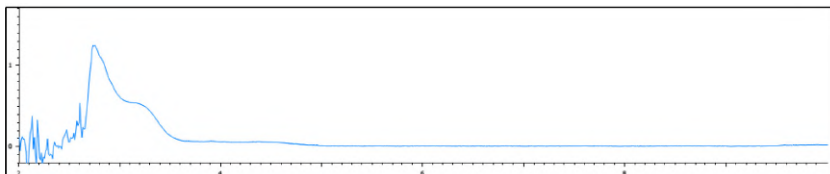


Рис. 1. УФ-спектр поглощения
2-метил-5,7-динитробензооксазола (1b)

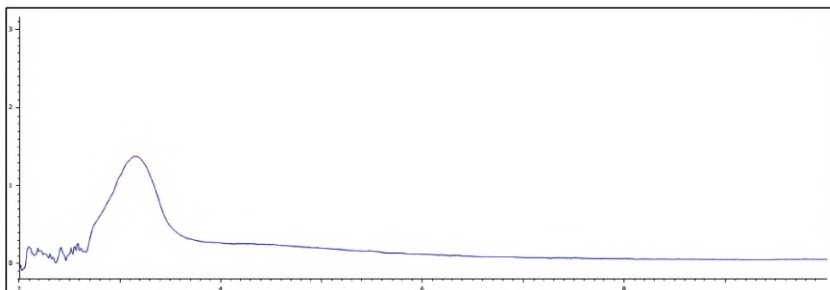
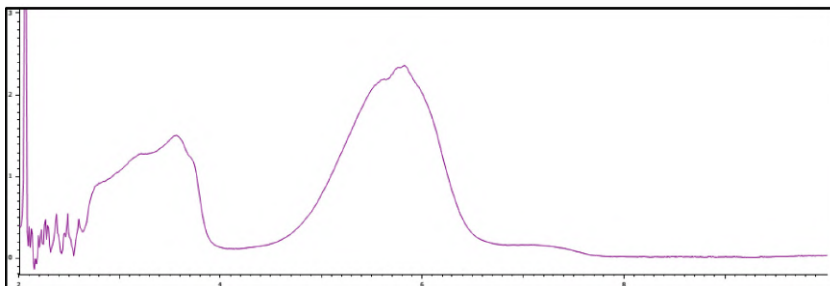


Рис. 2. УФ-спектр поглощения моноаддуктов
2-метил-5,7-динитробензооксазола (2b)

Наблюдаемый батохромный сдвиг (сдвиг максимума поглощения в длинноволновую область) можно объяснить наличием π - π^* -переходов в цепи сопряжения образующихся продуктов 2.



На второй стадии протекания реакции образуется двухзарядный σ -комплекс **3b**, окраска реакционной системы постепенно обесцвечивает-

ся, что подтверждает соответствующий УФ-спектр (рис. 3) с максимумом поглощения при 309. Структура диаддукта 3 без цепи сопряжения, также подтверждается исчезновением окрашивания реакционного раствора.

Дальнейшее подтверждение строения синтезированных соединений было получено из данных спектроскопии ЯМР. Так, в спектре ЯМР ^1H динатриевой соли 5,7-бис(ацинитро)-4,5,6,7-тетрагидробензо[*d*]оксазола **3a** в D_2O , как и следовало ожидать, наблюдается три сигнала (рис. 4). Синглетный сигнал в слабом поле при δ 8.17 м.д. соответствует протону H^2 в оксазольном цикле. В сильном поле наблюдаются два уширенных сигнала протонов H^4 и H^6 при 3.68 и 3.74 м.д. соответственно. Ранее аддукты аналогичного строения были получены и исследованы на примере 2-гидрокси-3,5-динитропиридина [1, 5].

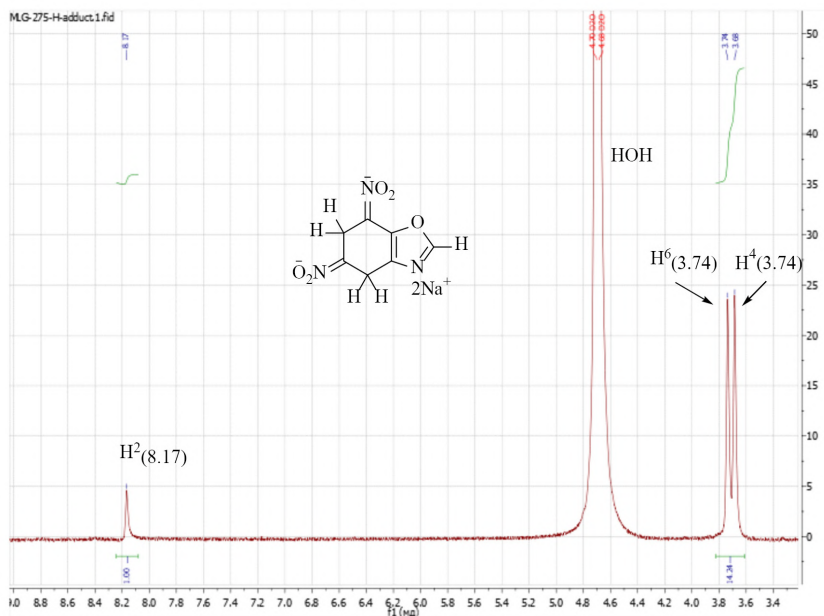


Рис. 4. ^1H ЯМР спектр 5,7-бис(ацинитро)-4,5,6,7-тетрагидробензо[*d*]оксазола **3a**

Для более надежного отнесения сигналов в спектрах ЯМР ^{13}C были использованы методы двумерной гетероядерной ^{13}C - ^1H -корреляции спектроскопии (*HMQC*, *HSQC*). По спектру *HSQC* могут быть однозначно определе-

ны связанные прямыми константами J_{CH} и имеющие по одному кросс-пику с протонами сигналы атома углерода C^2 оксазольного цикла (d_c 151.6 м.д.), а также сигналы C^4 (d_c 25.86 м.д.) и C^6 (d_c 29.06 м.д.). Различить данные сигналы можно по *HMBC* спектру (рис. 5), который иллюстрирует спин-спиновое взаимодействие H^4/C^{3a} , H^6/C^7 и H^2/C^{3a} . Сигналы атомов углерода C^5 (d_c 118.54 м.д.) и C^{7a} (d_c 138.77 м.д.) также имеют соответствующие кросс-пики в *HMBC* спектре с сигналами атомов водорода H^4 и H^6 (табл. 1).

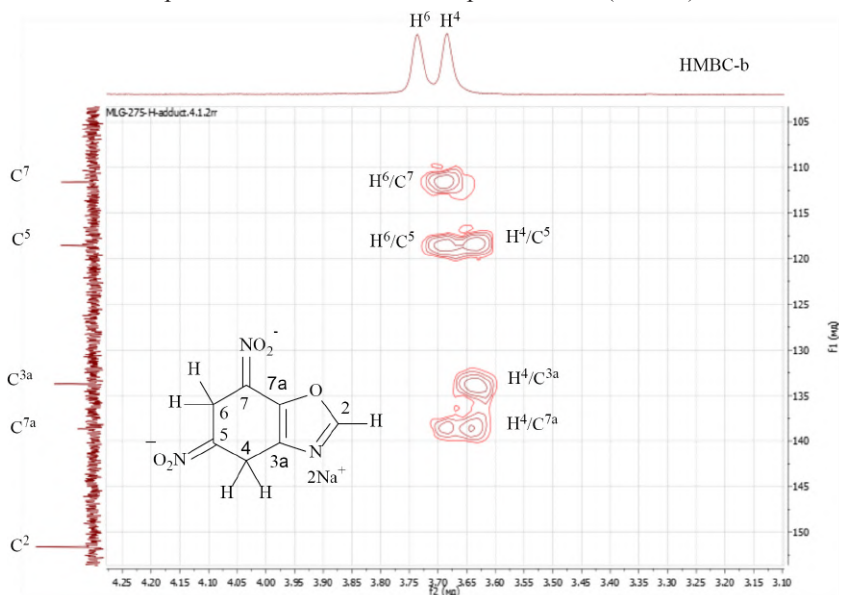


Рис. 5. 2D 1H ; Спектр корреляции ЯМР ^{13}C (HMBC-(b)) 5,7-бис(ацинитро)-4,5,6,7-тетрагидробензо[d]оксазола (3a)

Таблица 1.

Данные спектров ЯМР динатриевой соли 5,7-бис(ацинитро)-4,5,6,7-тетрагидробензо[d]оксазола 3a

№ атома водорода	d_H , м.д	d_C , м.д	HMBC	HSQC
2	8.17 с	151.6	H^2/C^{3a}	H^2/C^2
3a	-	133.77	-	-
4	3.68 ш.с	25.86	H^4/C^{3a} , H^4/C^5 , H^4/C^{7a}	H^4/C^4

Окончание табл. 1.

5	-	118.54	-	-
6	3.74 ш.с	29.06	H^4/C^{7a} , H^4/C^5 , H^4/C^7	H^6/C^6
7	-	111.63	-	-
7a	-	138.77	-	-

Заключение

Таким образом, исследована реакция мягкого восстановления динитропроизводных бензо[*d*]оксазола под действием тетрагидридобората натрия. В результате были выделены и идентифицированы спектральными методами соответствующие гидридные σ -комплексы, представляющие собой натриевые соли *bis*-нитроновых кислот бензо[*d*]оксазола. Методами 1D и 2D ЯМР спектроскопии высокого разрешения, изучено строение синтезированных соединений **3**, установлена их молекулярная структура. Электронные спектры поглощения не только подтверждают структуру образующихся σ -аддуктов, но и позволяют предположить механизм реакции их образования.

Список литературы

1. Атрощенко Ю.М., Блохин И.В., Иванова Е.В., Ковтун И.В. Экспериментальное и теоретическое исследование физико-химических свойств гидридных σ -аддуктов на основе 2-гидрокси-3,5-динитропиридина // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2013. № 3. С. 244-252.
2. Блохин И.В., Мухторов Л.Г., Атрощенко Ю.М., Шахкельдян И.В., Страшнов П.В., Рябов М.А., Кобраков К.И., Шумский А.Н. Теоретическое моделирование взаимодействия 2-R-5,7-динитробензо[*d*]оксазолов с метоксид-ионом методом теории функционала плотности // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 49, № 3. С. 84-91.
3. Иванова Е.В., Никишина М.Б., Мухторов Л.Г., Переломов Л.В., Атрощенко Ю.М. Изучение фунгицидной активности новых производных 7-R-1,5-динитро-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-2-она // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 5. С. 307-320. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-307-320>
4. Медведева А.Ю., Якунина И.Е., Атрощенко Ю.М., Шумский А.Н., Блохин И.В. Гидридные аддукты динитрохинолинов в мультикомпонентной реакции Манниха // Журнал органической химии 2011. Т. 47, № 11. С. 1696-1699.

5. Морозова Е.В., Якунина И.Е., Кобраков К.И., Блохин И.В., Шумский А.Н., Атрощенко Ю.М. Анионные аддукты 2-окси-3,5-динитропиридина в конденсации Манниха // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56, №10.С. 23-25.
6. Cellier M., Gignoux A., James A.L., Orega S., Perry J.D., Robinson S.N., Stanforth S.P. Turnbull G. 2-(Nitroaryl)benzothiazole and benzoxazole derivatives as fluorogenic substrates for the detection of nitroreductase activity in clinically important microorganisms // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2015. V. 25. P. 5694–5698. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.10.099>
7. Huang L., Zhang W., Zhang X., Yin L., Chen B., Song J. Synthesis and pharmacological evaluation of piperidine (piperazine)-substituted benzoxazole derivatives as multi-target antipsychotics // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2015. V. 25. P. 5299–5305. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.09.045>
8. Irwin A. Pearl and William M. Dehn. Derivatives of picramic acid and some of their rearrangements // J. Am. Chem. Soc. 1938. V. 60. P. 925-927.
9. Lu X., Hu X., Liu Z., Zhang T., Wang R., Wan B., Franzblau S.G., You Q. Benzylsulfanyl benzo-heterocycle amides and hydrazones as new agents against drug-susceptible and resistant Mycobacterium tuberculosis // Med. Chem. Commun. 2017. V. 8. P. 1303–1306. <https://doi.org/10.1039/c7md00146k>
10. Palmer D.C. Oxazoles: Synthesis, Reactions and Spectroscopy. Part A. The Chemistry of Heterocyclic Compounds. Vol. 60. Raritan, N.J.: John Wiley & Sons. 2003. 640 p.
11. Pitta E., Rogacki M.K., Balabon O., Huss S., Cunningham F., Lopez-Roman E.M., Joossens J., Augustyns K., Ballell L., Bates R.H., Veken P.V. Searching for new leads for tuberculosis: design, synthesis, and biological evaluation of novel 2-quinolin-4-yloxyacetamides // J. Med. Chem. 2016. V. 59. P. 6709–6728. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00245>
12. Roy S., Mukherjee A., Paul B., Rahaman O., Roy S., Maithri G., Ramya B., Pal S., Ganguly D., Talukdar A. Design and development of benzoxazole derivatives with toll-like receptor 9 antagonism // Eur. J. Med. Chem. 2017, 134. P. 334–347. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.03.086>
13. Rynearson K.D., Charrette B., Gabriel C., Moreno J., Boerneke M.A., Dibrov S.M., Hermann T. 2-Aminobenzoxazole ligands of the hepatitis C virus internal ribosome entry site // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2014. V. 24. P. 3521–3525. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.05.088>
14. Seth K., Garg S.K., Kumar R., Purohit P., Meena V.S., Goyal R., Banerjee U.C., Chakraborti A.K. 2-(2-Arylphenyl)benzoxazole as a novel anti-inflammatory scaffold: synthesis and biological evaluation // ACS Med. Chem. Lett. 2014. V. 5. P. 512–516. <https://doi.org/10.1021/ml400500e>

15. Shakya A.K., Kaur A., Al-Najjar B.O., Naik R.R. Molecular modeling, synthesis, characterization and pharmacological evaluation of benzo[d]oxazole derivatives as non-steroidal anti-inflammatory agents // *Saudi Pharm. J.* 2016. V. 24. P. 616–624. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2015.03.018>
16. Tomi I.H.R., Tomma J.H., Al-Daraji A.H.R., Al-Dujaili A.H. Synthesis, characterization and comparative study the microbial activity of some heterocyclic compounds containing oxazole and benzothiazole moieties // *J. Saudi Chem. Soc.* 2015. V. 19. P. 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.04.010>
17. Wang S., Chen Y., Zhao S., Xu X., Liu X., Liu B.F., Zhang G. Synthesis and biological evaluation of a series of benzoxazole/benzothiazole-containing 2,3-dihydrobenzo[b][1,4]dioxine derivatives as potential antidepressants // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2014. V. 24. P. 1766–1770. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.02.031>
18. Zhang M.Z., Chen Q., Xie C.H., Mulholland N., Turner S., Irwin D., Gu Y.C., Yang G.F., Clough J. Synthesis and antifungal activity of novel streptochlorin analogues // *Eur. J. Med. Chem.* 2015. V. 92. P. 776–783. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.01.043>
19. Zhang W., Liu J., Macho J.M., Jiang X., Xie D., Jiang F., Liu W., Fu L., Design, synthesis and antimicrobial evaluation of novel benzoxazole derivatives, *Eur. J. Med. Chem.* 2017, 126. P. 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.10.010>
20. Zhang, H.-Z.; Zhao, Z.-L.; Zhou, C.-H. Recent advance in oxazole-based medicinal chemistry // *Eur. J. Med. Chem.* 2018, 144. P. 444. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.12.044>

References

1. Atroshchenko Yu.M., Blokhin I.V., Ivanova E.V., Kovtun I.V. Eksperimental'noye i teoreticheskoye issledovaniye fiziko -khimicheskikh svoystv gidridnykh s-adduktov na osnovе 2-gidroksi-3,5-dinitropiridina [Experimental and theoretical study of the physicochemical properties of hydride σ -adducts based on 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Yestestvennyye nauki*, 2013, no. 3, pp. 244-252.
2. Blokhin I.V., Mukhtorov L.G., Atroshchenko Yu.M., Shakhkel'dyan I.V., Strashnov P.V., Ryabov M.A., Kobrakov K.I., Shumskiy A.N. Teoreticheskoye modelirovaniye vzaimodeystviya 2-R-5,7-dinitrobenzo[d]oksazolov s metoksid-ionom metodom teorii funktsionala plotnosti [Theoretical modeling of the interaction of 2-R-5,7-dinitrobenzo[d]oxazoles with methoxide ion by the method of density functional theory]. *Butlerov Communications*, 2017, vol. 49, no. 3, pp. 84-91.

3. Ivanova E.V., Nikishina M.B., Mukhtorov L.G., Perelomov L.V., Atroshchenko Yu.M. Investigation of the fungicidal activity of new derivatives of 7-R-1,5-dinitro-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonan-2-one. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 307-320. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-307-320>
4. Medvedeva A. Yu., Yakunina I. E., Atroshchenko Yu. M., Shumskii A. N., Blokhin I.V. Hydride adducts of dinitroquinolines in multicomponent Mannich reaction. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2011, vol. 47, no. 11, pp. 1733–1737.
5. Morozova E.V., Yakunina I.E., Kobrakov K.I., Blokhin I.V., Shumskiy A.N., Atroshchenko Yu.M. Anionnyye addukty 2-oksi-3,5-dinitropiridina v kondensatsii Mannikha [Anionic adducts of 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine in Mannich condensation]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*, 2013, vol. 56, no. 10, pp. 23-25.
6. Cellier M., Gignoux A., James A.L., Orensa S., Perry J.D., Robinson S.N., Stanforth S.P. Turnbull G. 2-(Nitroaryl)benzothiazole and benzoxazole derivatives as fluorogenic substrates for the detection of nitroreductase activity in clinically important microorganisms. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2015, vol. 25, pp. 5694–5698. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.10.099>
7. Huang L., Zhang W., Zhang X., Yin L., Chen B., Song J. Synthesis and pharmacological evaluation of piperidine (piperazine)-substituted benzoxazole derivatives as multi-target antipsychotics. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2015, vol. 25, pp. 5299–5305. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.09.045>
8. Irwin A. Pearl and William M. Dehn. Derivatives of picramic acid and some of their rearrangements. *J. Am. Chem. Soc.*, 1938, vol. 60, pp. 925-927.
9. Lu X., Hu X., Liu Z., Zhang T., Wang R., Wan B., Franzblau S.G., You Q. Benzylsulfanyl benzo-heterocycle amides and hydrazones as new agents against drug-susceptible and resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Med. Chem. Commun.*, 2017, vol. 8, pp. 1303–1306. <https://doi.org/10.1039/c7md00146k>
10. Palmer D.C. Oxazoles: Synthesis, Reactions and Spectroscopy. Part A. The Chemistry of Heterocyclic Compounds. Vol. 60. Raritan, N.J.: John Wiley & Sons. 2003. 640 p.
11. Pitta E., Rogacki M.K., Balabon O., Huss S., Cunningham F., Lopez-Roman E.M., Joossens J., Augustyns K., Ballell L., Bates R.H., Veken P.V. Searching for new leads for tuberculosis: design, synthesis, and biological evaluation of novel 2-quinolin-4-yloxyacetamides. *J. Med. Chem.*, 2016, vol. 59, pp. 6709–6728. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00245>
12. Roy S., Mukherjee A., Paul B., Rahaman O., Roy S., Maithri G., Ramya B., Pal S., Ganguly D., Talukdar A. Design and development of benzoxazole deriva-

- tives with toll-like receptor 9 antagonism. *Eur. J. Med. Chem.*, 2017, vol. 134, pp. 334–347. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.03.086>
13. Rynearson K.D., Charrette B., Gabriel C., Moreno J., Boerneke M.A., Dibrov S.M., Hermann T. 2-Aminobenzoxazole ligands of the hepatitis C virus internal ribosome entry site. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2014, vol. 24, pp. 3521–3525. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.05.088>
 14. Seth K., Garg S.K., Kumar R., Purohit P., Meena V.S., Goyal R., Banerjee U.C., Chakraborti A.K. 2-(2-Arylphenyl)benzoxazole as a novel anti-inflammatory scaffold: synthesis and biological evaluation. *ACS Med. Chem. Lett.*, 2014, vol. 5, pp. 512–516. <https://doi.org/10.1021/ml400500e>
 15. Shakya A.K., Kaur A., Al-Najjar B.O., Naik R.R. Molecular modeling, synthesis, characterization and pharmacological evaluation of benzo[d]oxazole derivatives as non-steroidal anti-inflammatory agents. *Saudi Pharm. J.*, 2016, vol. 24, pp. 616–624. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2015.03.018>
 16. Tomi I.H.R., Tomma J.H., Al-Daraji A.H.R., Al-Dujaili A.H. Synthesis, characterization and comparative study the microbial activity of some heterocyclic compounds containing oxazole and benzothiazole moieties. *J. Saudi Chem. Soc.*, 2015, vol. 19, pp. 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.04.010>
 17. Wang S., Chen Y., Zhao S., Xu X., Liu X., Liu B.F., Zhang G. Synthesis and biological evaluation of a series of benzoxazole/benzothiazole-containing 2,3-dihydrobenzo[b][1,4]dioxine derivatives as potential antidepressants. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2014, vol. 24, pp. 1766–1770. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.02.031>
 18. Zhang M.Z., Chen Q., Xie C.H., Mulholland N., Turner S., Irwin D., Gu Y.C., Yang G.F., Clough J. Synthesis and antifungal activity of novel streptochlorin analogues. *Eur. J. Med. Chem.*, 2015, vol. 92, pp. 776–783. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.01.043>
 19. Zhang W., Liu J., Macho J.M., Jiang X., Xie D., Jiang F., Liu W., Fu L., Design, synthesis and antimicrobial evaluation of novel benzoxazole derivatives. *Eur. J. Med. Chem.*, 2017, vol. 126, pp. 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.10.010>
 20. Zhang, H.-Z.; Zhao, Z.-L.; Zhou, C.-H. Recent advance in oxazole-based medicinal chemistry. *Eur. J. Med. Chem.*, 2018, vol. 144, p. 444. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.12.044>

ВКЛАД АВТОРОВ

Мухторов Л.Г.: синтез и очистка исследуемых соединений, разработка концепции научной работы.

Бойкова О.И.: съемка и интерпретация спектров исследуемых соединений.

Иванова Е.В.: обработка и анализ результатов эксперимента, составление черновика рукописи.

Никишина М.Б.: обработка и анализ результатов эксперимента.

Переломов Л.В.: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Атрошенко Ю.М.: разработка концепции научной работы, редактирование черновика рукописи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Loik G. Mukhtorov: synthesis and purification of the substances under study, development of the concept of scientific work.

Olga I. Boykova: recording and interpretation of the spectra of the compounds under study.

Evgeniya V. Ivanova: processing and analysis of experimental results, compilation of a draft manuscript.

Maria B. Nikishina: processing and analysis of experimental results.

Leonid V. Perelomov: analysis of scientific work, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

Yuri M. Atroshchenko: development of the concept of scientific work, editing the draft of the manuscript.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Мухторов Лоик Гургович, научный сотрудник кафедры химии, к.х.н.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.

Толстого

пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация

mukhtorov.loik@mail.ru

Бойкова Ольга Ивановна, доцент кафедры химии, к.х.н., доцент

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.

Толстого

пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация

benosi@mail.ru

Иванова Евгения Владимировна, доцент кафедры химии, к.х.н., доцент

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.

Толстого

пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация

otela005@gmail.com

Никишина Мария Борисовна, заведующий кафедрой химии, к.х.н., доцент
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
tata-67@mail.ru

Переломов Леонид Викторович, старший научный сотрудник кафедры химии, к.б.н., доцент
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
perelomov@ramler.ru

Атрошенко Юрий Михайлович, ведущий научный сотрудник кафедры химии, д.х.н., профессор
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
reaktiv@tsput.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Loik G. Mukhtorov, Researcher of the Department of Chemistry, Ph.D.
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
mukhtorov.loik@mail.ru

Olga I. Boykova, Associate Professor of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
benosi@mail.ru

Evgeniya V. Ivanova, Associate Professor of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
omela005@gmail.com
SPIN-code: 6129-4257
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3398-6438>

Maria B. Nikishina, Head of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
E-mail: glazynovaanastasiya@gmail.com*

Loik G. Mukhtorov, Researcher of the Department of Chemistry, Ph.D.

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
mukhtorov.loik@mail.ru*

Leonid V. Perelomov, Senior Researcher of the Department of Chemistry, Ph.D., Associate Professor

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
perelomov@ramler.ru*

Yuri M. Atroshchenko, Leading Researcher of the Department of Chemistry, Doctor of Chemistry, Professor

*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenina Ave., Tula, 300026, Russian Federation
reaktiv@tsput.ru*

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-217-228

УДК 339

ЭКСПОРТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ГОСУДАРСТВ, ВХОДЯЩИХ В АССОЦИАЦИЮ СТРАН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ (АСЕАН)

И.А. Аксенов, П.Н. Афонин, Е.В. Шаназарова

Обоснование. АСЕАН в настоящее время образует прочный экономический блок с совокупным ВВП в размере 3 трлн. долларов США, относительно высокой долей сельского хозяйства в ВВП (11,3% в 2010-2020 годах) и расширяющимся рынком агропродовольственных товаров, основанным на меняющихся условиях глобальных и региональных моделях торговли.

Цель заключается в проведении анализа и выявлении проблем агропродовольственного экспорта государств, входящих в ассоциацию стран юго-восточной Азии (АСЕАН).

Материалы и методы. Основой исследования являются: Декларация о создании АСЕАН (Подписана в г. Бангкок 08 августа 1967 г.), статистические данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, АСЕАН, Всемирного торгового центра. В данной работе были использованы диалектический, системный, логический методы исследования.

Результаты. В результате анализа, проведенного в статье агропродовольственного экспорта по видам продукции, выявлено, что животные, растительные жиры и масла являются наиболее важными сельскохозяйственными товарами стран АСЕАН, обеспечивающую четверть регионального и более трети мирового экспорта.

Заключение. Агроэкспортная политика стран АСЕАН во многом разрозненна. Это связано, главным образом, с внутренними различиями государств, входящих в этот блок.

Ключевые слова: сельское хозяйство; АСЕАН; экспорт; рынок; развивающиеся страны

Для цитирования. Аксенов И.А., Афонин П.Н., Шаназарова Е.В. Экспорт сельскохозяйственной продукции из государств, входящих в ассоциацию стран юго-восточной Азии (АСЕАН) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 217-228. DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-217-228

EXPORT OF AGRICULTURAL PRODUCTS FROM THE STATES OF THE ASSOCIATION OF SOUTH-EASTERN ASIAN COUNTRIES (ASEAN)

I.A. Aksenov, P.N. Afonin, E.V. Shanazarova

Background. ASEAN currently forms a solid economic bloc with a combined GDP of US \$ 3 trillion, a relatively high share of agriculture in GDP (11.3% in 2010-2020) and an expanding agri-food market based on changing conditions. global and regional trade patterns.

Purpose. It consists in analyzing and identifying the problems of agri-food exports of the states that are members of the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN).

Materials and methods. The research is based on the Declaration on the Establishment of ASEAN (Signed in Bangkok on August 08, 1967), statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations, ASEAN, and the World Trade Center. In this work, dialectical, systemic, logical research methods were used.

Results. As a result of the analysis carried out in the article on agri-food exports by product, it was revealed that animal, vegetable fats and oils are the most important agricultural products of the ASEAN countries, providing a quarter of regional and more than a third of world exports.

Conclusion. The agro-export policy of the ASEAN countries is largely fragmented. This is mainly due to the internal differences between the states that make up this bloc.

Keywords: agriculture; ASEAN; export; market; developing countries

For citation. Aksenov I.A., Afonin P.N., Shanazarova E.V. Export of agricultural products from states belonging to the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 217-228. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-217-228

Введение

АСЕАН в настоящее время образует прочный экономический блок с совокупным ВВП в размере 3 трлн. долларов США, относительно высокой долей сельского хозяйства в ВВП (11,3% в 2010-2020 годах) и расширяющимся рынком агропродовольственных товаров, основанным на меняющихся условиях глобальных и региональных моделях торговли.

Материалы и методы

Изучением вопросов внешнеторгового оборота в странах АСЕАН занимаются Канаев Е.А., Королев А.С. [5,6,8,9], Костюнина Г.М. [10,11], Янчук А.Л. [14].

Изучением вопросов агропромышленного экспорта в странах АСЕАН занимаются Голубков М.А. [2], Королев А.С. [8], Ефимова Л.М., Хохлова Н.И. [4].

Информационную базу для статьи составили: нормативно-правовая база и правоприменительная практика государств-членов АСЕАН, обзоры торговой политики, аналитические отчеты и иные справочные материалы, статистические данные международных организаций, а также данные, доступные в открытых информационных ресурсах.

Методологическую основу исследования составляют методы научного познания, среди которых: сравнительно-правовой метод, синтез, анализ, системный подход, логический метод и пр.

Результаты исследования

Сельское хозяйство остается ведущей сферой занятости населения в большинстве стран Юго-Восточной Азии (за исключением Сингапура, Брунея и Малайзии). Основным производственным фактором отрасли являются сельскохозяйственные земли. Однако за последние 9 лет как добавленная стоимость сельского хозяйства, так и занятость в данной отрасли значительно снизились. Это значение особенно актуально для Мьянмы, где оно отражается в высокой доле добавленной стоимости сельского хозяйства в ВВП, а также в высокой доле занятости (21,35% и 49,70% соответственно) [1]. С другой стороны, сельское хозяйство Сингапура составляет всего 0,03% ВВП и 0,74% занятости. Здесь также следует выделить Лаос, где сельское хозяйство является крупнейшим «работодателем» экономики с долей в 63,24%, хотя данная отрасль вносит в национальный ВВП лишь 15,71%, что подразумевает серьезные проблемы с эффективностью. Анализ конкурентоспособности агропродовольственной торговли особенно актуален в этих странах с относительно высокой долей сельского хозяйства в национальной экономике по сравнению с развитыми странами [3].

Роль сельского хозяйства также можно оценить по его доле в общем объеме экспорта. Из таблицы 1 видно, что наиболее значительную долю в общем объеме экспорта занимает сельское хозяйство Мьянмы (34,86% в 2016-2020 гг.), за ней следуют Лаос (28,32%) и Индонезия (27,14%) [7]. Иными словами, более трети или почти треть экспортной выручки приходилась на сельское хозяйство в этих странах соответственно. Кроме того, агропродовольственный экспорт демонстрирует тенденцию к росту в Лаосе, Индонезии и Таиланде [12]. С другой стороны, агропродовольственный экспорт составлял незначительную часть всего экспорта Брунея. Примеча-

телен случай с Сингапуром – хотя в стране почти нет сельскохозяйственных угодий, этот сектор дает 17-20% всего экспорта. Это явный признак «эффективного» перерабатывающего сектора. Потенциально данная ситуация может привести к тому, что Сингапур будет иметь более высокие сравнительные преимущества в торговле продуктами переработки сельскохозяйственной продукции как на глобальном, так и на региональном уровнях [13].

Таблица 1.

**Доля агропродовольственного экспорта в общем объеме
товарного экспорта стран АСЕАН, 2010-2020 гг.**

Страна	2010-2012	2013-2015	2016-2020
Бруней	0,05%	0,24%	0,17%
Камбоджа	5,63%	8,47%	7,06%
Индонезия		25,05%	27,14%
Лаос		24,37%	28,32%
Малайзия		12,1%	12,24%
Мьянма	41,23%	34,65%	34,68%
Филиппины	9,76%	10,50%	9,67%
Сингапур	19,47%	17,61%	17,58%
Таиланд	2,38%	3%	3,59%
Вьетнам	21,55%	16,66%	13,11%

Касаемо регионального агропродовольственного экспорта, можно отметить непрерывный рост почти в каждой стране, хотя и в разной степени (Таблица 2). Исключение составляют Бруней, Малайзия и Филиппины [17]. Поскольку их основные сельскохозяйственные показатели демонстрируют тенденцию к снижению, это явный показатель более высокой эффективности производства. Исходя из этих тенденций, можно ожидать более высоких сравнительных преимуществ для региональной агропродовольственной торговли.

Структура экспорта также тесно связана с производством. Так, Индонезия является самым крупным производителем среди государств-членов с почти 148 миллиардами долларов США производственной стоимости и 37 миллионами долларов США агропродовольственного экспорта. Тайский экспорт близок к индонезийскому. Его средний показатель за 2016-2020 годы составил 33 миллиона долларов США. Вьетнам занял третье место, однако эта страна является вторым по величине сельскохозяйственным производителем региона (долл. 49,42 млрд). Несмотря на высочайшую

важность этого сектора, измеряемую либо вкладом в ВВП, либо занятостью в сельском хозяйстве, Малайзия является лишь четвертым по величине экспортером среди стран АСЕАН со стоимостью 24 миллиона долларов США в 2016-2020 годах. Следует отметить, что, несмотря на незначительную долю сингапурского сельскохозяйственного сектора, эта страна является пятым по величине экспортером агропродовольственных товаров в регионе. Это подчеркивает важность реэкспорта и переработки в агропродовольственном экспорте [18].

*Таблица 2.***Агропродовольственный экспорт стран АСЕАН, 2010-2020гг., млн долл. США**

Страна	2010-2012	2013-2015	2016-2020
Бруней	5	22	8
Камбоджа	161	397	585
Индонезия	31,601	34,274	37,089
Лаос	324	519	997
Малайзия	28,919	25,244	23,594
Мьянма	2299	3263	4484
Филиппины	4679	6004	5892
Сингапур	8418	10,365	11,134
Таиланд	30,477	31,440	33,305
Вьетнам	17,846	21,734	25,876

Наименее значимыми экспортерами агропродовольственных товаров являются Бруней, Камбоджа и Лаос. В Лаосе в сельскохозяйственном секторе занято две трети работников и производится почти 16% национальной добавленной стоимости [16].

Что касается агропродовольственного экспорта по видам продукции, то животные, растительные жиры и масла являются наиболее важными сельскохозяйственными товарами стран АСЕАН, которые обеспечивают четверть регионального и более трети мирового экспорта. Рыба и различные рыбные продукты торгуются в основном на международном уровне, поскольку 9 из 10 членов АСЕАН имеют прямое морское сообщение. Международная торговля более концентрирована, чем региональная, эти товары дают в среднем 60% от общего объема экспорта [20].

Обсуждение

Из приведенного выше анализа вытекает много «политических уроков». Прежде всего, страны должны сосредоточиться на экспорте тех продук-

тов, в которых они имеют сравнительные преимущества. «Обработанные» продукты и продукты с высокой добавленной стоимостью должны быть приоритетными в экспорте [22]. Страны должны отчетливо понимать на каких рынках они наиболее конкурентоспособны. Следует также отметить сравнительные преимущества стран АСЕАН как на глобальных, так и на региональных рынках «агроэкспортной» продукции [19].

Результаты показывают, что сельское хозяйство имеет самую высокую долю добавленной стоимости в Камбодже и Мьянме, в то время как самая высокая доля занятости в сельском хозяйстве наблюдается в Лаосе и Мьянме [15]. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что Мьянма, Лаос и Филиппины имеют самый высокий уровень конкурентоспособности агропродовольственной торговли на мировом рынке [23].

Касаемо структуры продукции стоит отметить, что как сырье, так и продукты переработки являются источниками сравнительных преимуществ в регионе. Однако сравнительные преимущества в региональной агропродовольственной торговле, как правило, выше, чем в глобальной агропродовольственной торговле. Тем не менее, конкурентоспособность стран АСЕАН может быть усилена за счет повышения уровня переработки продукции, концентрации на экспорте продукции с более высокой добавленной стоимостью [21].

Заключение

Стоит констатировать, что «агроэкспортная» политика стран АСЕАН во многом разрознена. Это связано, главным образом, с внутренними различиями государств, входящих в этот блок. В некоторых из них доля сельского хозяйства крайне невелика, поэтому АПК продукция в подавляющем большинстве не экспортируется, а напротив, импортируется. В других странах, менее развитых, доля сельского хозяйства выше, однако продукция слабо отвечает мировым стандартам в области продовольственной безопасности, в связи с чем в основной своей массе экспортируется лишь в пределах региона, не попадая на более дальние и перспективные рынки. Руководству АСЕАН следует предпринять меры в области совершенствования экспортной агропродовольственной политики, увеличив степень интеграции соответствующих национальных политик. Лишь интеграционный потенциал может помочь сделать АПК-продукцию из данного региона более конкурентоспособной на общемировом рынке.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.
Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Акимов А.В. Современные проблемы развития, основные регионы и цивилизационные общности мира в XXI веке: попытка прогнозирования // Мировая экономика и международные отношения. 2014. № 6. С. 109–122
2. Голубков М.А. Концепция продовольственной безопасности АСЕАН в условиях процесса формирования Экономического сообщества // Российский внешнеэкономический вестник. 2016. № 4. С. 14.
3. Довгопол В. В. Отношения стран АСЕАН с мировыми державами (на примере Малайзии и Тайваня) // Власть. 2011. № 8. С. 105-107.
4. Ефимова Л. М., Хохлова Н. И. Концептуализация «азиатских ценностей» в Малайзии и Сингапуре // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64, №. 1. С. 91-98.
5. Канаев Е.А. Пятидесятилетний юбилей АСЕАН: «истории успеха» и их ресурсы. М.: ИМЭМО РАН. 2017. 39 с.
6. Канаев Е.А., Королев А.С. ЕАЭС и АСЕАН: перспективы сотрудничества // Мировая экономика и перспективы сотрудничества. 2020. Т. 64, № 1. С. 67.
7. Колдунова Е. «Диалоговые партнерства» во внешней политике АСЕАН // Международные процессы. 2017. Т. 15, № 3. С. 55-66.
8. Королев А. С. ВРЭП в системе многостороннего экономического сотрудничества в АТР // Юго-Восточная Азия: актуальные проблемы развития. 2017. № 36. С. 46-57.
9. Королев А. С. Стратегии средних стран в отношении великих держав: опыт Малайзии // Международные процессы. 2018. Т. 16, № 1. С. 90-104.
10. Костюнина Г.М. Интеграционная модель АСЕАН+1: основные положения соглашений и влияние на внешнеэкономические связи // Вестник РУДН. Серия: Международные отношения. 2017. № 3. С. 443.
11. Костюнина, Г. М. Внешняя торговля России со странами АСЕАН: основные тенденции развития // Российский внешнеэкономический вестник. 2019. № 3. С. 43–59.
12. Ле Ван Ха. Отношения России с АСЕАН: От застоя в постсоветском периоде к развитию в XXI веке // Научное обозрение. Серия 1: Экономика и право. 2016. № 1. С. 97–102.
13. Мосяков Д. В., Астафьева Е. М. Конфликт в Южно-Китайском море в системе современных международных отношений в Азиатско-Тихоокеан-

- ском регионе // Юго-Восточная Азия: актуальные проблемы развития. 2018. №2 (39). С. 5-13.
14. Янчук А.Л. Экономическое развитие стран АСЕАН на современном этапе // Вестник Белорусского государственного экономического университета. 2018. № 5. С. 30.
 15. Aksenov I.A. Development of state support for export of agricultural products as an element of the integration policy of the Eurasian economic union // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Vol. 13 (4). P. 273-296. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296>
 16. Chetthamrongchai, P., Somjai, S., Chankoson, T. The contribution of macroeconomic factors in determining the economic growth, export and the agricultural output in agribased ASEAN economies // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2020. Vol. 7 (3). P. 2043-2059. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3\(40\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3(40))
 17. Doanh, N.K., Quynh, N.N., Heo, Y. Impacts of ecosystem vitality on ASEAN's agricultural exports: A System Generalized Method of Moments approach // *International Area Studies Review*. 2020. Vol. 23 (4). P. 335-351. <https://doi.org/10.1177/2233865920957209>
 18. Hossain, S.S., Delin, H. Measuring economic impact in Korea, Japan, India, China, and ASEAN considering agricultural sectors: a dynamic CGE approach based on GAMS // *Review of World Economics*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10290-021-00439-w>
 19. Jaroensathapornkul, J. Impact of exchange rate volatility on the export of thailand's key agricultural commodities to ASEAN countries // *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 2021. Vol. 42 (1). P. 129-134. <https://doi.org/10.34044/j.kjss.2021.42.1.20>
 20. Kea, S., Li, H., Shahriar, S., Abdullahi, N.M., Phoak, S., Touch, T. Factors Influencing Cambodian Rice Exports: An Application of the Dynamic Panel Gravity Model // *Emerging Markets Finance and Trade*. 2019. Vol. 55 (15). P. 3631-3652. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1673724>
 21. Mizik, T. Theory vs practice: Patterns of the ASEAN-10 agri-food trade // *Open Agriculture*. 2021. Vol. 6 (1). P. 152-167. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0014>
 22. Mizik, T., Szerletics, Á., Jámbor, A. Agri-food export competitiveness of the ASEAN countries // *Sustainability (Switzerland)*. 2020. Vol. 12 (23). P. 1-16. <https://doi.org/10.3390/su12239860>
 23. Nguyen, O.T.H., Aksenov, I., Phan, N.T., Sakulyeva, T. Russia's foreign policy priorities in the Asia-Pacific region // *Journal of Public Affairs*. 2021. <https://doi.org/10.1002/pa.2745>

References

1. Akimov A. V. Sovremennyye problemy razvitiya, osnovnyye regiony i tsivilizatsionnyye obshchnosti mira v KHKHI veke: popytka prognozirovaniya [Modern development problems, main regions and civilizational communities of the world in the XXI century: an attempt to forecast]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya* [World economy and international relations], 2014, no. 6, pp. 109–122.
2. Golubkov M.A. Kontsepsiya prodovol'stvennoy bezopasnosti ASEAN v usloviyakh protsesssa formirovaniya Ekonomicheskogo soobshchestva [The concept of food security of ASEAN in the conditions of the process of formation of the Economic community]. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskij vestnik* [Russian foreign economic bulletin], 2016, no. 4, p. 14.
3. Dovgopol V. V. Otnosheniya stran ASEAN s mirovymi derzhavami (na primere Malayzii i Tayvanya) [Relations of ASEAN countries with world powers (on the example of Malaysia and Taiwan)]. *Vlast'* [Power], 2011, no. 8, pp. 105-107.
4. Yefimova L. M., Khokhlova N. I. Kontseptualizatsiya «aziatskikh tsen-nostey» v Malayzii i Singapore [Conceptualization of “Asian values” in Malaysia and Singapore]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya* [World Economy and International Relations], 2020, vol. 64, no. 1, pp. 91-98.
5. Kanayev Ye.A. *Pyatidesyatiletnyy yubiley ASEAN: «istorii uspekha» i ikh resursy* [ASEAN 50th Anniversary: Success Stories and Resources]. Moscow: IMEMO RAN, 2017, 39 p.
6. Kanayev Ye.A., Korolev A.S. YEAES i ASEAN: perspektivy sotrudnichestva [EAEU and ASEAN: Prospects for Cooperation]. *Mirovaya ekonomika i perspektivy sotrudnichestva* [World Economy and Prospects for Cooperation], 2020, vol. 64, no. 1, p. 67.
7. Koldunova, Ye. «Dialogovyye partnerstva» vo vneshney politike ASEAN [“Dialogue partnerships” in ASEAN foreign policy]. *Mezhdunarodnyye protsessy* [International processes], 2017, vol. 15, no. 3, pp. 55-66.
8. Korolev A. S. VREP v sisteme mnogostoronnego ekonomicheskogo sotrudnichestva v ATR [RCEP in the system of multilateral economic cooperation in the APR]. *Yugo-Vostochnaya Aziya: aktual'nyye problemy razvitiya* [South-East Asia: topical development problems], 2017, no. 36, pp. 46-57.
9. Korolev A. S. Strategii srednikh stran v otnoshenii velikikh derzhav: opyt Malayzii [Strategies of middle countries in relation to great powers: the experience of Malaysia]. *Mezhdunarodnyye protsessy* [International processes], 2018, vol. 16, no. 1, pp. 90-104.

10. Kostyunina G.M. Integratsionnaya model' ASEAN+1: osnovnyye po-lozheniya soglasheniy i vliyaniye na vneshneekonomicheskiye svyazi [ASEAN + 1 Integration Model: Basic Provisions of Agreements and Impact on Foreign Economic Relations]. *Vestnik RUDN. Seriya: Mezhdunarodnyye otnosheniya* [RUDN Bulletin. Series: International Relations], 2017, no. 3, p. 443.
11. Kostyunina, G. M. Vneshnyaya trgovlya Rossii so stranami ASEAN: osnovnyye tendentsii razvitiya [Foreign trade of Russia with the ASEAN countries: main development trends]. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik* [Russian foreign economic bulletin], 2019, no. 3, pp. 43–59.
12. Le Van Kha. Otnosheniya Rossii s ASEAN: Ot zastoya v postsovetskom periode k razvitiyu v XXI veke [Relations between Russia and ASEAN: From Stagnation in the Post-Soviet Period to Development in the 21st Century]. *Nauchnoye obozreniye. Seriya 1: Ekonomika i pravo* [Scientific Review. Series 1: Economics and Law], 2016, no. 1, pp. 97–102.
13. Mosyakov D. V., Astaf'yeva Ye. M. Konflikt v Yuzhno-Kitayskom more v sisteme sovremennykh mezhdunarodnykh otnosheniy v Aziatsko-Tikhookeanskom regione [Conflict in the South China Sea in the system of modern international relations in the Asia-Pacific region]. *YugoVostochnaya Aziya: aktual'nyye problemy razvitiya* [South-East Asia: topical problems of development], 2018, no. 2 (39), pp. 5-13.
14. Yanchuk A.L. Ekonomicheskoye razvitiye stran ASEAN na sovremennom etape [Economic development of ASEAN countries at the present stage]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Belarusian State Economic University], 2018, no. 5, p. 30.
15. Aksenov, I.A. Development of state support for export of agricultural products as an element of the integration policy of the Eurasian economic union. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13 (4), pp. 273-296. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296>
16. Chetthamrongchai, P., Somjai, S., Chankoson, T. The contribution of macroeconomic factors in determining the economic growth, export and the agricultural output in agri-based asean economies. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 2020, vol. 7 (3), pp. 2043-2059. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3\(40\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3(40))
17. Doanh, N.K., Quynh, N.N., Heo, Y. Impacts of ecosystem vitality on ASEAN's agricultural exports: A System Generalized Method of Moments approach. *International Area Studies Review*, 2020, vol. 23 (4), pp. 335-351. <https://doi.org/10.1177/2233865920957209>
18. Hossain, S.S., Delin, H. Measuring economic impact in Korea, Japan, India, China, and ASEAN considering agricultural sectors: a dynamic CGE approach

- based on GAMS. *Review of World Economics*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10290-021-00439-w>
19. Jaroensathapornkul, J. Impact of exchange rate volatility on the export of thailand's key agricultural commodities to asean countries. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 2021, vol. 42 (1), pp. 129-134. <https://doi.org/10.34044/j.kjss.2021.42.1.20>
 20. Kea, S., Li, H., Shahriar, S., Abdullahi, N.M., Phoak, S., Touch, T. Factors Influencing Cambodian Rice Exports: An Application of the Dynamic Panel Gravity Model. *Emerging Markets Finance and Trade*, 2019, vol. 55 (15), pp. 3631-3652. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1673724>
 21. Mizik, T. Theory vs practice: Patterns of the ASEAN-10 agri-food trade. *Open Agriculture*, 2021, vol. 6 (1), pp. 152-167. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0014>
 22. Mizik, T., Szerletics, Á., Jámbor, A. Agri-food export competitiveness of the asean countries. *Sustainability (Switzerland)*, 2020, vol. 12 (23), pp. 1-16. <https://doi.org/10.3390/su12239860>
 23. Ngyuen, O.T.H., Aksenov, I., Phan, N.T., Sakulyeva, T. Russia's foreign policy priorities in the Asia-Pacific region. *Journal of Public Affairs*. 2021. <https://doi.org/10.1002/pa.2745>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Аксенов Илья Антонович, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Государственное право и управление таможенной деятельностью» *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*
ул. Горького, 87, г. Владимир, 600000, Российская Федерация
il_aks@mail.ru

Афонин Петр Николаевич, доктор технических наук, доцент, проректор по стратегическому развитию *Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*
ул. Профессора Попова, 5, г. Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация
pnafonin@yandex.ru

Шаназарова Елена Витальевна, кандидат юридических наук, доцент
факультета права и управления кафедры публично-правовых дисциплин
Владимирский Юридический институт ФСИН России
ул. Большая Нижегородская, 67Е, г. Владимир, 600020, Российская Федерация
alyonapov@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Иля А. Aksenov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the
Department of State Law and Management of Customs Activities
*Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and
Nikolai Grigorievich Stoletov*
87, Gorky Str., Vladimir, 600000, Russian Federation
Il_aks@mail.ru
SPIN-code: 4145-4764
ORCID: 0000-0003-0541-327X
ResearcherID: O-6110-2017
Scopus Author ID: 57216752275

Petr N. Afonin, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Strategic
Development of
St. Petersburg Electrotechnical University "LETI"
5, Professor Popov Str., St. Petersburg, 197376, Russian Federation
pnafonin@yandex.ru
SPIN-code: 9536-9924
ORCID: 0000-0002-1306-3743
ResearcherID: J-8495-2013
Scopus Author ID: 57194585158

Elena V. Shanazarova, Associate Professor of Public and Law Department,
PhD (Law)
Vladimir Law Institute of the FPS of Russia
*67e, Bolshaya Nizhegorodskaya Str., 600020, Vladimir, Russian
Federation*
alyonapov@mail.ru
SPIN-code: 5671-7123
ORCID: 0000-0002-4609-8838

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-229-244

УДК 81;371

МЕДИКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛАТИНСКОГО ЯЗЫКА В СОВРЕМЕННОМ МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

*С.М. Мальцева, Н.В. Быстрова,
А.А. Воронкова, Д.А. Строганов, А.В. Хижная*

Статья имеет междисциплинарный характер, связанный с влиянием интеграции медицины и педагогики на возможности изучения латинского языка студентами-медиками.

Целью работы является анализ трансформации традиционных принципов изучения латинского языка в медицинском вузе в контексте модернизации современного образования. В качестве методов исследователи опирались на принципы диалектики, общенаучные методы обобщения, анализа и систематизации, а также анкетирование. Для реализации цели впервые в работе был применен SWOT-анализ.

Результаты. Исследование показало, что традиционные принципы и методы преподавания латинского языка в медицинском вузе не способны в полной мере обеспечить формирование необходимых компетенций, прежде всего общекультурных. Были выделены достоинства традиционных принципов: обеспечение богатого терминологического запаса и знание грамматических норм. К установленным недостаткам следует отнести недостаточное развитие кругозора обучающихся, узкопрофессиональный ракурс и большой объем запоминаемого материала и низкую учебную мотивацию. Описано, что многие инновационные технологии оказываются здесь вполне применимы, но мало востребованы. Угрозой к замедлению их использования является увеличение нагрузки на преподавателя, неконтролируемой самостоятельной работы студентов и снижение школьной общекультурной базы будущих студентов.

Ключевые слова: латинский язык; медицинский вуз; компетенции; студенты-медики; инновационные технологии; традиционные принципы; медицинская педагогика

Для цитирования. Мальцева С.М., Быстрова Н.В., Воронкова А.А., Строганов Д.А., Хижная А.В. Медико-педагогические аспекты изучения

латинского языка в современном медицинском вузе // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 229-244. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-229-244

MEDICAL AND PEDAGOGICAL ASPECTS OF LEARNING LATIN IN MODERN MEDICAL UNIVERSITY

*S.M. Maltseva, N.V. Bystrova,
A.A. Voronkova, D.A. Stroganov, A.V. Khizhnaya*

The article has an interdisciplinary character related to the influence of the integration of medicine and pedagogy on the possibilities of studying Latin by medical students.

The aim of the work is to analyze the transformation of the traditional principles of learning Latin in a medical university in the context of modernizing modern education. Concerning the methods of the study, the researchers relied on the principles of dialectics, general scientific methods of generalization, analysis and systematization, as well as questionnaires. SWOT-analysis was used for the first time in the work to achieve this goal.

Results. *The study showed that the traditional principles and methods of teaching Latin at a medical university are not able to fully ensure the formation of the necessary competencies, primarily general cultural ones. The advantages of traditional principles were highlighted: providing a rich terminological stock and knowledge of grammatical norms. The identified disadvantages include insufficient development of students' horizons, a narrow professional perspective and a large amount of memorized material and low educational motivation. It is described that many innovative technologies are quite applicable here, but little in demand. The threat to slowing down their use is an increase in the load on the teacher, uncontrolled independent work of students and a decrease in the school's general cultural base of future students.*

Keywords: *Latin language; medical university; competencies; medical students; innovative technologies; conventional principles; medical pedagogy*

For citation. *Maltseva S.M., Bystrova N.V., Voronkova A.A., Stroganov D.A., Khizhnaya A.V. Medical and Pedagogical Aspects of Learning Latin in Modern Medical University. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 229-244. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-229-244*

Введение

Современная наука развивается в сторону междисциплинарности. Она субъектоцентрична, человек во всем многообразии своих проявлений, биологических и социальных – ее центральная проблема. Такой комплексный подход меняет взаимосвязи между различными областями знания. Интеграция медицины и педагогики привела к возникновению отдельной отрасли – медицинской педагогики, которая становится все более востребованной. Эта наука занимается как методами обучения людей, нуждающихся в медицинской помощи, так и методами обучения врачей, которые должны объяснить пациенту его состояние, убедить в необходимости выполнения рекомендаций, попутно пропагандируя ведение здорового образа жизни. Безусловно, будущему медику не помешало бы введение в учебные планы подобной дисциплины, однако пока это не произошло, в то время как современные образовательные стандарты уже сориентированы на компетентностный подход, подразумевающий формирование не только профессиональных, но и общекультурных компетенций [1]. Критическое мышление, толерантность, коммуникативные навыки сегодня необходимы врачу не меньше, чем профессиональные знания и опыт. В сложившихся условиях эту задачу берут на себя преимущественно общеобразовательные и некоторые профессиональные дисциплины.

«Латинский язык» всегда был одной из необходимых дисциплин для медиков. Именно в греческой и римской культуре появились первые труды по медицине, например, «Гиппократов сборник», куда вошли сочинения Гиппократов и его последователей, а также других греческих медиков. Принято считать, что именно отсюда берет исток медицинская терминология. Да и по сей день латинский язык является основой создания новых медицинских терминов [5]. В профессиональной среде бытует выражение с древними корнями «Непроходим путь в медицине без латыни» (*Invia est in medicina via sine lingua Latina*).

Традиционно изучение латинского языка в вузе имело исключительно профессиональную направленность, связанную с подготовкой терминологически грамотного врача. Однако компетентностный подход, на который ориентированы современные федеральные образовательные стандарты высшего образования, все чаще заставляет педагогов искать новые формы и методы преподавания. Многозадачность, захватившая практически все профессиональные области, все чаще сталкивает специалиста с не имеющими четких алгоритмов решения проблемами, когда «hard skills» (профессиональных навыков) становится недостаточно и требуются «soft

skills» (гибкие навыки) [20; 21]. Следования традиционным принципам изучения латыни становится недостаточно.

Так, И.А. Лескова в свете смены философских оснований образования сравнивает традиционную и новую постнеклассическую модель образования, контуры которой еще формируются. Автор отмечает, что изменения происходят на основе традиционной модели по тем же параметрам, но бытие рассматривается здесь уже как самоорганизующийся процесс, где человек является звеном и участником одновременно, а антропологическая составляющая ориентирована на признание неразрывного единства телесного, духовного и социального начал [15].

Традиционно «при изучении латинского языка особое внимание уделяется запоминанию терминов. ... Студенты заводят специальные тетради для записывания новых слов. ... затрагиваются только те аспекты, которые необходимы для того, чтобы уметь строить и понимать термины анатомического характера ..., а также получить навыки написания рецептов» [10, с. 58], закрепляются навыки выполнением многочисленных грамматических упражнений. Преподавание латинского языка на гуманитарных специальностях имеет некоторую специфику, которая проявляется в отведении большего количества часов на его изучение, наличии близкой к изучаемой дисциплин исторического или культурологического толка, да и общей гуманитарной подготовкой студента, что создает необходимый контекст и объем для более продуктивного освоения [6]. Студенты же медицинских вузов лишены такой возможности, а потому традиционно заучивают лексику и делают массу грамматических упражнений. Зарубежные исследования показывают, что лишь 30% профессиональной успешности зависит от профессиональных навыков, а 80% – от гибких [19]. Вместе с тем П.Г. Лабзина и С.Г. Меньшенина убедительно доказывают, что их формирование наиболее успешно проходит в условиях именно междисциплинарного взаимодействия [13].

Цель работы

Анализ трансформации традиционных принципов изучения латинского языка в медицинском вузе в контексте модернизации современного образования.

Материалы и методы

В основе работы находятся принципы диалектики, общенаучные методы обобщения, анализа и систематизации.

Ведущим методом исследования стал SWOT-анализ, заключающийся в анализе факторов внутренней (достоинства и недостатки) и внешней (возможности и угрозы) среды. Это гибкий и универсальный метод, который позволяет осуществлять оценку как современного состояния объекта, так и стратегическое планирования. Пришедши из экономики, сегодня он все чаще используется и в гуманитарных исследованиях.

В октябре 2021 г. нами было проведено анкетирование 167 студентов Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ, ранее НижГМА), преимущественно первокурсников. Это вуз с почти столетней историей и крепкими научными традициями, отвечающий актуальным запросам современности, обеспечивающий профессиональными кадрами крупный федеральный округ и его соседей [12].

Для анализа эмоционального состояния респондентов была использована методика П. Уилсона, базовые вопросы анкеты составлялись с применением психометрической шкалы Лайкерта.

Результаты исследования и их обсуждение

В рабочей программе ПИМУ по дисциплине «Латинский язык» для направлений подготовки 31.05.01 – Лечебное дело, 31.05.02 – Педиатрия, 31.05.03 – Стоматология заявлено, что «целью освоения дисциплины является участие в формировании следующих компетенций: УК-4 – способен применять современные коммуникативные технологии для академического и профессионального взаимодействия; УК-5 – способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия; ОПК-10 – способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием медико-биологической терминологии» [14, с. 3]. Дисциплина изучается в объеме 66 аудиторных часов и 42 часов самостоятельной работы. Как видим, две из трех заложенных компетенций универсальные, требующие развития тех самых «гибких навыков». Однако следует выяснить, возможно ли это осуществить при использовании традиционных принципов и методик. Для оценки эмоционального состояния респондентов, которое могло повлиять на качество ответов, в анкету был включен соответствующий вопрос с применением методики П. Уилсона. Полученные данные показали, что подавляющее большинство студентов чувствуют себя общительными и открытыми, целеустремленными людьми, которые готовы оказать поддержку окружающим.

Достоинства. Студенты медицинского вуза понимают, для чего им нужно изучение данной дисциплины. Значимость каждого из базовых разделов

для них примерно одинакова, небольшой перевес в сторону анатомической терминологии объясним тем, что в опросе участвовали преимущественно первокурсники, которые параллельно изучают анатомию и на практике видят востребованность в ней знаний в области латыни (рис. 1).

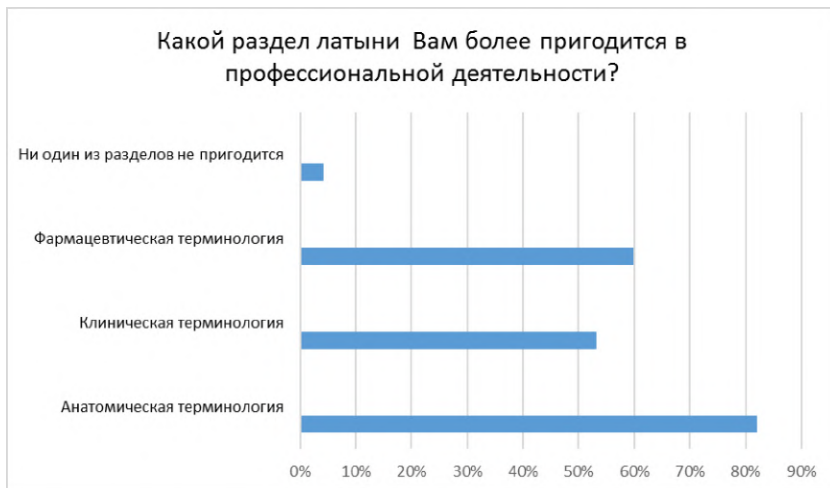


Рис. 1. Оценка значимости изучения основных разделов латинского языка в медицинском вузе

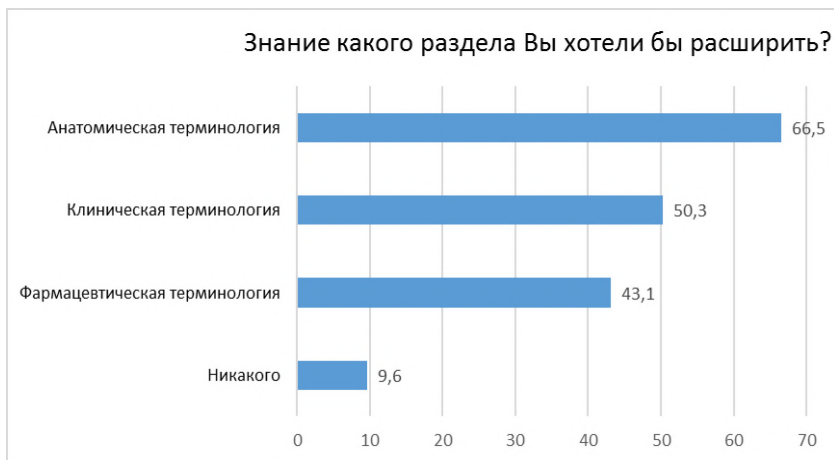


Рис. 2. Оценка потребности в дополнительном изучении основных разделов дисциплины

Таким образом, задача формирования необходимой общепрофессиональной компетенции облегчается высокой мотивированностью обучающихся. Более того, на вопрос о том, знания какого раздела они хотели бы расширить, снова почти в равной степени представлены все три раздела (рис. 2), несмотря на достаточно большой словарный объем, уже подлежащий изучению.

Недостатки. На вопрос о том, сколько времени в среднем студенты тратят на подготовку к занятиям, были получены следующие ответы: большинство студентов (50,3%) занимаются до трех часов, а 24,6% тратят более трех часов. Лишь 22,8% тратят менее 1 часа, и 2,3% не готовятся вовсе. Данные показатели свидетельствуют о том, что доля самостоятельной работы достаточно велика, но, как оказывается, недостаточно продуктивна. В открытом вопросе о проблемах, связанных с подготовкой, многие респонденты называют «большой объем новых слов, не получается выучить лексический минимум полностью», «плохо запоминается лексика», «большой объем работы на малый срок», «огромные объемы, которые не усваиваются до конца», «проверка огромного количества лексики без навыков ее использования, лишь зазубривание» и тому подобные. 74% опрошенных признались, что периодически испытывают трудности, так как не все усваивается вовремя, а еще 7,2% заявляют, что для них изучение латинского языка очень сложно. Схожее исследование было проведено в 2021 г. в Воронежском государственном медицинском университете им. Н.Н. Бурденко, данные его также схожи (80% испытывают трудности, по 10% их не испытывают и испытывают иногда) [7, с. 92].

Таким образом, видим, что использование традиционных принципов и методик уже сейчас не позволяет в полной мере удовлетворить потребности студентов и требования программы.

Возможности. На вопрос о том, что респонденты изменили бы в ходе изучения латинского языка, если бы оказались на месте преподавателя, многие указали: «сделал бы его более увлекательным и простым», «более интересным», «игровым», «творческим».

Когда их попросили оценить по шкале Лайкерта, что может дать латинский язык, ответы распределились следующим образом (рис. 3):

Как видим, кроме знания терминологии и лучшего усвоения других дисциплин, студенты ожидают от этой дисциплины повышения своего общекультурного уровня и хотя бы некоторого удовольствия в процессе изучения. Все это вполне согласуется с общекультурными компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

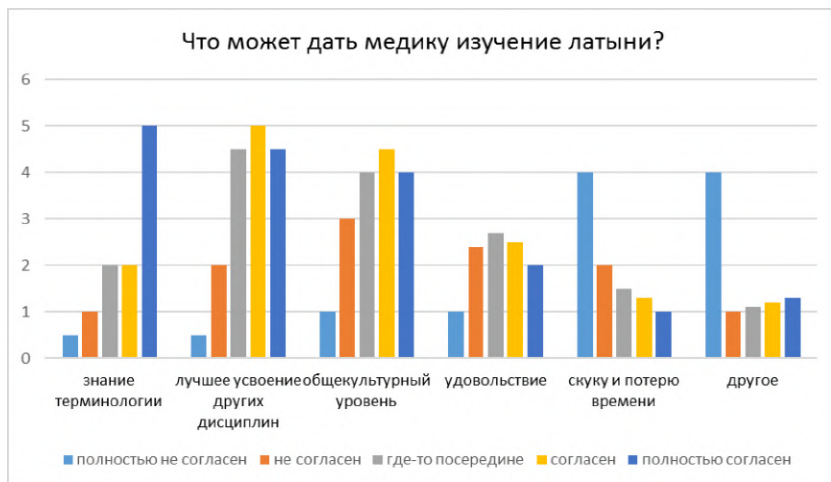


Рис. 3. Оценка возможностей (ожиданий) изучения латинского языка

В последние годы появилось некоторое количество исследований, описывающих опыт применения различных интерактивных технологий в процессе изучения латинского языка. Так О.А. Яворская, Э.Ю. Огородникова и А.Ю. Шубина анализируют технологию визуализации при изучении «Фармакологической терминологии» с помощью интеллект-карт, инфографики, корзины терминов, диаграммы фишбоун и отмечают: «Визуализация посредством статичной инфографики, после ознакомления с аннотацией к препарату, позволила обучающимся сопоставить языковую форму данного вида лекарственного средства с фармацевтической информацией» [18, с. 171]. М.Н. Израилова предлагает использовать информационные технологии для автоматизации оценки некоторых знаний и организации самостоятельной работы [10].

Сегодня педагоги отмечают, что когнитивные технологии помогают сделать студента активным участником образовательного процесса и сформировать заданные компетенции [3; 4; 16]. Ассоциации, образы, представления, знаки – основные формы когнитивной деятельности субъекта. Кейсы, деловые игры, проекты, выполняемые студентами в процессе изучения латинского языка, учат обрабатывать большие объемы информации, работать в коллективе, решать нестандартные задачи, имитировать профессиональные ситуации, развивают критическое мышление, так необходимое медику.

Для расширения кругозора и охвата всех необходимых компетенций Е.И. Адамович, А.Б. Преображенская, Т.А. Лепехина предлагают использовать веб-квесты («Пишем рецепты с Булгаковым», «Уроки зельеварения от Гарри Поттера»), ведение блога в социальных сетях преподавателями с возможностью соавторства студентов, мастер-классы в Zoom по сложным темам, просмотр учебных фильмов с возможностью комментирования [1].

В условиях продолжающейся пандемии коронавируса и переноса многих дисциплин в дистанционный формат подобные инновации становятся хорошей альтернативой традиционным.

Угрозы. Ученые отмечают, что образование, обучение и воспитание должно осуществляться на всех уровнях педагогической деятельности. Это применимо и к профессиональной подготовке медика [9]. Вместе с тем налицо снижение общей грамотности современного молодого поколения, низкий уровень школьных знаний, в том числе естественнонаучных предметов, ориентация высшего образования на подготовку узких специалистов. Специализация – «...лучшее средство приобрести интеллектуальную близорукость...», – заявляет Г. Рене [17, с. 61]. Благие намерения трансформации системы образования сталкиваются здесь с суровыми реалиями жизни и обесцениваются [8].

С другой стороны, интенсификация современного образования и перенос существенной части изучения всех вузовских дисциплин в самостоятельную работу студента практически нивелируют любые попытки преподавателя выйти за границы стремления к усвоению студентом элементарных знаний. Любой творческий процесс трудозатратен, что далеко не всегда предусмотрено в ходе аудиторных занятий. Преподавателю также требуется много времени на разработку и ведение подобных мероприятий, и зачастую оно превышает его учебную и методическую нагрузку в ущерб личному.

Заключение

Традиционные методы и принципы изучения латинского языка в медицинском вузе сегодня требуют пересмотра. Студенты ощущают эту потребность, а преподаватели активно ищут новые возможности. Безусловно, многие интерактивные технологии, методы активизации работы студентов, информационные технологии вполне применимы в современном педагогическом процессе и могут способствовать развитию всех компетенций, заложенных в изучение латыни. Однако пока еще не найден баланс между ними и традиционными принципами, которые, безуслов-

но, являются основой профессиональных знаний и должны сохраняться в процессе обучения.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

1. Аверин В.А., Зинкевич Е.Р., Кульбах О.С. Ценностные ориентации ординаторов как основа их деонтологической культуры // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 1. С. 279-296. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-279-296>
2. Адамович Е.И., Преображенская А.Б., Лепехина Т.А. Традиции и инновации в обучении латинскому языку в медицинских вузах // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 1-4(52). С. 88-90.
3. Аксенов С.И., Арифупина Р.У., Катушенко О.А., Сергеева Т.Н., Романовская Л.В. Цифровая трансформация образовательного пространства: новые инструменты и технологические решения // Перспективы науки и образования. 2021. № 49(1). С. 24-43. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.1.2>
4. Алешугина Е.А., Ваганова О.И., Абрамова Н.С., Смирнова Ж.В. Реализация когнитивной технологии в учебном процессе вуза // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. Т. 10, № 2(35). С. 20-23.
5. Бородина К.М. Межпрофессиональный подход к обучению студентов-медиков и физиотерапевтов для изучения функциональной анатомии и клинического обследования нижнего отдела позвоночника // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. Т. 10, № 2(35). С. 47-49.
6. Брагова А.М. Основы обучения латинскому языку в гуманитарном университете // Studia Humanitatis. 2017. № 1. С. 1-11.
7. Волюнкина Е.А., Махинова О.В. Латинский язык глазами студентов 1 курса // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 1-4(52). С. 91-94.
8. Грязнова Е.В., Треушников И.А., Мальцева С.М. Тревожные тенденции в российской системе образования: анализ мнений ученых и преподавателей // Перспективы науки и образования. 2019. № 2(38). С. 47-57. <https://doi.org/10.32744/pse.2019.2.4>
9. Ерохин А.К., Власенко А.А., Царева Н. А. Организационная структура современной российской системы высшего образования: проблемы и тенденции развития // Балтийский гуманитарный журнал. 2018. Т. 7, № 1(22). С. 241-245.

10. Исраилова М.Н. Новые педтехнологии изучения латинского языка в медицинских вузах // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2016. №53. С. 66-71.
11. Исраилова М.Н. Принципы преподавания латинского языка в медицинском вузе // Academy. 2019. № 2. С. 58-60.
12. Клеменова И.А., Мордвинов А.А. Становление высшего медицинского образования в Нижнем Новгороде: к столетию Приволжского исследовательского медицинского университета // Медицинский альманах. 2020. № 1 (62). С. 169-175.
13. Лабзина П.Г., Меньшенина С.Г. Междисциплинарное взаимодействие как условие развития гибких навыков студентов вуза // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9, № 2. С. 2.
14. Латинский язык (31.05.01, 31.05.02, 31.05.03): рабочая программа дисциплины. Нижний Новгород: ПИМУ, 2021. 18 с.
15. Лескова И.А. Идея образования: структура и содержание в контексте смены философских оснований // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9, № 3. С. 10.
16. Мальцева С.М., Максимова К.А., Морозкина В.А. Взгляды И. Канта и Г. Гегеля на субъективизацию когнитивного процесса // Балтийский гуманитарный журнал. 2018. Т. 7, № 2(23). С. 289-291.
17. Рене Г. Восток и запад. М.: Беловодье, 2005. 240 с.
18. Яворская О.А., Огородникова Э.Ю., Шубина А.Ю. Инновационные технологии визуализации при обучении латинскому языку в медицинском вузе // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 5. С. 169-173.
19. Skills for Social Progress: The Power of Social and Emotional Skills. OECD Publishing, 2015. 140 p. <http://dx.doi.org/10.1787/97892264226159-en>
20. Smirnova Z.V., Katkova O.V., Golubeva O.V., Romanovskaya E.V., Andryashina N.S. Innovative Technologies in the Training of University Specialists // "Smart Technologies" for Society, State and Economy, 2020, pp. 352-359. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_39
21. Zafir L.N., Gruzdeva M.L., Vaganova O.I., Smirnova Z.V., Maltseva S.M. Innovative forms of training of teachers for professional school // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. № 9(11), pp. 1146-1155.

References

1. Averin W.A., Zinkevich E.R., Kulbakh O.S. Cennostnye orientacii ordinatorov kak osnova ih deontologicheskoy kul'tury [Value orientations of ordinators as the basis of their deontological culture]. *Siberian Journal of Life Sciences and*

- Agriculture* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2021, vol. 13, no. 1, pp. 279-296. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-279-296>
2. Adamovich E.I., Preobrazhenskaya A.B., Lepekhina T.A. Tradicii i innovacii v obuchenii latinskomu yazyku v medicinskih vuzah [Traditions and innovations in teaching Latin in medical universities]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2021, no. 1-4(52), pp. 88-90.
 3. Aksyonov S.I., Arifulina R.U., Katushenko O.A., Sergeeva T.N., Romanovskaya L.V. Digital transformation of the educational space: New tools and technological solutions. *Perspektivy nauki i obrazovanija* [Perspectives of Science and Education], 2021, no. (1)49, pp. 24-43. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.1.2>
 4. Aleshugina E.A., Vaganova O.I., Abramova N.S., Smirnova Zh.V. Realizaciya kognitivnoj tekhnologii v uchebnom processe vuza. [Implementation of cognitive technology in the educational process of the university] *Azimut nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologiya* [Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology], 2021. vol. 10, no. 2(35), pp. 20-23.
 5. Borodina K.M. Mezhproufessional'nyj podhod k obucheniju studentov-medikov i fizioterapevtov dlya izucheniya funkcional'noj anatomii i klinicheskogo obsledovaniya nizhnego otdela pozvonochnika [Interprofessional approach to teaching medical students and physiotherapists to study functional anatomy and clinical examination of the lower spine]. *Azimut nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologiya* [Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology], 2021. vol. 10, no. 2(35). pp. 47-49.
 6. Bragova A.M. Osnovy obucheniya latinskomu yazyku v gumanitarnom universitete [Fundamentals of Latin language teaching at the Humanities University]. *Studia Humanitatis* [Studia Humanitatis], 2017, no. 1, pp. 1-11.
 7. Volynkina E.A., Mahinova O.V. Latinskij yazyk glazami studentov 1 kursa [Latin through the eyes of 1st year students]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2021, no. 1-4 (52), pp. 91-94.
 8. Gryaznova, E.V., Treushnikov, I.A., & Maltseva, S.M. Disturbing trends in the Russian education system: the analysis of scientists' and teachers' opinions. *Perspektivy nauki i obrazovanija* [Perspectives of Science and Education], 2019, no. 2(38), pp. 47-57. <https://doi.org/10.32744/pse.2019.2.4>
 9. Erohin A.K., Vlasenko A.A., Careva N.A. Organizacionnaya struktura sovremennoj rossijskoj sistemy vysshego obrazovaniya: problemy i tendencii razvitiya [Organizational structure of the modern Russian higher education system: problems and development trends]. *Baltijskij gumanitarnyj zhurnal* [Baltic Humanitarian Journal], 2018. vol. 7, no. 1(22), pp. 241-245.

10. Israilova M.N. Novye pedtehnologii izucheniya latinskogo yazyka v medicinskih vuzah [New pedagogical technologies of Latin language learning in medical universities]. *Psihologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya* [Psychology and pedagogy: methodology and problems of practical application], 2016, no. 53, pp. 66-71.
11. Israilova M.N. Principy prepodavaniya latinskogo yazyka v medicinskom vuze [Principles of teaching Latin at a medical university] *Academy* [Academy], 2019, no. 2, pp. 58-60.
12. Klemenova I.A., Mordvinov A.A. Stanovlenie vysshego medicinskogo obrazovaniya v Nizhnem Novgorode: k stoletiyu Privolzhskogo issledovatel'skogo medicinskogo universiteta [Formation of Higher medical Education in Nizhny Novgorod: to the Centenary of the Volga Research Medical University]. *Medicinskij al'manah* [Medical Almanac], 2020, no. 1 (62), pp. 169-175.
13. Labzina P.G., Men'shenina S.G. Mezhdisciplinarnoe vzaimodejstvie kak uslovie razvitiya gibkih navykov studentov vuza [Interdisciplinary interaction as a condition for the development of flexible skills of university students]. *Vestnik Mininskogo universiteta* [Vestnik Mininskogo universiteta], 2021, vol. 9, no. 2, p. 2.
14. *Latinskij yazyk (31.05.01, 31.05.02, 31.05.03): rabochaya programma discipliny* [Latin language (31.05.01, 31.05.02, 31.05.03): working program of the discipline]. Nizhnij Novgorod: PIMU, 2021, 18 p.
15. Leskova I.A. Ideya obrazovaniya: struktura i sodержanie v kontekste smeny filosofskih osnovanij [The idea of education: structure and content in the context of changing philosophical foundations]. *Vestnik Mininskogo universiteta* [Vestnik Mininskogo universiteta], 2021, vol. 9, no. 3, p. 10.
16. Mal'ceva S.M., Maksimova K.A., Morozkina V.A. Vzglyady I. Kanta i G. Gегelya na sub'ektivizaciyu kognitivnogo processa [The views of I. Kant and G. Hegel on the subjectivization of the cognitive process]. *Baltijskij gumanitarnyj zhurnal* [Baltic Humanitarian Journal], 2018, vol. 7, no. 2(23), pp. 289-291.
17. Rene G. Vostok i zapad [East and West]. Moscow: Belovod'e, 2005, 240 p.
18. Yavorskaya O.A., Ogorodnikova E.Yu., Shubina A.YU. Innovacionnye tekhnologii vizualizacii pri obuchenii latinskomu yazyku v medicinskom vuze [Innovative visualization technologies in teaching Latin at a medical university] *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern knowledge-intensive technologies], 2019, no. 5, pp. 169-173.
19. Skills for Social Progress: The Power of Social and Emotional Skills. OECD Publishing, 2015, 140 p. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264226159-en>
20. Smirnova Z.V., Katkova O.V., Golubeva O.V., Romanovskaya E.V., Andryashina N.S. Innovative Technologies in the Training of University Specialists.

“Smart Technologies” for Society, State and Economy, 2020, pp. 352-359.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_39

21. Zanfir L.N., Gruzdeva M.L., Vaganova O.I., Smirnova Z.V., Maltseva S.M. Innovative forms of training of teachers for professional school. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, no. 9(11), pp.1146-1155.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Мальцева Светлана Михайловна, доцент, канд. филос. наук, доцент кафедры философии и теологии; доцент кафедры общеобразовательных и профессиональных дисциплин

*Мининский университет; Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде
ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация; пл. Комсомольская, 3, г. Нижний Новгород, 603011, Российская Федерация
maltsewasvetlana@yandex.ru*

Быстрова Наталья Васильевна, доцент, кандидат пед. наук, доцент

*Мининский университет
ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация
bystrova_nv@mail.ru*

Воронкова Анна Александровна, доцент, кандидат филол. наук, доцент кафедры культуры и психологии предпринимательства Института экономики и предпринимательства; доцент кафедры естественно-научных и гуманитарных дисциплин

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского; Московский технический университет связи и информатики, Волго-Вятский филиал
23, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация; ул. Менделеева, 15, г. Нижний Новгород, 603011, Российская Федерация
anavoronkova@mail.ru*

Строганов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры всеобщей истории классических дисциплин и права; старший преподаватель кафедры иностранных языков

Мининский университет; Приволжский исследовательский медицинский университет

ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация; пл. Минина и Пожарского, 10/1, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
stroganoff.dmitry2012@yandex.ru

Хижная Анна Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессионального образования и управления образовательными системами
Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина
ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация
xannann@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana M. Maltseva, PhD, Associate Professor; Associate Professor of General and professional disciplines
Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University; Branch in the Samara State Transport University in Nizhny Novgorod
1, Ulyanov St., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation; 3, Kom-somolskaya Square, Nizhny Novgorod, 603011, Russian Federation
maltsewasvetlana@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7273-1852>
Scopus Author ID: 57204862811

Natalya V. Bystrova, PhD, Associate Professor
Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
1, Ulyanov St., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation
bystrova_nv@mail.ru

Anna A. Voronkova, PhD, Associate Professor of the Department of Culture and Psychology of Entrepreneurship at the Institute of Economics and Entrepreneurship; Associate Professor of the Department of Natural Sciences and Humanities
National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; Moscow Technical University of Communications and Informatics, Volga-Vyatsky branch
23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation; 15, Mendeleev Str., Nizhny Novgorod, 603011, Russian Federation

anavoronkova@mail.ru

SPIN-code: 4884-9495

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1125-5466>

Dmitry A. Stroganov, Senior Lecturer; Department of General History, Classical Disciplines and Law

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University; Privolzhsky Research Medical University

1, Ulyanov St., Nizhniy Novgorod, 603950, Russian Federation; 10/1,

Minin and Pozharsky pl., Nizhny Novgorod, Russian Federation

stroganoff.dmitry2012@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6629-0667>

Anna V. Khizhnaya, PhD, Associate Professor of the Department of Professional Education and Management of Educational Systems

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

1, Ulyanov St., Nizhniy Novgorod, 603950, Russian Federation

xannann@yandex.ru

SPIN-code: 2891-9107

ResearcherID: K-2793-2017

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0034-2353>

Scopus Author ID: 571909606529

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-245-265

УДК 613.71:612.766.1

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПСИХОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕНЩИН СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА 35–45 ЛЕТ

И.П. Шлее, Н.В. Минникаева, Г.Ю. Сименюк

Систематические занятия оздоровительной физической культурой и рациональная двигательная активность способствуют активизации работы и оздоровлению всех органов и физиологических систем организма женщин среднего возраста, повышению адаптации его к нагрузкам, стрессовым ситуациям, продлевают молодость и закладывают фундамент активного долголетия в будущем.

Цель. *Изучить влияние занятий оздоровительной физической культурой различной направленности и интенсивности на психофизическое состояние женщин среднего возраста 35-45 лет с различными темпами инволюционных процессов.*

Материалы и методы. *Обследованы 26 женщин 35-45 лет, занимающихся оздоровительной гимнастикой по 60-90 мин, 2-3 раза в неделю, распределенных на три группы по скорости протекания инволюционных процессов. Рассчитаны уровень физического состояния по Е.А. Пироговой и адаптационный потенциал по Р.М. Баевскому и проведена оценка психоэмоционального состояния с использованием опросника САН.*

Разработана программа тренировок на 4 месяца с чередованием типа и интенсивности нагрузок в недельном микроцикле. Во время занятий непрерывно измеряли ЧСС смарт-браслетами Mi Band 4. Также до и после занятия оценивали психоэмоциональное состояние по тесту Люшера.

Статистическую обработку проводили с использованием методов математической статистики. Достоверность различия данных между группами оценивали с помощью критерия Манна-Уитни и однофакторного дисперсионного анализа. Уровень значимости оценивали по специальным таблицам. Рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена.

Результаты. *В работе показано, что постоянный контроль в ходе занятий ЧСС и психоэмоционального состояния позволяет оценить влияние*

нагрузок на организм женщин, механизмы адаптации к нагрузкам различной направленности и интенсивности, избежать переутомления и перетренированности, подобрать индивидуально подходящий режим тренировок (дозирование нагрузок, варианты выполнения упражнений и т.п.) с целью достижения максимального оздоровительного и оптимального развивающего (или тренирующего) эффекта.

Заключение. Таким образом, адекватное чередование нагрузок в микроциклах, создание комплексных программ на основе различных фитнес-направлений с учетом индивидуальных особенностей и интересов женщин 35-45 лет, позволяет повысить их физическую подготовленность, увеличить функциональные резервы организма, адаптацию к нагрузкам и улучшить самочувствие и настроение.

Ключевые слова: женщины; средний возраст; оздоровительная тренировка; интенсивность; адаптация к нагрузкам; психофизическое состояние

Для цитирования. Шлее И.П., Минникаева Н.В., Сименюк Г.Ю. Изучение влияния оздоровительных тренировок различной интенсивности на психофизическое состояние женщин среднего возраста 35-45 лет // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 245-265. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-245-265

STUDYING THE INFLUENCE OF HEALTH-IMPROVING TRAINING WITH DIFFERENT INTENSITY ON THE PSYCHOPHYSICAL STATE OF MIDDLE-AGED WOMEN OF 35–45 YEARS OLD

I.P. Schlee, N.V. Minnikaeva, G.Yu. Simenyuk

Systematic health-improving exercises and rational physical activity promote the activation and improvement of work of all body's organs and physiological systems of middle-aged women, increase their adaptation to loads, stressful situations, prolong their youth and lay the foundation for active longevity in the future.

Purpose. To study the influence of health-improving exercises with different types and intensity on the psychophysical state of middle aged women with different rates of involutional processes.

Materials and methods. The study involved 26 women of 35-45 years old, engaged in health-improving gymnastics for 60-90 minutes, 2-3 times a week, randomized into three groups according to their involutions processes rate. The level of physical condition was calculated according to E.A. Pirogova and R.M. Baevsky adaptation potential and estimated the psychoemotional state using the «Well-being-Activity-Mood» questionnaire.

A training program for 4 months has been developed with alternating type and intensity of loads in a weekly microcycle. During the sessions, the heart rate was continuously measured using smart bracelets Mi Band 4. Also, before and after the session, the psychoemotional state was evaluated according to the Luscher testing.

Statistical processing of results was carried out using the mathematical statistics methods. The differences significance of data between groups was assessed using the Student's coefficient, the Mann-Whitney test, and single-factor analysis of variances. The significance level was assessed using special tables. The correlation Pearson and Spearman coefficients were calculated too.

Results. The work demonstrates that constant monitoring of heart rate and psychoemotional state during training process makes it possible to assess the effect of loads on the women organism, the adaptation mechanisms to loads of various types and intensities, avoid overwork and overtraining, select an individually suitable training regimen (loads dosage, options for performing exercises, etc.) in order to achieve the maximum health-improving and optimal developmental (or training) effect.

Conclusion. Thus, an adequate loads alternation in microcycles, the creation of complex programs based on various fitness areas, taking into account the individual characteristics and interests of 35-45 aged women, allows them to increase their physical fitness, enhance the body functional reserves, adaptation to loads and improve well-being and mood.

Key words: women; middle age; health-improving training; intensity; adaptation to stress; psychophysical state

For citation. Shlee I.P., Minnikaeva N.V., Simenyuk G.Yu. Studying the influence of health-improving training with different intensity on the psychophysical state of middle-aged women of 35-45 years old. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 245-265. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-245-265

Введение

В современном мире в результате внедрения современных устройств и технологий, заменяющих деятельность человека трудом машин и механизмов, существенно уменьшается двигательная активность человека, что приводит к преждевременному старению и развитию различного рода

заболеваний [1, 6, 8, 19, 23]. Регулярные тренировочные занятия с адекватной физической нагрузкой, разнообразные по содержанию, объему и интенсивности, учитывающие физиологические особенности и адаптационные изменения в организме под воздействием физических нагрузок, помогают снять усталость и напряженность в мышцах, стимулируют снабжение мозга, органов и тканей кровью и кислородом, активизируют работу и оздоровление всех физиологических систем организма [4, 9, 11, 16]. Это особенно важно для женщин среднего возраста, так как дает возможность заметно улучшить их психоэмоциональное состояние (далее – ПЭС), снять нервно-психическую напряженность, которая формируется вследствие недосыпов, стрессовых ситуаций, переутомления.

При планировании программ занятий, базирующихся на основных принципах оздоровительной фитнес-тренировки и методических принципах физического воспитания [6, 10, 11], и ориентированных на женщин в возрасте 35-45 лет, необходимо рационально чередовать нагрузки, варьируя их тип (аэробные, силовые, на растяжку, смешанные), объем и интенсивность в зависимости от индивидуальных особенностей адаптации организма к ним и уровня физической подготовленности; дозировать режим работы и отдыха; формировать мотивационные установки (укрепление здоровья, нормализация веса, коррекция фигуры и др.); сводить нагрузки различной направленности и интенсивности в отдельные микро- и макроциклы, объединяя их в периоды и этапы долговременных оздоровительных тренировок.

Нагрузки в оздоровительных системах не должны превышать функциональные резервы организма и их наращивание должно быть постепенным, чтобы не приводить к увеличению перенапряжения, переутомлению, хронической усталости, нарушениям или срыву механизмов адаптации, снижению сопротивляемости организма к воздействиям патогенных факторов. Тем не менее интенсивность занятий физическими упражнениями должна быть достаточной для достижения оздоровительного или тренирующего эффекта (повышения уровня функционального состояния, коррекции фигуры, нормализации веса, улучшения ПЭС). При этом необходимо стремиться, чтобы организм в течение тренировочных занятий получал адекватную нагрузку на все органы и системы, в различных режимах и с различной направленностью упражнений [6, 11, 18-19, 23-25].

Вопросами построения тренировочных занятий оздоровительной направленности, в том числе с женщинами зрелого возраста, занимались многие ученые [4, 6, 10-12, 17, 20-25], тем не менее некоторые аспекты,

касающиеся особенностей чередования и индивидуального дозирования нагрузок, а также рационального сочетания средств физического воспитания различной направленности в комплексных занятиях для женщин среднего возраста, обеспечивающих ощутимый восстанавливающий или оздоровительный эффект, еще недостаточно освещены и требуют дополнительных исследований в этой области.

Вышесказанное подчеркивает необходимость поиска новых подходов к организации физкультурно-оздоровительных занятий различной направленности и интенсивности, учитывающих индивидуальные особенности женщин среднего возраста, уровень их физической подготовленности и реакцию организма (адаптацию) к нагрузке.

С целью рационализации и оптимизации тренировочных занятий и повышения мотивации к занятиям представляет интерес исследование психофизического состояния женщин в зависимости от типа, интенсивности и объема нагрузок для разработки методологических, организационных подходов и методических приемов к оптимизации физических нагрузок на основе индивидуальной диагностики процесса адаптации; в выделении количественных критериев, характеризующих основные компоненты индивидуального адаптивного состояния; в разработке стратегии и тактики оптимального планирования и управления тренировочным процессом с целью повышения работоспособности, укрепления соматического и психического здоровья, что и определило цель настоящего исследования.

Цель исследования – изучить влияние занятий оздоровительной физической культурой различной направленности и интенсивности на психофизическое состояние женщин среднего возраста 35-45 лет.

Задачи исследования: проанализировать научно-методическую литературу по теме исследования, разработать программу тренировочных занятий для женщин среднего возраста с чередованием нагрузок в микроциклах с учетом индивидуальных особенностей и интересов занимающихся; оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы занимающихся, с контролем ЧСС и общего состояния в процессе тренировок; тестирование психоэмоционального состояния до и после тренировочных занятий; интерпретация и анализ экспериментальных данных.

Методы и организация исследования

Экспериментальные исследования проводились на базе фитнес-центров города Кемерово. В эксперименте приняли участие 26 женщин 35-45 лет, занимающихся оздоровительной гимнастикой. Во время констати-

рующего эксперимента оценены их антропометрические данные, компонентный состав тела, биологический возраст и уровень физической подготовленности [12].

В ходе настоящего исследования, на предварительном (диагностическом) этапе, оценено функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (далее – ССС) занимающихся (уровень физического состояния по Е.А. Пироговой (далее – УФС) [14], адаптационный потенциал по Р.М. Баевскому (далее – АП) [2]) и ПЭС с использованием опросника «Самочувствие, Активность, Настроение» (В.А. Доскин) (далее – САН) [5].

На основании полученных данных о исходном психофизическом состоянии женщин была разработана специальная 4-месячная программа проведения занятий оздоровительной гимнастикой с женщинами 35-45 лет, учитывающая их индивидуальные особенности и адаптацию организма к нагрузкам, направленная на улучшение их психофизического состояния и предполагающая чередование нагрузок в недельных микроциклах с контролем в ходе занятий ЧСС и психоэмоционального состояния. Программа предусматривала чередование интенсивности (высокой, умеренной и низкой) и типа нагрузок (аэробные, силовые, стретчинг, релаксационные) в ходе недельного микроцикла.

В программу тренировок высокой интенсивности (развивающий и тренирующий режимы) вводили разнообразные аэробные упражнения, способствующие временному увеличению пульса до 145-165 уд/мин и более. Тренировки умеренной интенсивности включали динамические переходы и силовые упражнения с эспандером, медицин-болом, боди-баром, утяжелителями – пульс 125-140 уд/мин (развивающий, оздоровительный, увеличение общей выносливости). При проведении тренировок низкой интенсивности использовали упражнения на растяжку, развитие гибкости, релаксационные, дыхательные упражнения, медитационные техники, упражнения с использованием фитнес-гамака и др., при этом пульс не превышал 100-120 уд/мин (щадящий, реабилитационный режим). Кроме того, в программу тренировочных занятий включали упражнения на равновесие (балансы) на полу или на нестабильной опоре (балансировочный диск, босу), нейрогимнастику для развития межполушарного взаимодействия, глазодвигательную гимнастику, мудры для пальцев рук и ног, миофасциальный релиз с роллом, массажными мячиками и др.

В разминочный комплекс, в начале занятий, включали суставную гимнастику, дыхательные упражнения гипервентиляционного типа – капалаб-

хати, бхастрика. В заключительной части занятия всегда проводили серию упражнений на растяжку и расслабление, в том числе, дыхательные упражнения, миофасциальный релиз, шавасану в течение нескольких минут.

Для женщин с низким уровнем физической подготовленности, имеющих проблемы со здоровьем, подбирали индивидуальные режимы тренировки и упрощенные варианты упражнений. При наличии избыточного веса женщинам рекомендовали дополнительную физическую активность в течение дня умеренной и низкой интенсивности (ходьба, в том числе скандинавская, езда на велосипеде, плавание, утренняя гимнастика и т.д.) не менее 30 мин в день и сбалансированное рациональное питание с уменьшением в рационе углеводов, жиров, соли и др.

Во время тренировок контролировали, чтобы у женщин не было внешних признаков переутомления (одышки, потери концентрации внимания, сильного покраснения или побледнения, головокружения и др.). Во время занятий оздоровительной физической культурой в условиях данного эксперимента частота пульса в основном не превышала 140-145 уд/мин. Во время высокоинтенсивных тренировок у женщин первой и второй групп наблюдалось кратковременное повышение пульса до 150-165 уд/мин, в результате возможен переход на режим анаэробно-аэробного энергообеспечения, при достижении которого, нагрузку снижали. Для женщин третьей группы интенсивность уменьшали, увеличивая интервалы отдыха, уменьшая темп упражнений или подбирая более легкие варианты выполнения упражнений, особенно на начальном этапе, увеличивая нагрузку от занятия к занятию постепенно с учетом самочувствия и индивидуальной переносимости нагрузок, не допуская повышения пульса выше 125-140 уд/мин. Таким образом, в основном занятия проходили преимущественно в аэробном режиме, с целью достижения наибольшего оздоровительного эффекта.

При выполнении упражнений силового характера величину нагрузки (вес отягощений, количество повторов, темп, амплитуда и др.) также подбирали индивидуально. Для определения индивидуальной нагрузки в ходе занятия и рабочего пульса также учитывали значения УФС и АП.

Время занятий составляло 60-90 мин, периодичность – два-три раза в неделю. Во время тренировки регистрировали ЧСС с помощью смарт-браслетов Xiaomi Mi Smart Band 4 в режиме «Свободная тренировка» или измеряли вручную на лучевой артерии. Кроме того, до и после занятий оценивали психоэмоциональное состояние (восьмицветный тест Люшера).

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием методов математической статистики, применяемых в педагогических исследованиях и в физическом воспитании [13]. Достоверность различия экспериментальных данных между группами оценивали с помощью критерия Манна-Уитни (U_{min}), который при малых выборках более предпочтителен, и с использованием однофакторного дисперсионного анализа (F -критерий Фишера и P_F -значение) в программе Microsoft Excel 2010. Затем по специальным таблицам оценивали уровень значимости, достоверность различия (p). Статистически достоверными, или с надежным уровнем значимости, считались различия при значениях $p < 0.05$. Для установления истинных значений показателей и возможных характерных зависимостей, применяли корреляционный анализ. Коэффициенты корреляции рассчитывали по формулам Пирсона (параметрический r_p) и Спирмена (ранговый r_s).

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице 1 представлены статистически обработанные результаты расчетов основных показателей функционального состояния ССС 26 женщин среднего возраста 35-45 лет, участвующих в эксперименте, которые были разделены на три группы в зависимости от темпов инволюционных процессов (**БВ/ДВ**), рассчитанных по методике Войтенко [3, 8] по соотношению биологического (БВ) и должного (ДВ) возраста (I группа – **БВ/ДВ** < 0.95; II группа ($0.95 \leq \text{БВ/ДВ} \leq 1.05$); III – **БВ/ДВ** > 1.05). БВ и ДВ оценены ранее [12], во время диагностического этапа констатирующего эксперимента.

В первой и второй группах (**БВ/ДВ** < 1.05) наблюдался высокий или выше среднего уровень физического состояния, позволяющий варьировать время занятий от 60 до 120 мин. При высоком **УФС**, как известно из литературных источников [6, 11, 14], характерны высокая работоспособность, повышенная устойчивость организма к простудным заболеваниям и неблагоприятным воздействиям окружающей среды, удовлетворительная адаптация к физическим нагрузкам, возможно занятие любыми видами спорта и фитнес-направлениями без особых ограничений ($\text{ЧСС}_{max} = 220 - \text{возраст} = 175 \div 185$ уд/мин). УФС выше среднего также обеспечивает достаточно высокую работоспособность, но отличается слегка пониженными адаптационными возможностями, требующими незначительного напряжения регуляторных систем, при этом слегка снижается толерантность к физическим нагрузкам, что позволяет включать различные виды двигательной активности ($\text{ЧСС}_{max} = 200 - \text{возраст} = 155 \div 165$ уд/мин).

Таблица 1.

Основные показатели функционального состояния ССС женщин 35-45 лет

Показатели	Значения показателей трех групп			Сопоставление показателей групп (статистическая обработка)		
	I гр. (БВ<ДВ) (16 чел.)	II гр. (БВ≈ДВ) (7 чел.)	III гр. (БВ>ДВ) (3 чел.)	I и II гр. $U_{min,II}$ (р)	I и III гр. $U_{min,I,III}$ (р)	II и III гр. $U_{min,II,III}$ (р)
УФС	0.69±0.02	0.63±0.02	0.41±0.03	21 (<0.05)	3 (<0.01)	1 (<0.01)
	$F_{(I,II,III)}=28.377 (P_F=6.1 \cdot 10^{-7}); r_s = -0.62, r_p = -0.66$					
АП	2.30±0.04	2.56±0.07	3.10±0.11	15 (<0.01)	2 (<0.01)	1 (<0.01)
	$F_{(I,II,III)}=26.780 (P_F=9.9 \cdot 10^{-7}); r_s = 0.72, r_p = 0.75$					

Значения УФС, рассчитанные по показателям двух женщин из третьей группы (БВ>ДВ), были среднего уровня, а у одной из занимающихся с **БВ/ДВ**=max ниже среднего уровня. Занимающихся с низким уровнем УФС не выявлено. Для среднего УФС характерным является заметное снижение адаптации, средняя работоспособность и толерантность к физическим нагрузкам, для поддержания которых, согласно литературным данным [6, 14, 15], требуется значительное напряжение регуляторных систем, возможно проявление брадикардии или тахикардии. Рекомендуются прежде всего упражнения на общую выносливость продолжительностью 40-100 мин ($ЧСС_{max} = 180 \div 200 - \text{возраст} = 135 \div 165$ уд/мин). При УФС ниже среднего уровня перед занятиями рекомендуется проконсультироваться с врачом о наличии противопоказаний, так как наблюдается пониженная работоспособность и адаптация, возможно наличие заболеваний ССС и эндокринной системы, поэтому физическая нагрузка должна быть дифференцирована, время занятий ориентировочно 30-60 мин ($ЧСС_{max} = 170 \div 190 - \text{возраст} = 125 \div 155$ уд/мин).

При сопоставлении значений АП, у 84.6% в первой группе и 57.1% во второй группе – удовлетворительная адаптация, обеспечивающая высокие и достаточные функциональные возможности организма, у остальных из первых двух групп – напряжение механизмов адаптации, при котором необходимые функциональные возможности обеспечиваются за счет функциональных резервов. В третьей группе у двоих также напряжение механизмов адаптации, но более высокие значения АП, у одной – неудовлетворительная адаптация (при **БВ/ДВ**=max), указывающая на снижение функциональных возможностей организма. Срыва процесса адаптации у занимающихся не обнаружено.

Статистическая обработка данных показала, что различие значений УФС и АП, рассчитанное для женщин трех групп с разными темпами инволюционных процессов, достоверное ($p < 0.05$ для УФС первых двух групп; $p < 0.01$ – в других случаях), критерий Фишера $F_{(I,II,III)} > F$ критического, P_F -значение $\ll 1$. Наблюдается заметная связь (корреляция) между соотношением БВ/ДВ и значениями УФС (средняя отрицательная, $r_s = -0.62$) и АП (сильная положительная, $r_s = 0.72$).

Из данных тестирования ПЭС 26 женщин с использованием опросника САН, представленных в таблице 2, видно, что в I и II группе значения показателей самочувствие (С), активность (А), C_A_H (общее ПЭС, среднее арифметическое значение С, А, H), находясь в диапазоне значений выше среднего (от 4.6 до 5.7 баллов). Значения H (настроение) для первой группы лежат в области высоких значений (от 5.8 до 7.0), для второй – выше среднего уровня. Для III группы значения С, А, C_A_H в диапазоне средних значений (от 3.5 до 4.5), а настроение – выше средних значений.

Таблица 2.

Оценка самочувствия, активности, настроения женщин среднего возраста

Показатели	Значения показателей ПЭО			Сопоставление показателей групп (статистическая обработка)		
	I гр. (БВ<ДВ) (16 чел.)	II гр. (БВ≈ДВ) (7 чел.)	III гр. (БВ>ДВ) (3 чел.)	I и II гр. $U_{min,I,II}$ (p)	I и III гр. $U_{min,I,III}$ (p')	II и III гр. $U_{min,II,III}$ (p')
С	5.54±0.11	5.00±0.17	4.23±0.24	22 (<0.05)	1 (<0.01)	2 (<0.05)
	$F_{(I,II,III)} = 12.804$ ($P_F = 1.8 \cdot 10^{-4}$), $r_s = -0.57$, $r_p = -0.61$					
А	5.58±0.10	5.07±0.13	4.53±0.28	19 (<0.01)	2 (<0.01)	4 (>0.05)
	$F_{(I,II,III)} = 11.285$ ($P_F = 3.9 \cdot 10^{-4}$), $r_s = -0.81$, $r_p = -0.80$					
H	5,82±0,09	4,96±0,16	4,67±0,27	5 (<0.01)	1 (<0.01)	6 (>0.05)
	$F_{(I,II,III)} = 19.289$ ($P_F = 1.2 \cdot 10^{-5}$), $r_s = -0.82$, $r_p = -0.78$					
C_A_H	5.65±0.06	5.01±0.11	4.48±0.26	2 (<0.01)	1 (<0.01)	3 (>0.05)
	$F_{(I,II,III)} = 28.040$ ($P_F = 6.8 \cdot 10^{-7}$), $r_s = -0.88$, $r_p = -0.83$					

Таким образом у испытуемых значения показателей самочувствия, активности и настроения достаточно близкие, что характерно для отдохнувшего человека, следовательно, у них нет признаков усталости и утомления, при которых значения настроения выше, чем значения А и С.

Согласно статистическим данным наблюдается средняя отрицательная корреляция значений С ($r_s = -0.57$, $r_p = -0.61$) и высокая отрицательная

корреляция значений A ($r_s = -0.81$, $r_p = -0.80$), H ($r_s = -0.82$, $r_p = -0.78$) и C_A_H ($r_s = -0.88$, $r_p = -0.83$). Критерий Фишера $F_{(I,II,III)}$ и P_F -значение, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа данных ПЭС трех групп, указывают на достоверность различия показателей ПЭС в них. Обработка данных с использованием критерия Манна-Уитни (U_{min}) показывает, что различие между первой и второй, а также между первой и третьей группами являются статистически значимыми ($p < 0.05$, а по большинству показателей – $p < 0.01$). Тем не менее, различие между второй и третьей группой достоверно только по показателю активности ($p < 0.05$), а по другим показателям различия не существенны, статистически не достоверны ($p > 0.05$).

На формирующем этапе эксперимента женщины занимались оздоровительной гимнастикой по предлагаемой выше программе тренировок в течение четырех месяцев с постоянным контролем ЧСС и ПЭС.

На рис. 1 представлены примерные виды пульсограмм, измеренных во время трех тренировок различной интенсивности у одной из женщин из первой группы, с помощью смарт-браслета Mi Smart Band 4. Разброс между значениями пульса у женщин во время тренировочного занятия составлял не более 5-10% в зависимости от индивидуальной переносимости нагрузок и индивидуального подхода к их дозированию.

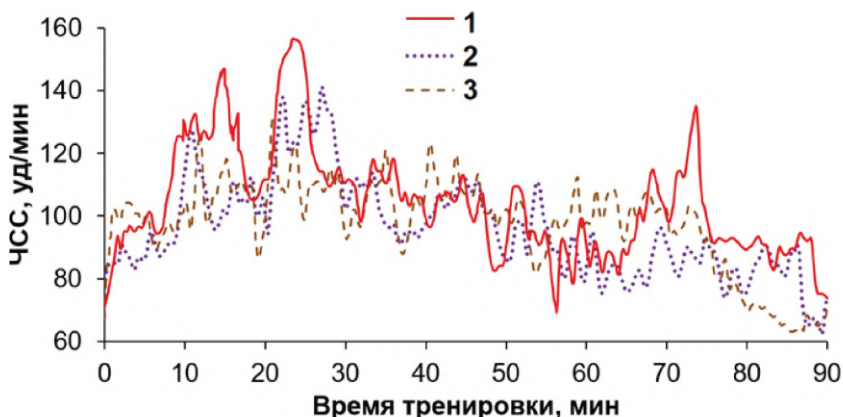


Рис. 1. Изменения частоты сердечных сокращений во время тренировок различной интенсивности: 1 – высокая, 2 – умеренная, 3 – низкая.

Как правило, в основной части занятия наблюдалось увеличение значения ЧСС, максимальные значения во время цикла тренировочных занятий

зарегистрированы во временном интервале 12-35 мин, затем активность постепенно снижали и в конце тренировки после серии упражнений на релаксацию, в том числе шавасаны, происходит уменьшение пульса до исходных значений, измеренных до тренировки (ЧСС покоя).

Также в течение 4 месяцев анализировали ПЭС женщин с помощью теста Люшера, за 5-10 минут до начала тренировочных занятий и непосредственно после тренировок. Были проведены расчеты трех основных параметров психического состояния: настроенность-фрустрированность, спонтанность-полезависимость, ригидность-транс, предложенных А.А. Кармановым [7]. Значения параметров, равные 5 стенам, означают, что данные пары психических состояний находятся в уравновешенном состоянии. При значениях, равных 3-4 стенам преобладают фрустрированность (Φ), полезависимость (Π) и транс (Tr), а при 6 и 7 стенах, наоборот, преобладание настроенности (H), спонтанности (Cn) и ригидности (P), но в пределах нормы. Значения параметров 1 и 2 стена означают ярко выраженные Φ , Π и Tr , а 8 и 9 стенов – H , Cn и P .

Показатель $H-\Phi$ означает категорию цель, отражает меру координированности психических процессов. При аутогенной норме значение $H-\Phi$ равно 9 стенам. Параметр $Cn-\Pi$ символизирует категорию средство, по значению близок с терминами «активность» и «пассивность», отражая баланс парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС); степень концентрации внимания и способность управления психическими процессами; зависимость от ситуации. Для аутогенной нормы значение $Cn-\Pi$ равно 7 стенам. Параметр $P-Tr$ означает категорию результат, характеризуя уровень личностного роста и развития человека. При аутогенной норме значение параметра равно 5 стенам.

Расчет и анализ экспериментальных данных показал, что для всех испытуемых не наблюдается состояния фрустрированности. Так, в 68.7% случаев до тренировки и 58.2% после тренировки настроенность составляет 6-7 стенов, также после тренировки заметно, почти в два раза, возрастает количество занимающихся с высоким уровнем настроенности 8-9 стенов (с 22,4 до 43%). Для показателя $Cn-\Pi$ наблюдалось преобладание спонтанности над полезависимостью (77,6% до тренировки и 89,5% после), но в большинстве случаев (52,2% до тренировки и 61,1% после) в пределах нормы (6-7 стенов). Полезависимость наблюдается в 13,4% случаев до и 4,5% после тренировки. По показателю $P-Tr$ найдено, что для занимающихся наиболее выражено состояние транс (62,8% до тренировки и 50,7% после тренировки) в пределах нормы (3-4 стена). При этом до

тренировки у 20,7% тестируемых ярко выраженное состояние транса (1-2 стена), которое снижается до 3% после тренировки, также после тренировки почти в три раза (с 10,4% до 32.8%) возрастает количество занимающихся с уравновешенными значениями *P* и *Тр* (5 стенов), характерного для аутогенной нормы.

На диаграмме, представленной на рисунке 2, продемонстрировано как изменяются основные показатели после тренировок различной интенсивности и проведено сопоставление их с аутогенной нормой (АН).



Рис. 2. Диаграмма изменения показателей Н-Ф, Сп-П и Р-Тр до и после тренировок различной интенсивности: высокой (ВИ), умеренной (УИ) и низкой (НИ).

Видно, что во всех случаях наблюдается тенденция к стремлению параметров к аутогенной норме – повышение настроенности, нормализация показателя спонтанность-полезависимость и уменьшение транса.

Таким образом, у занимающихся преобладает настроенность, которая после тренировки увеличивается, поэтому для них более характерными являются целенаправленность действий и поступков, стремление к реализации и завершению намеченных планов, рациональность, эмоциональная устойчивость, достаточно высокая мотивация к занятиям, а не бесцельное времяпрепровождение и неуверенность в своих действиях, характерные при фрустрированности. Также очевидно, что у большинства занимающихся преобладает спонтанность, характеризующаяся более высокой энергетикой, доминированием симпатического отдела ВНС, явными лидерскими качествами, однако при чрезмерном развитии спон-

танность может приводить к сильному перевозбуждению, при котором значения ЧСС могут сильно возрастать, а также к потере концентрации внимания. В то же время в 13,4% случаях до тренировки и в 4,5% случаях после нее преобладает полезависимость с характерным доминированием парасимпатического отдела ВНС, недостаточно адекватной управляемостью (человек – «раб ситуаций»), зависимостью от других людей, подражанием. Также очевидно, что наиболее выражено состояние транса, которое ассоциируется с движением (прогрессом или регрессом), постоянным стремлением перейти в новое качество, однако при чрезмерном проявлении приводит к непредсказуемости поступков, существенной переоценке значимости тех или иных событий, в противоположность ему ригидность отличается состоянием окостенелости, человек не способен к анализу своих поступков.

Статистическая обработка данных в программе Excel показала, что изменения показателя *H-Φ*, измеренные до и после занятий, в целом для всех тренировок достаточно достоверны ($p < 0.01$ после тренировок умеренной интенсивности и $p < 0.05$ после тренировок низкой и высокой интенсивности). Изменение *Cn-II* для тренировок низкой и умеренной интенсивности являются статистически значимыми с уровнями значимости $p < 0.01$ и $p < 0.05$ соответственно. Изменения показателя *C-II* после тренировок высокой интенсивности не достоверно ($p > 0.05$). Также статистически значимыми являются изменения показателя *P-Tr* после тренировок умеренной и низкой интенсивности $p < 0.01$, после тренировок высокой интенсивности $p < 0.05$.

Анализ расположения цветов в раскладе в порядке уменьшения их предпочтения (тест Люшера) до тренировок (преобладание фиолетового) указывает, с одной стороны, на нацеленность на достижение успеха и самоутверждение, увлеченность и в то же время чувствуется некоторая неустойчивость мотивационной направленности, повышенная эмоциональная напряженность. После тренировок наиболее активный красный цвет, что можно объяснить стремлением проявлять активность. Также заметно уменьшается предпочтение серого цвета, что указывает появление эмоциональной готовности к общению и участию в происходящем. Таким образом, приходя на тренировку, группа тестируемых имеет некоторую эмоциональную напряженность, неустойчивость, неудовлетворенность, усталость после напряженного трудового дня и в тоже время они мотивированы на активные занятия физическими упражнениями, чтобы снять нервно-психическое напряжение и стрессовое состояние.

Заключение

Разработаны практические рекомендации по планированию и проведению тренировочных занятий оздоровительной гимнастикой с чередованием типа, интенсивности нагрузок в недельных микроциклах, с учетом индивидуальных особенностей занимающихся и их адаптации к нагрузкам. Для обеспечения индивидуализации подхода при дозировании нагрузки, в начале эксперимента были оценены биологический возраст, функциональное состояние ССС и психоэмоциональное состояние женщин 35-45 лет по опроснику САН. Во время занятий проводили непрерывное измерение ЧСС с использованием смарт-браслетов Mi Smart Band 4 с целью регулирования интенсивности нагрузки и оценки адаптации организма к ней, чтобы не допустить переутомления. Установлено, что наиболее высокие значения пульса регистрировались в первой половине занятия во время основной части тренировки. Во второй половине вследствие снижения нагрузки происходило уменьшение пульса и к концу занятия, после растягивающих и релаксационных упражнений значение пульса снижалось до исходного (ЧСС покоя), что указывает на практически полное восстановление организма, характерное для оздоровительных тренировок.

Таким образом, оптимизация и распределение нагрузок в микроциклах, введение в программу тренировок наиболее эффективных средств (гимнастических упражнений) из различных фитнес-направлений позволяют повысить физическую подготовленность, увеличить функциональные резервы организма, адаптацию к нагрузкам и улучшить ПЭС женщин.

Исследования проводились с личного согласия женщин, были анонимны, имена женщин не указаны из этических соображений.

Список литературы

1. Абрамович С.Г., Михалевич И.М. Биологический возраст человека, сердечно-сосудистая система и скорость ее старения // Клиническая медицина. 2001. Т. 79, № 5. С. 30-32.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. Москва: Медицина, 1997. 236 с.
3. Войтенко В.П., Полюхов А.М. Системные механизмы развития и старения. Ленинград: Наука, 1986. 184 с.
4. Грудницкая Н.Н., Мещерякова О.Н., Мазакова Т.В. Оздоровительная направленность занятий фитнес-йогой для лиц среднего возраста // Наука и спорт: современные тенденции. 2021. Т. 9, № 2. С. 54-60. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-2-54-60>

5. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П., Шарай В.Б. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния // Вопросы психологии. 1973. Т. 19, № 6. С. 141–145.
6. Древаль А.В. Фитнес, ориентированный на здоровье: руководство для врачей. Москва: Гэотар-Медиа, 2021. 495 с.
7. Карманов А.А. Методика диагностики основных параметров психического состояния тестом Люшера. Санкт-Петербург: Иматон, 1999. 99 с.
8. Кишкун А.А. Биологический возраст и старение: возможности определения и пути коррекции: руководство для врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 973 с.
9. Козлов А. В., Каткова А. М., Козлова М. А. Влияние унифицированной методики преподавания физической культуры с применением спортивных настольных игр на функциональное состояние организма студентов специальной медицинской группы // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Vol. 12, No. 3. P. 80-93. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-3-80-93>
10. Лисицкая Т., Сиднева Л. Аэробика. Т. 1 Теория и методика. Москва: ООО ТД «Советский спорт», 2021. 220 с.
11. Менхин Ю.В., Менхин А.В. Оздоровительная гимнастика: теория и методика. Москва: Физкультура и спорт, 2009. 432 с.
12. Минникаева Н.В., Жуков Р.С., Сименюк Г.Ю., Печерина О.В. Влияние занятий оздоровительной гимнастикой на физическое состояние женщин зрелого возраста // Теория и практика физической культуры. 2020. № 10. С. 6-8.
13. Педагогические измерения в спорте: методы, анализ и обработка результатов / Губа В.П., Попов Г.И., Пресняков В.В., Леонтьева М.С. Москва: Спорт, 2021. 324 с.
14. Пирогова Е. А., Дюжев А. К., Мульчин А. И. и др. Ускоренные методы оценки физического состояния мужчин и женщин с риском развития ИБС и способы его коррекции при подготовке к сдаче норм ГТО IV ступени: методические рекомендации. Киев: МЗ УССР, 1985. 23 с.
15. Похачевский А.Л., Донсков Д.А., Анкудинов Н.В. и др. Влияние психоэмоционального состояния и нейрогуморальной регуляции на переносимость физической нагрузки // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2018. № 8 (162). С. 250-254.
16. Шлее И.П. Вопросы совершенствования деятельности фитнес-центров // Наука и спорт: современные тенденции. 2021. Т. 9, № 2. С. 146-153. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-2-146-153>
17. Шлее И.П. Учет личностных особенностей обучающихся с ограниченными возможностями здоровья для дифференциации подходов к их обучению // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2019. № 1 (33). С. 6-12.

18. Bachmann J.M., DeFina L.F., Franzini L. et al. Cardiorespiratory fitness in middle age and health care costs in later life // *Journal of the American College of Cardiology*. 2015. Vol. 66, No. 17. P. 1876-1885. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.030>
19. Dilenyana L.R., Bocharin I.V., Zaripova A.V., Martusevich A.K. Age-related features of the cardiac output in basic pose conditions (standing/lying) // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Vol. 13, No. 4. P. 11-23. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-11-23>
20. Frodl T., Strehl K., Carballedo A. et al. Aerobic exercise increases hippocampal subfield volumes in younger adults and prevents volume decline in the elderly // *Brain Imaging and Behavior*. 2020. Vol. 14. P. 1577–1587. <https://doi.org/10.1007/s11682-019-00088-6>
21. Holahan C.K., Holahan C.J., Chen Y.T., Li X. Leisure-time physical activity and affective experience in middle-aged and older women // *Journal of Women & Aging*. 2020. Vol. 32, No. 6. P. 672-683. <http://dx.doi.org/10.1080/03630242.2016.1157127>
22. Nagy C., Jones P., Bernard M.A. Aging and women's health: an update from the national institute on aging // *Clinics in Geriatric Medicine*. 2021. Vol. 37. No. 4. P. 533-541. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2021.05.002>
23. Poon E.T., Wongpipit W., Ho R.S., Wong S.H. Interval training versus moderate-intensity continuous training for cardiorespiratory fitness improvements in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Sports Sciences*. 2021. Vol. 39 (17). P. 1996-2005. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1912453>
24. Stenner H.T., Eigendorf J., Kerling A. et al. Effects of six month personalized endurance training on work ability in middle-aged sedentary women: a secondary analysis of a randomized controlled trial // *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2020. Vol. 15. P. 8 (1-10). <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00261-4>
25. Wang J., Tan S., Cao L. Exercise training at the maximal fat oxidation intensity improved health-related physical fitness in overweight middle-aged women // *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2015. Vol. 13, No. 2. P. 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2015.08.003>

References

1. Abramovich S.G., Mihalevich I.M. Biologicheskij vozrast cheloveka, serdechno-sosudistaja sistema i skorost' ee starenija [Human biological age, cardiovascular system and the rate of its aging]. *Klinicheskaja medicina* [Clinical Medicine], 2001, vol. 79, no. 5, pp. 30-32.

2. Baevskij R.M., Berseneva A.P. *Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i riska razvitiya zabojevanij* [Assessment of the adaptive abilities of the organism and the risk of developing diseases]. Moscow: Medicina, Publ. 1997, 236 p.
3. Vojtenko V.P., Poljuhov A.M. *Sistemnye mehanizmy razvitiya i starenija* [Systematic mechanisms of development and aging]. Leningrad: Nauka, 1986, 184 p.
4. Grudnickaja N.N., Meshherjakova O.N., Mazakova T.V. *Ozdorovitel'naja napravlenost' zanjatij fitnes-jogoj dlja lic srednego vozrasta* [Wellness fitness yoga for middle aged person]. *Nauka i sport: sovremennye tendencii* [Science and Sport: Current Tendencies], 2021, vol. 9, no. 2, pp. 54-60. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-2-54-60>
5. Doskin V.A., Lavrenteva N.A., Miroshnikov M.P., Sharaj V.B. *Test differencirovannoj samoocenki funkcional'nogo sostojanija* [Test for differential self-assessment of functional state]. *Voprosy psihologii* [Psychology Issues], 1973, vol. 19, no. 6, pp. 141-145.
6. Dreval A.V. *Fitnes, orientirovannyj na zdorov'e: rukovodstvo dlja vrachej* [Health-oriented fitness: a guide for doctors], Moscow: Gjeotar-Media, Publ. 2021, 495 p.
7. Karmanov A.A. *Metodika diagnostiki osnovnyh parametrov psihicheskogo sostojanija testom Ljushera* [Methods for diagnosing the main parameters of the mental state by the Luscher test]. Sankt-Peterburg: Imaton Publ., 1999, 99 p.
8. Kishkun A.A. *Biologicheskij vozrast i starenie: vozmozhnosti opredelenija i puti korekcii: rukovodstvo dlja vrachej* [Biological age and aging: possibilities of definition and ways of correction: a guide for doctor]. Moscow: GJeOTAR-Media Publ., 2008, 973 p.
9. Kozlov A.V., Katkova A.M., Kozlova M.A. Influence of the unified methodology of teaching physical culture with the use of sports board games on the functional state of the organism of students of a special medical group // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 80-93. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-3-80-93>
10. Lisickaya T., Sidneva L. *Aerobika. T. 1. Teorija i metodika* [Aerobics. Vol. 1. Theory and methodology], Moscow: OOO TD «Sovetskij sport» Publ., 2021, 220 p.
11. Menhin Ju.V., Menhin A.V. *Ozdorovitel'naja gimnastika: teorija i metodika* [Wellness gymnastics: theory and methodology]. Moscow: Fizkul'tura i sport Publ., 2009. 432 p.
12. Minnikaeva N.V., Zhukov R.S., Simenyuk G.Y., Pecherina O.V. Effects of recreational gymnastics on physical state of mature women. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 10, pp. 6-8.

13. Guba V.P., Popov G.I., Presnyakov V.V., Leonteva M.S. *Pedagogicheskie izmerenija v sporte: metody, analiz i obrabotka rezul'tatov* [Pedagogical measurements in sports: methods, analysis and processing of results]. Moscow: Sport Publ., 2021, 324 p.
14. Pirogova E.A., Djuzhev A.K., Mul'chin A.I. et al. *Uskorennye metody ocenki fizicheskogo sostojanija muzhchin i zhenshhin s riskom razvitija IBS i sposoby ego korekcii pri podgotovke k sdache norm GTO IV stupeni: metodicheskie rekomendacii* [Accelerated methods of assessing the physical condition of men and women with the risk of developing coronary artery disease and methods of its correction in preparation for passing the standards of the GTO stage IV: methodological recommendations]. Kiev: MZ USSR Publ., 1985, 23 p.
15. Pohachevskij A.L., Donskov D.A., Ankudinov N.V. et al. Vlijanie psihoemocional'nogo sostojanija i nejrogumoral'noj reguljaciji na perenosimost' fizicheskoj nagruzki [Influence of psychoemotional state and neuro humoral regulation on tolerance of physical exercise]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2018, no. 8 (162), pp. 250-254.
16. Shlee I.P. Voprosy sovershenstvovanija dejatel'nosti fitnes-centrov [Issues of improvement of fitness centers activities]. *Nauka i sport: sovremennye tendencii* [Science and sport: current tendencies], 2021, vol. 9, no. 2, pp. 146-153. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-2-146-153>
17. Shlee I.P. Uchet lichnostnyh osobennostej obuchajushhihsja s ogranichennymi vozmozhnostjami zdorov'ja dlja differenciacii podhodov k ih obucheniju [The considerations of personal features of students with disabilities health for differentiating approaches to their training]. *Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom* [Professional Education in Russia and Abroad], 2019, no. 1 (33), pp. 6-12.
18. Bachmann J.M., DeFina L.F., Franzini L. et al. Cardiorespiratory fitness in middle age and health care costs in later life. *Journal of the American College of Cardiology*, 2015, vol. 66, no. 17, pp. 1876-1885. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.030>
19. Dilenyan L.R., Bocharin I.V., Zaripova A.V., Martusevich A.K. Age-related features of the cardiac output in basic pose conditions (standing/lying). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no 4, pp. 11-23. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-11-23>
20. Frodl T., Strehl K., Carballedo A. et al. Aerobic exercise increases hippocampal subfield volumes in younger adults and prevents volume decline in the elderly. *Brain Imaging and Behavior*, 2020, vol. 14, pp. 1577–1587. <https://doi.org/10.1007/s11682-019-00088-6>

21. Holahan C.K., Holahan C.J., Chen Y.T., Li X. Leisure-time physical activity and affective experience in middle-aged and older women. *Journal of Women & Aging*, 2020, vol. 32, no. 6, pp. 672-683. <http://dx.doi.org/10.1080/03630242.2016.1157127>
22. Nagy C., Jones P., Bernard M.A. Aging and women's health: an update from the national institute on aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, 2021, vol. 37, no. 4, pp. 533-541. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2021.05.002>
23. Poon E.T., Wongpipit W., Ho R.S., Wong S.H. Interval training versus moderate-intensity continuous training for cardiorespiratory fitness improvements in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 2021, vol. 39 (17), pp. 1996-2005. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1912453>
24. Stenner H.T., Eigendorf J., Kerling A. et al. Effects of six month personalized endurance training on work ability in middle-aged sedentary women: a secondary analysis of a randomized controlled trial. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2020, vol. 15. pp. 8 (1-10). <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00261-4>
25. Wang J., Tan S., Cao L. Exercise training at the maximal fat oxidation intensity improved health-related physical fitness in overweight middle-aged women. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2015, vol. 13, no. 2, pp. 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2015.08.003>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Шлее Инесса Петровна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры спортивно-оздоровительных технологий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (КемГУ)

*ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Российская Федерация
shleeip@mail.ru*

Минникаева Наталья Викторовна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры спортивно-оздоровительных технологий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (КемГУ)

*ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Российская Федерация
minnikaeva@yandex.ru*

Сименюк Галина Юрьевна, магистрант факультета физической культуры и спорта

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (КемГУ)

ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Российская Федерация
galina-simenyuk@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Inessa P. Shlee, Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sports and Health Technologies

Kemerovo State University

6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russian Federation

shleeip@mail.ru

SPIN-code: 4402-1191

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4018-0520>

Natalia V. Minnikaeva, Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sports and Health Technologies

Kemerovo State University

6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russian Federation

minnikaeva@yandex.ru

SPIN-code: 3897-1457

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5216-0976>

Scopus Author ID: 57211644143

Galina Y. Simenyuk, Master's degree student of the Faculty of Physical Culture and Sports

Kemerovo State University

6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russian Federation

galina-simenyuk@yandex.ru

SPIN-code: 4793-5071

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4066-0778>

Scopus Author ID: 6505780192

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-266-282

УДК 614.256

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ РИСКИ: УСЛОВИЯ ПРАВОМЕРНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО УГОЛОВНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Н.А. Огнерубов, Р.В. Зелепукин, В.М. Большакова

***Состояние вопроса.** Медицинская практика требует принятия таких решений, которые несут характер риска, и их положительный результат не может быть гарантирован. Причины тому могут быть самыми разнообразными, но и при должном и профессиональном подходе со стороны лечащего врача и иного медицинского персонала неблагоприятные последствия проведенного лечения или исследования не должны быть интерпретированы и как преступные деяния, что обосновывает обстоятельное изучение признаков и видов обоснованных медицинских рисков и условий их правомерности.*

***Материалы и методы исследования.** Проведен анализ источников правового регулирования медицинской деятельности, включая нормы уголовного законодательства, изучена правоприменительная практика. В работе использован формально-юридический метод, позволивший выявить и конкретизировать условия правомерности медицинских профессиональных рисков.*

***Результаты.** Профессиональный медицинский риск является разновидностью обоснованного риска, то есть обстоятельства, исключающего преступность деяния, и в зависимости от поставленной общественно-полезной цели вмешательства в функционирование человеческого организма может быть новаторскими лечебным.*

***Заключение.** Квалификация профессионального медицинского риска как обоснованного риска требует учета всего содержания ситуации его применения в каждом конкретном деле. При этом, нет необходимости в отдельном нормативном закреплении правомерности медицинского риска, но ст. 41 УК РФ может быть дополнена условием исключения информированного согласия пациента или его законного представителя, когда оно осуществляется по экстренным показаниям для устранения угрозы жизни человека.*

***Ключевые слова:** обоснованный риск; профессиональный медицинский риск; медицинские работники; уголовная ответственность; медицинский эксперимент.*

Для цитирования. Огнерубов Н.А., Зелепукин Р.В., Большакова В.М. Профессиональные медицинские риски: условия правомерности в контексте действующего уголовного законодательства // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 6. С. 266-282. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-266-282

OCCUPATIONAL MEDICAL RISKS: CONDITIONS OF LEGITIMACY IN THE CONTEXT OF CURRENT CRIMINAL LAW

N.A. Ognrubov, R.V. Zelepukin, V.M. Bolshakova

Background. *Medical practice requires decisions that are risky in nature and their positive outcome cannot be guaranteed. The reasons for this can be varied, but also with a proper and professional approach by the treating attending physician and other medical personnel adverse effects of the treatment or research carried out should not also be interpreted as criminal acts, which justifies a thorough examination of the attributes and types of reasonably medical risks and the conditions for their legitimacy.*

Materials and methods. *An analysis of the sources of legal regulation of medical activity, including criminal legislation, was carried out and law enforcement practice was studied. The paper used the formal-legal method to identify and specify the conditions for the legitimacy of medical occupational risks.*

Results. *Occupational medical risk is a type of reasonable risk, that is a circumstance precluding criminality of an act, and depending on the socially useful purpose of the intervention in the functioning of the human body, it can be innovative and treatment.*

Conclusion. *Qualification of occupational medical risk as a reasonable risk requires taking into account consideration of the full content of the situation of its application in each case. In doing so, there is no need for a separate regulation on the legitimacy of medical risk, but Article 41 of the Criminal Code may be supplemented by a condition to exclude informed consent of the patient or his statutory representative, when it is carried out on emergency evidence to eliminate the threat to a person's life.*

Keywords: *reasonable risk; occupational medical risk; medical personnel; criminal liability; medical experiment*

For citation. *Ognrubov N.A., Zelepukin R.V., Bolshakova V.M. Occupational Medical Risks: Conditions of Legitimacy in the Context of Current Criminal Law. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 266-282. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-266-282*

Введение

Медицинская деятельность неизбежно связана с проблемами здоровья пациентов и в ряде случаев, исходя из конкретных жизненных обстоятельств и ситуаций, требует решений, носящих характер риска. Этот риск должен быть взвешенным и обоснованным. Причем термин «обоснованный риск» имеет ключевое значение, так как данное понятие является правовым и имеет закрепление в ст. 41 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ).

Связь медицинской деятельности с наличием риска причинения вреда актуализирует проблему наличия обстоятельства, которое защищает интересы медицинских работников в ситуации потенциального уголовно-правового конфликта, то есть ситуации обоснованного профессионального медицинского риска.

Медицинские риски подробно изучаются в специализированной литературе с точки зрения факторов их возникновения и предотвращения: прогнозирование медицинской практики с использованием различных показателей отношений к риску [15], управление рисками в медицинских организациях [14] и лабораториях [2], медицинские риски в условиях катастроф [19], влияние информированности о последствиях медицинских рисков [18], исключение рисков в медицинских исследованиях [20], возникновение страховых случаев при оказании медицинских услуг [1], организационные и правовые риски предимплантационного генетического тестирования [17].

Оценка профессиональных медицинских рисков с точки зрения уголовно права изучалась в работах А.В. Серовой [12], О.М. Сариева [11], Е.В. Кашуба и В.О. Сычева [4], Н.И. Пикурова [8], К.А. Саранцева [10]. Однако обозначенная тематика требует конкретизации и дополнительного изучения в условиях наметившейся тенденции усиления ответственности за правонарушения, имеющих место в медицинской практике.

Это отвечает общественному запросу на безопасность медицинской деятельности в условиях динамического развития данной профессиональной сферы, появления новых медицинских технологий, их внедрения в повседневную жизнь граждан, что провоцирует негативное отношение общества к медицинским рискам. Дискутируемое в настоящее время на законодательном уровне введение отдельных уголовно-правовых санкций за совершение противоправных деяний в сфере здравоохранения помимо повышения уровня ответственности медицинских работников может повлечь за собой и еще одно последствие – отказ от рискованных действий,

необходимых для спасения жизни пациента. В этой связи представляется целесообразным рассматривать проблему уголовно-правового регулирования медицинской деятельности в комплексе – с одной стороны усиление ответственности медицинского работника, с другой – создание гарантий минимизации профессиональных рисков, сопровождающих медицинскую деятельность.

Цель исследования заключается в определении профессиональных медицинских рисков в контексте обоснованного риска как обстоятельства, исключающего противоправность деяния. Ввиду этого в качестве задач исследования выступают выявление признаков профессиональных медицинских рисков и установление условий признания их правомерными на основании изучения действующего законодательства и правоприменительной практики.

Материалы и методы исследования

Для определения правомерности медицинских профессиональных рисков изучены источники правового регулирования в сфере здравоохранения, среди которых отдельное внимание уделено уголовному законодательству, устанавливающему признаки и основания обстоятельств, исключающих противоправность деяния, в том числе обоснованного риска. В этом контексте проведено сравнение крайней необходимости и обоснованного риска. Изучена соответствующая правоприменительная практика. Для выявления и конкретизации дефиниции профессионального медицинского риска, условий его допустимости применен формально-юридический метод, позволивший установить сущность профессиональных рисков в медицине с точки зрения внешних и внутренних форм их проявлений, а также признаков, позволяющих квалифицировать такие риски как правомерные деяния.

Результаты исследования

Медицинская деятельность относится к сфере повышенного риска, поскольку предполагает проведение манипуляций, затрагивающих охраняемые уголовным законом объекты – жизнь и здоровье человека. В этой связи законодатель на легальном уровне закрепляет понятие «риск медицинского вмешательства» как возможность наступления неблагоприятных для пациента последствий, при наличии вероятности не достижения цели восстановления здоровья. При этом рискуют обе стороны – пациент несет физический риск, а медицинский работник – правовой. Следует отметить,

что причинный ряд неблагоприятных последствий в данном случае достаточно широк, например: наличие заболевания, не состоящего в причинной связи с проводимой медицинской манипуляцией, само медицинское вмешательство, совокупность обоих факторов. В специальной литературе справедливо отмечается, что названные причины имеют самостоятельное юридическое значение, поскольку ответственность медицинского работника может наступать как за действие, так и за бездействие в различных формах – гражданской, административной, уголовной [8, с. 88]. Наблюдается очевидная взаимосвязь первого и второго вида рисков, которая проявляется в том, что чем выше физический риск пациента, тем более вероятно применение мер юридической ответственности к медицинскому работнику. В рамках гражданско-правовых отношений компенсаторные механизмы прорабатываются на уровне страхового законодательства. В частности, ответственность лиц, оказывающих медицинскую помощь и рискующих в чужих интересах, а именно – интересах самого потерпевшего (пациента), предполагается страховать как самостоятельный вид профессиональной ответственности, что детализирует и гарантирует реализацию предусмотренного в пункте 7 части 1 ст. 72 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» права медицинского работника на страхование риска своей профессиональной ответственности, которое ранее, в отсутствие специального федерального закона не являлось практически применимым.

Ввиду изложенного очевидно, что профессиональный медицинский риск может быть признан правомерным только в случае его признания и квалификации как обоснованного риска, являющегося согласно уголовному закону обстоятельством, исключающим преступность деяния.

Исследование института обоснованного риска как обстоятельства, исключающего преступность деяния, позволило констатировать его универсальную природу применительно к освобождению медицинского работника от уголовной ответственности при причинении вреда жизни и здоровью пациента.

Профессиональный медицинский риск как разновидность обоснованного медицинского риска представляет собой деяние медицинского работника, выраженное в необходимом вмешательстве в функционирование организма пациента в целях восстановления его здоровья или спасения жизни, либо в целях развития научно-исследовательской медицинской практики с учетом вероятности положительных результатов или негативных осложнений. В зависимости от целей вмешательства выделяются

лечебные и новаторские медицинские риски. Первые предполагают диагностику и лечение различных заболеваний во всех сферах медицинской практики, вторые – проведение медицинского эксперимента. При этом на практике допустимы ситуации совмещения этих видов в одних и тех же случаях.

Специфическими условиями правомерности лечебного риска являются: наличие реальной угрозы жизни или здоровью пациента при отсутствии других альтернативных методов лечения; наличие объективно подтвержденных медицинской наукой и практикой положительных и отрицательных результатов планируемого медицинского вмешательства; наличие информированного добровольного согласия пациента или его законного представителя, на медицинское вмешательство, за исключением обстоятельств, исключающих получение такового; принятие медицинским работником достаточных мер для предотвращения или минимизации вреда жизни и здоровью пациента.

Правомерность новаторского медицинского риска обусловлена наличием следующих условий: научно-исследовательского характера; направленности на достижение общественно-полезного результата, в качестве которого выступает развитие медицинской науки и практики; добровольного информированного согласия пациента на участие в медицинском эксперименте; отсутствия иных возможностей для излечения больного, когда все необходимые и достаточные.

Дублирование условий правомерности медицинского риска в ст. 41 УК РФ является излишним, но особо необходимо оговорить специфическое условие – получение согласия пациента, дополнив указанную статью уголовного закона частью 4 следующего содержания: «В ситуации медицинского риска, необходимо получение добровольного информированного согласия лица либо его законного представителя на медицинское вмешательство, за исключением случаев, когда оно осуществляется по экстренным показаниям для устранения угрозы жизни человека».

Обсуждение

В уголовном праве существуют механизмы защиты медицинского работника от объективного вменения в случае невиновного причинения вреда (ст. 5 УК РФ). К их числу относятся такие обстоятельства как крайняя необходимость (ст. 39 УК РФ) и обоснованный риск (ст. 41 УК РФ), которые гипотетически могут иметь место в медицинских профессиональных рисках.

При этом крайняя необходимость не может считаться универсальным обстоятельством, позволяющим оценить действия медицинского работника с точки зрения их правомерности и допустимости. Так, налицо должна быть реальная опасность, угрожающая на данный момент охраняемым законом интересам личности, общества или государства. Полагаем, что указанное условие в контексте оказания медицинской помощи предполагает ее неотложный характер, наличие тяжелой клинической ситуации и иные обстоятельства, связанные с лечением пациента, которые свидетельствуют о наличии реальной угрозы жизни или здоровью пациента. В связи с этим, нельзя согласиться с утверждением, о том, что о крайней необходимости нужно говорить при любом обращении пациента в медицинское учреждение за помощью, поскольку такое обращение в любом случае вызвано необходимостью [13, с. 108]. Думается, что нельзя отождествлять любую необходимость, связанную с оказанием медицинской помощи, и экстренные ситуации, связанные с ее неотложным характером, которые могут быть обозначены именно как «крайняя необходимость» и характеризующиеся неординарностью, конфликтностью различных интересов, возможностью разрешения только путем причинения вреда здоровью пациента. Например, при обращении пациента за медицинской помощью в косметологии или пластической хирургии достаточно сложно говорить о ситуации крайней необходимости, поскольку изначально отсутствует опасность для жизни и здоровья человека. Кроме того, уголовно-правовое регулирование института крайней необходимости не исключает причинения тяжкого вреда или смерти человека, следовательно, предлагаемое расширение пределов применения рассматриваемого обстоятельства, исключаящего уголовную ответственность, сделает правомерным наступление данных последствий медицинской деятельности и в тех случаях, когда это не диктуется экстремальной ситуацией, то есть, по сути, легализует любой негативный результат медицинского вмешательства.

В научной литературе и крайняя необходимость, и обоснованный риск подвергались тщательному анализу с позиций их соответствия критерию минимизации профессиональных медицинских рисков [6, с. 161-172; 10, с. 10-12]. С учетом обширной библиографии вопроса, позволим себе констатировать, что необходима разработка унифицированной категории, позволяющей разграничить правомерные и противоправные действия медицинских работников. Полагаем, что такой категорией является именно обоснованный риск. Критерии его правомерности применимы как к сфере оказания медицинской помощи, так и к инновационной сфере, связанной с производством

медицинских экспериментов, которая попадает в категорию новаторских рисков. В данном случае, на наш взгляд, можно говорить о наличии идеальной совокупности двух самостоятельных юридически значимых обстоятельств, исключающих преступность деяния – выполнения профессиональных обязанностей и обоснованного профессионального медицинского риска, поскольку даже при надлежащем осуществлении медицинской деятельности лицо действует в состоянии обоснованного риска.

Профессиональный риск, допущенный медицинским работником, будет являться обстоятельством, исключающим преступность деяния, в случае его соответствия признакам обоснованного риска, установленным в части 2 ст. 41 УК РФ, согласно которой «риск признается обоснованным, если указанная цель не могла быть достигнута не связанными с риском действиями (бездействием) и лицо, допустившее риск, предприняло достаточные меры для предотвращения вреда охраняемым уголовным законом интересам».

Безусловно, отсутствие четких границ допустимости риска в медицинской науке и практике, а также его четких критериев в нормативных правовых актах не может обосновывать принятие любых рискованных решений медицинским работником правомерными. Противоправные деяния медицинских работников могут получить квалификацию как причинение смерти или тяжкого вреда здоровью по неосторожности вследствие ненадлежащего исполнения лицом своих профессиональных обязанностей, неоказание помощи больному и т.д. В этой связи все действия медицинских работников, повлекшие неблагоприятные последствия для жизни или здоровья больных, принято классифицировать на три группы: несчастные случаи, врачебные ошибки и профессиональные преступления [7, с. 22]. При этом в качестве оснований дифференциации в данном случае выступают соответствие действий медицинского работника правилам и процедурам оказания определенного вида медицинской помощи (таковые разработаны для каждого вида медицинской помощи), а также условия возникновения неблагоприятных последствий, за которые законом установлены меры уголовной ответственности.

Следует отметить, что отнесение к субъектам профессионального риска только врачей [9, с. 33], значительно сужает пределы применения рассматриваемого института, оставляя за рамками ситуаций обоснованного риска подавляющее большинство категорий медицинских работников, которые были нами перечислены. О несостоятельности подобного подхода свидетельствуют и материалы судебной практики. Так, эмпириче-

ский анализ показал, что уголовные дела по преступлениям медицинских работников возбуждаются не только в отношении врачей, но и среднего медицинского персонала. Однако, нельзя отрицать, что в подавляющем большинстве случаев субъектами привлечения к уголовной ответственности являются именно врачи, чаще всего – хирурги, онкологи, анестезиологи и акушеры-гинекологи, что сопряжено со спецификой их работы, требующей непосредственного и активного вмешательства в течение заболевания, а, соответственно, характеризующейся повышенным риском наступления неблагоприятных последствий для жизни и здоровья больного.

При осуществлении рискованных медицинских манипуляций должна существовать реальная угроза жизни или здоровью больного, обусловленная наличием у него определенного заболевания или иной патологии. В данном случае в качестве общественно-полезной цели медицинского вмешательства может не ставиться полное восстановление здоровья, речь идет о спасении жизни, улучшении ее качества, уменьшении страданий и т.д.

Необходимо акцентировать внимание на положениях ст. 10 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», в соответствии с которыми качество оказания медицинской помощи обусловлено соблюдением стандартов и порядков ее оказания, которые неприменимы лишь в рамках клинической апробации, т.е. медицинского эксперимента. Указанные порядки и стандарты детально описывают действия врача по профилю на различных этапах и в различных формах оказания медицинской помощи, что ставит критерий обоснованности риска в зависимость от их соблюдения.

Так как медицинской наукой и практикой достижение положительного результата медицинского вмешательства объективно подтверждается, равно как и возможность наступления неблагоприятных последствий, возможность наступления вредных последствий носит вероятный, а не заведомый характер.

В самом общем виде можно констатировать, что задачей медицинского работника является минимизация риска применительно к конкретной ситуации, что предусматривает вероятность ущерба для здоровья пациента, не превышающую типичную для выполнения стандартных медицинских манипуляций. Однако, в любом частном случае остается поле для усмотрения врача и принятия им решения, в том числе и содержащего элементы риска, поскольку медицинская практика не подлежит четкой алгоритмизации.

Особым условием правомерности обоснованного медицинского риска является наличие добровольного информированного согласия пациента

на проведение медицинских манипуляций. Анализ положений ст. 20 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» позволяет констатировать наличие двух основных элементов процесса получения такого согласия:

1) предоставление медицинским работником полной информации о целях, методах оказания медицинской помощи, связанном с ними риске, возможных вариантах медицинского вмешательства, о его последствиях, а также о предполагаемых результатах оказания медицинской помощи;

2) процессуальное оформление согласия либо самим пациентом, либо его законным представителем, если пациент несовершеннолетний либо признан в установленном законом порядке недееспособным, и по своему состоянию не способен дать согласие на медицинское вмешательство. Названный документ имеет письменную или электронную форму и содержится в медицинской документации гражданина.

В ситуациях обоснованного риска получение согласия на медицинское вмешательство не всегда возможно, что охватывается ситуацией, предусмотренной пунктом 1 части 9 ст. 20 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», а именно – его проведение по экстренным показаниям для устранения угрозы жизни человека, когда его состояние не позволяет выразить свою волю. Полагаем, что на новаторский медицинский риск подобные ситуации распространяться не могут в силу специфики проведения медицинских экспериментов. Однако в экстренной ситуации при невозможности получения согласия пациента решение о медицинском вмешательстве принимается консилиумом врачей, а в случае, если собрать консилиум невозможно, – непосредственно лечащим (дежурным) врачом с внесением такого решения в медицинскую документацию пациента и последующим уведомлением должностных лиц медицинской организации, гражданина, в отношении которого проведено медицинское вмешательство, или его законного представителя.

Отдельного внимания требуют условия допустимости профессиональных медицинских рисков в рамках медицинских экспериментов и проводимой научно-исследовательской деятельности.

При новаторском медицинском риске приоритет отдается интересам испытуемых лиц, несмотря на всю привлекательность желаемой цели в научно-исследовательском плане. Это предполагает прекращение биомедицинских и клинических экспериментов при увеличении риска гибели испытуемых лиц либо стойкого необратимого ухудшения состояния их здоровья. Соответственно, при наличии альтернативы медицинский работник обязан

выбрать путь лечения, позволяющий избежать названных последствий. При отсутствии альтернативы – степень риска должна соответствовать состоянию здоровья пациента. Позволим себе согласиться с утверждением о том, что на законодательном уровне необходимо предусмотреть перечень запрещенных медицинских экспериментов, противоречащих этическим и биоэтическим нормам [3, 5], как это сделано, например, в отношении временного запрета на клонирование человека и его органов.

Поэтому условия правомерности новаторского медицинского риска с участием человека сводятся к направленности на достижение общественно-полезного результата, в качестве которого выступает развитие медицинской науки и практики. Обязательным здесь также является наличие добровольного информированного согласия пациента или его законного представителя на участие в медицинском эксперименте. Кроме того, в ситуациях наличия совместимости лечебного и новаторского рисков условием правомерности будет выступать отсутствие иных возможностей для излечения больного, когда все необходимые и достаточные медицинские меры не привели к достижению нужного результата, что требует отдельного изучения и исследования в рамках конкретного правового разбирательства, в случае его возникновения.

Заключение

Профессиональный медицинский риск характеризуется в необходимом объективном вмешательстве в функционирование организма пациента, сопряженное с вероятностью благоприятных результатов или допустимостью осложнений. Целями такого вмешательства может быть восстановление здоровья, либо спасение жизни или проведение медицинских экспериментов, что предопределяет классификацию профессиональных медицинских рисков на лечебные и новаторские, которые на практике могут быть совместимы в одних и тех же жизненных ситуациях.

Условия правомерности обоснованного риска, предусмотренные ст. 41 УК РФ, имеют определенную специфику применительно к медицинской деятельности, которая в общем виде заключается в следующем:

- общественно-полезная цель является презюмируемой для любого вида медицинской деятельности, поскольку она заключается в поддержании и восстановлении здоровья человека;
- поставленная цель не может быть достигнута обычными, традиционными методами диагностики и лечения, при этом степень риска должна соответствовать состоянию здоровья пациента;

- возможность наступления вредных последствий носит вероятный, а не заведомый характер;
- рискованные действия медицинского работника должны соответствовать современным достижениям медицинской науки и практики, если речь идет о новаторском риске;
- должны быть приняты все меры для предотвращения или минимизации вреда жизни и здоровью пациента;
- специфическим условием правомерности обоснованного медицинского риска является наличие добровольного информированного согласия пациента на проведение медицинских манипуляций.

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

Information on conflicts of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Брыксина Н.В. Факторное возникновение страховых рисков при медицинских услугах: Автореферат дис. ... канд. эконом.наук. Екатеринбург, 2006. 24 с.
2. Горюнова Л. Менеджмент риска // Ремедиум. 2011. № 7. С. 16-25.
3. К вопросу о ятрогенных заболеваниях / Лысенко В.М., Лысенко О.В., Зарецкий М.М., Черников Е.Э. // Научный вестник Национального медицинского университета им. Богомольца. 2009. С. 164-169.
4. Кашуба Е. В. Профессиональный риск медицинских работников как вид обоснованного риска / Е.В. Кашуба, В.Г. Сычев // Медицинская наука и образование Урала. 2012. № 2. С. 76-79.
5. Козаев Н.Ш. Уголовно-правовые средства минимизации злоупотреблений в сфере витальных технологий // Российский следователь. 2015. № 7. С. 33-37.
6. Никитина И.О. Ответственность за преступления в сфере здравоохранения: вопросы применения и совершенствования законодательства. Н. Новгород, 2008. 231 с.
7. Никитина И.О. Преступления в сфере здравоохранения (законодательство, юридический анализ, квалификация, причины и меры предупреждения): Автореферат дис. ... канд. юрид. наук. Н. Новгород, 2007. 32 с.
8. Пикуров Н.И. Риски медицинского вмешательства: уголовно-правовые аспекты // Уголовное право. 2018. № 3. С. 86-92.

9. Повзун С.А., Унгурия В.М. К проблеме определения степени тяжести вреда здоровью, причиненного непреднамеренными интраоперационными повреждениями // *Медицинское право*. 2014. № 6. С. 37-40.
10. Саранцев К.А. Медицинский риск как разновидность обоснованного риска и особенности его оценки при расследовании преступно-ненадлежащего оказания медицинской помощи // *Российский следователь*. 2013. № 3. С. 10-12.
11. Сариев О.М. Условия правомерности обоснованного риска при проведении медицинского эксперимента / *Актуальные проблемы уголовного права и криминологии: материалы Международной научно-практической конференции*. Ставрополь. 2015. С. 228-236.
12. Серова А.В. Профессиональный риск медицинских работников как вид обоснованного риска: Автореферат дис. ... канд. юрид. наук. Екатеринбург, 1999. 22 с.
13. Тихонова С.С. Прижизненное или посмертное донорство в Российской Федерации: Вопросы уголовно-правового регулирования. СПб., 2002. 321 с.
14. Управление рисками медицинской организации / Князюк Н.Ф., Бидагаева Т.Г., Хайнуева Г.М., Ким Н.А. // *Здравоохранение*. 2016. № 5. С. 42-50.
15. Massin S., Nebout A., Ventelou B. Predicting medical practices using various risk attitude measures // *European journal of health economics*, 2018, vol. 19, no. 6, pp. 843-860. <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0925-3>
16. Medical and social aspects of floods and their medical risk management / VasileDumitras, SergiuCirlan, Andrei Marfin, Catalina Croitoru, Elena Ciobanu // *One Health & Risk Management*, 2020, № 1, pp. 72-79. <https://doi.org/10.38045/ohrm.2020.1.01>
17. Preimplantation genetic testing: comparative analysis of jurisprudential regulations / Casella C., Carbone L., Conforti A., Marrone, V., Cioffi G., Buonfantino C., Rosa P., Alvino, L., Capalbo A., Alviggi C., Lorenzo P. // *Italian Journal of Gynaecology and Obstetrics*, 2020, vol. 32, no. 4, pp. 237-247. <https://doi.org/10.36129/jog.32.04.03>
18. Risk Assessment of Medical Study Procedures in the Documents Submitted to a Research Ethics Committee / Happon S., Keränen T., Halkoaho A., Lehto S.M. // *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics* 2020, vol. 15, no. 5, pp. 396-406. <https://doi.org/10.1177/1556264620903563>
19. Risk, uncertainty and medical practice: changes in the medical professions following disaster / Abeyasinghe S., Leppold C., Ozaki A., Morita, M. *Evidence & Policy*. 2020. vol 16, no 2, PP. 285-303, <https://doi.org/10.1332/17442641>

9X15717232423159

20. Ruling out risks in medical research / Anttila S., Persson J., Rosén M., Vareman N., Vitols S., Sahlin N. *Journal of Risk Research*, 2020, vol. 22, no 6, pp. 796-802. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1586750>

References

1. Bryksina N.V. Faktornoe vozniknovenie strakhovykh riskov pri meditsinskikh uslugakh [Factorial emergence of insurance risks in medical services]. Abstract of PhD in Jurisprudence dissertation. Ekaterinburg, 2006, 24 p.
2. Goryunova L. *Remedium*, 2011, no. 7, pp. 16-25.
3. Lysenko V.M., Lysenko O.V., Zareckij M.M., Chernikov E.E. *Nauchnyj vestnik Nacional'nog omeditsinskogo universiteta im. Bogomol'ca* [Scientific Bulletin of the National Bohomolets Medical University], 2009, pp. 164-169.
4. Kashuba E.V., Sychev V.G. *Med. Nauka i obrazovanie Urala* [Medical Science and Education of the Urals], 2012, no. 2, pp. 76-79.
5. Kozaev N.S. *Rossijski jsledovatel'* [The Russian investigator], 2015, no. 7, pp. 33-37.
6. Nikitina I.O. *Otvetstvennost' za prestupleniya v sfere zdravookhraneniya: vo-prosy primeneniya i sovershenstvovaniya zakonodatel'stva* [Liability for crimes in the field of health care: issues of application and improvement of legislation]. Nizhny Novgorod, 2008, 231 p.
7. Nikitina I.O. *Prestupleniya v sfere zdravookhraneniya (zakonodatel'stvo, yuridicheskiy analiz, kvalifikatsiya, prichiny i mery preduprezhdeniya)* [Liability for crimes in the field of health care: issues of application and improvement of legislation]. Abstract of PhD in Jurisprudence dissertation. Nizhny Novgorod, 2007, 32 p.
8. Pikurov N.I. *Ugolovnoe pravo* [Criminal Law], 2018, no. 3, p. 88.
9. Povzun S.A., Unguryan V.M. *Medicinskoe pravo* [Medical Law], 2014, no. 6, pp. 37-40.
10. Sarancev K.A. *Rossijski jsledovatel'* [The Russian investigator], 2013, no. 3, pp. 10-12.
11. Sariiev O.M. *Aktual'nye problem yugolovnogo prava i kriminologii: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Current Problems of Criminal Law and Criminology: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference]. Stavropol, 2015. pp. 228-236.
12. Serova A.V. *Professional'nyj risk medicinskih rabotnikov kak vid obosnovannogo riska* [Occupational risk of medical workers as a type of reasonable risk]. Abstract of PhD in Jurisprudence dissertation. Ekaterinburg, 1999, 22 p.

13. Tihonova S.S. *Prizhiznennoe ili posmertnoe donorstvo v Rossiyskoy Federatsii: Vo-prosyugolovno-pravovogo regulirovaniya* [Life or Postmortem Donation in the Russian Federation: Issues of Criminal Law Regulation]. Saint-Petersburg, 2002, 108 p.
14. Knyazyuk N.F., Bidagaeva T.G., Hajnueva G.M., Kim N.A. *Zdravoohranenie* [Health care], 2016, no. 5, pp. 42-50.
15. Massin S., Nebout A., Ventelou B. Predicting medical practices using various risk attitude measures. *European journal of health economics*, 2018, vol. 19, no. 6, pp. 843-860. <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0925-3>
16. Vasile Dumitras, Sergiu Cirlan, Andrei Marfin, Catalina Croitoru, Elena Ciobanu. *One Health & Risk Management*, 2020, № 1, pp. 72-79. <https://doi.org/10.38045/ohrm.2020.1.01>
17. Casella C., Carbone L., Conforti A., Marrone, V., Cioffi G., Buonfantino C., Rosa P., Alvino, L., Capalbo A., Alviggi C., Lorenzo P. Preimplantation genetic testing: comparative analysis of jurisprudential regulations. *Italian Journal of Gynaecology and Obstetrics*, 2020, vol. 32, no. 4, pp. 237-247. <https://doi.org/10.36129/jog.32.04.03>
18. Happo S., Keränen T., Halkoaho A., Lehto S.M. Risk Assessment of Medical Study Procedures in the Documents Submitted to a Research Ethics Committee. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 2020, vol. 15, no. 5, pp. 396-406. <https://doi.org/10.1177/1556264620903563>
19. Abeyasinghe S., Leppold C., Ozaki A., Morita, M. Risk, uncertainty and medical practice: changes in the medical professions following disaster. *Evidence & Policy*, 2020, vol. 16, no. 2, pp. 285-303, <https://doi.org/10.1332/174426419X15717232423159>
20. Anttila S., Persson J., Rosén M., Vareman N., Vitols S., Sahlin N. Ruling out risks in medical research. *Journal of Risk Research*, 2020, vol. 22, no. 6, pp. 796-802. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1586750>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

Огнерубов Н.А.: автор идеи, разрабатывал основную гипотезу, осуществлял поиск литературных источников, участвовал в анализе полученных данных и синтезе выводов, сформулировал итоговую редакцию результатов исследования и выводов.

Зелепукин Р.В.: осуществлял сбор и анализ нормативных правовых актов, правоприменительной практики, разрабатывал и апробировал исследовательский инструментарий, разработал первичную редакцию результатов исследования и выводов;

Большакова В.М.: развивала идею и концепцию работы, участвовала в анализе нормативных правовых актов и правоприменительной практики по проблеме исследования, участвовала в формулировке выводов работы.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication.

Nikolay A. Ognerubov: author of the idea, developed the main hypothesis, conducted a literature search, participated in the analysis of the data and synthesis of conclusions, formulated the final version of the results of the study and conclusions.

Roman V. Zelepukin: collected and analysed normative legal acts and law enforcement practice, developed and tested the research tools, developed the primary version of the results of the research and conclusions.

Valentina M. Bolshakova: developed the idea and concept of the work, participated in the analysis of regulatory legal acts and law enforcement practice on the research problem, participated in the formulation of the conclusions of the work.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Огнерубов Николай Алексеевич, доктор медицинских наук, кандидат юридических наук, профессор, заведующий кафедрой онкологии *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»*
ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Российская Федерация
ognerubov_n.a@mail.ru

Зелепукин Роман Валерьевич, кандидат юридических наук, доцент кафедры конституционного и международного права *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»*
ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Российская Федерация
lexcomlex@yandex.ru

Большакова Валентина Михайловна, кандидат юридических наук, доцент, адвокат Нижегородской областной коллегии адвокатов, доцент кафедры конституционного и административного права

*Нижегородский институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
проспект Гагарина, 49, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация
valentinabolshakova@rambler.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nikolay A. Ognerubov, Doctor of Medical Sciences, Candidate of Law, Professor, Head of Oncology Department
*Derzhavin Tambov State University
33, Internazionalnaya Str., Tambov, 392000 Russian Federation
ognerubov_n.a@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4045-1247>
SPIN-code: 3576-3592
Scopus Author ID: 6602859119*

Roman V. Zelepukin, Candidate of Law, Associate Professor of Constitutional and International Law Department
*Derzhavin Tambov State University
33, Internazionalnaya Str., Tambov, 392000 Russian Federation
lexcomplex@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0307-4385>
SPIN-code: 1152-8939
ResearcherID: AAX-6885-2021*

Valentina M. Bolshakova, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor, Attorney at the Lower City Regional Bar Association, Associate Professor of the Department of Constitutional and Administrative Law
*Nizhny Novgorod Institute of Management - branch of the Russian Academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation
49, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation
valentinabolshakova@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7490-3443>
SPIN-code: 8988-0871*

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-283-306

УДК 614.256

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТИЗ ПРИ ОБЖАЛОВАНИИ В СУДЕБНОМ ПОРЯДКЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО ИТОГАМ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЕННО-ВРАЧЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

П.Ю. Наумов, В.М. Большакова, А.И. Землин, И.В. Холиков

Состояние вопроса. Деятельность органов военно-врачебной экспертизы является актуальным предметом исследования, поскольку по своей медицинской и правовой природе затрагивают широкий круг граждан, проходящих (проходивших) военную службу (службу в правоохранительных органах). В отношении этих лиц, по результатам медицинского обследования и медицинского освидетельствования военно-врачебными комиссиями выносятся различные виды заключений. Поскольку вышеприведенные заключения являются документом, затрагивающим права и свободы этих лиц, от этих решений зависит объем предоставляемых гарантий и компенсаций, они (решения, заключения) являются предметом обжалования в административном и гражданском судопроизводстве. Соответственно разрешение этих вопросов может стать предметом проведения различных медицинских экспертиз в судебном порядке. При производстве в судебном порядке военно-врачебной экспертизы у судов могут возникнуть практические правоприменительные трудности, связанные с не урегулированностью данного вопроса в законодательстве, регламентирующем проведение военно-врачебной экспертизы.

Материалы и методы исследования. На основании применения методов сравнительного правоведения, системного и структурно-функционального анализа последовательно изучается научная литература, нормативные правовые акты и судебные постановления по вопросам обжалования в судебном порядке заключений военно-врачебной экспертизы. Также анализу подвергаются аспекты назначения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке, особенности действий заключений военно-врачебных комиссий в данном случае и их оценки как доказательств, при осуществлении судопроизводства.

Результаты. На основе проведенного изучения научной литературы, требований нормативных правовых актов и правоприменительной практики

предлагается внести изменения в Положения о военно-врачебной экспертизе, с целью регулирования в нем вопросов вынесения заключения военно-врачебной комиссии, в случае назначения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке. В настоящее время, указанный порядок не определен, что приводит к практическим трудностям для правоприменителя.

Заключение. *Предлагаемые изменения в Положение о военно-врачебной экспертизе позволят урегулировать вопросы назначения и проведения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке, а также определить сферу действия таких заключений и компенсацию их стоимости.*

Ключевые слова: *медицинская экспертиза; судебно-медицинская экспертиза; военно-врачебная экспертиза; судопроизводство; военно-врачебная и врачебно-летная комиссия; определение категории годности; определение причинной связи; виды судопроизводства*

Для цитирования. *Наумов П.Ю., Большакова В.М., Землин А.И., Холиков И.В. Концептуальные аспекты производства медицинских экспертиз при обжаловании в судебном порядке заключений по итогам проведения военно-врачебной экспертизы // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 283-306. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-283-306*

CONCEPTUAL ASPECTS OF PRODUCING A MEDICAL EXAMINATION IN JUDICIAL APPEAL OF CONCLUSIONS HAS BEEN IMPLEMENTED ON THE RESULTS OF A MILITARY EXPERTISE

P.Yu. Naumov, V.M. Bolshakova, A.I. Zemlin, I.V. Kholikov

Background. *The activities of military medical examination bodies is a relevant subject of research, since by their medical and legal nature they affect a wide range of citizens who are undergoing military service (service in law enforcement agencies). In relation to these persons, according to the results of a medical examination and medical examination, military medical commissions issue various types of conclusions. Since the above conclusions are a document affecting the rights and freedoms of these persons, the scope of guarantees and compensations provided depends on these decisions, they (decisions, conclusions) are subject to appeal in administrative and civil proceedings. Accordingly, the resolution of these issues may become the subject of various medical examinations in court. When conducting a military medical examination in court, the courts may encounter practical law*

enforcement difficulties associated with the lack of regulation of this issue in the legislation governing the conduct of military medical examination.

Materials and research methods. *Based on the application of the methods of comparative jurisprudence, systemic and structural-functional analysis, the scientific literature, regulatory legal acts and court decisions on the issues of judicial appeal against the conclusions of the military medical examination are consistently studied. The analysis also examines the aspects of the appointment of a military medical examination in court, the features of the actions of the conclusions of military medical commissions in this case and their assessment as evidence in the implementation of legal proceedings.*

Results. *Based on the study of scientific literature, the requirements of regulatory legal acts and law enforcement practice, it is proposed to amend the Regulations on military medical examination, in order to resolve the issues of issuing an opinion by the military medical commission, in the event of a military medical examination in court. ... Currently, the specified procedure is not defined, which leads to practical difficulties for the law enforcement officer.*

Conclusion. *The proposed amendments to the Regulations on military medical expertise will fully resolve the issue of appointment and conduct of military medical expertise in court, as well as determine the scope of such conclusions and compensation for the cost.*

Keywords: *medical examination; Forensic-medical examination; military medical expertise; legal proceedings; military medical and medical flight commission; determination of the category of suitability; determination of causality; types of legal proceedings*

For citation. *P.Yu. Naumov, V.M. Bolshakova, A.I. Zemlin, I.V. Kholikov Conceptual Aspects of Producing a Medical Examination in Judicial Appeal of Conclusions has been Implemented on the Results of a Military Expertise. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 283-306. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-283-306*

Введение

В нашей стране и на уровне норм права (в т.ч. конституционного) и на уровне моральных норм определено, что российское государство признается социальным, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека [7]. Важнейшим компонентом системы государственной власти является судебная власть, осуществляющая правосудие, направленное на правильное и своевременное рассмотрение и разрешение судебных споров, способствуя укре-

плению законности и предупреждению правонарушений. Защита законных интересов личности, общества и государства, охрана прав и свобод человека и гражданина, восстановление нарушенных и оспариваемых прав, а также законное и справедливое правосудие – основная функция суда [9].

В действующей редакции части 2 статьи 118 Конституции России установлено, что судебная власть осуществляется посредством конституционного, гражданского, арбитражного, административного и уголовного судопроизводства. В соответствии с частью 3 статьи 1 Федерального конституционного закона от 31 декабря 1996 г. № 1-ФКЗ «О судебной системе РФ» судебная власть осуществляется посредством конституционного, гражданского, административного и уголовного судопроизводства [5]. Современная судебная система является результатом сочетания правового исторического опыта, а также новелл, вызванных потребностями общества и соответствующим уровнем развития страны, достижениями юридической техники, взаимодействием с другими странами и международными организациями [9]. В результате судебного рассмотрения различных категорий судебных споров формируется правоприменительная практика.

В правоприменительной практике часто возникают вопросы оспаривания вынесенных заключений военно-врачебных комиссий в отношении различных категорий федеральных государственных служащих (военнослужащих, сотрудников органов внутренних дел, сотрудников войск национальной гвардии, сотрудников уголовно-исполнительной системы, сотрудников органов принудительного исполнения, сотрудников таможенных органов и т.д.). Их возникновение и связь с другими проблемами обусловлено социальной остротой и общественным запросом на социальную справедливость, поскольку одним из ключевых вопросов функционирования социальной справедливости является распределение благ [18]. Справедливость, тем не менее, обладает особым свойством, которым является особая чувствительность по отношению к ней со стороны отдельных индивидов, а также социальных и культурных групп [18; 33; 34].

Отметим, что от вынесенного заключения военно-врачебной комиссии часто зависит предоставление различных видов социальных гарантий и компенсаций (единовременных выплат, пенсий, жилья, установления причин инвалидности, выплаты страховых премий и т.д.). Соответствующим образом формируются и социальные ожидания по получению этих гарантий и компенсаций, закономерным ответом на неполучение которых является обращение в судебные органы и к должностным лицам для обжалования заключений военно-врачебных комиссий.

Довольно часто ввиду специфики осуществления медицинской деятельности, при рассмотрении споров о результатах военно-врачебной экспертизы, суды идут по пути «наименьшего сопротивления», не разбираясь в обстоятельствах дела, а доверяясь различным видам медицинских экспертиз и привлечению к участию в судебных процессах специалистов из соответствующей области наук. Тут важно уяснить, что проведение судебных экспертиз по «медицинским делам» не является «панацеей» и не заменяет иных доказательств и документов, позволяющих обосновать позицию в судебном споре [6].

Обзор литературы

Вопросы медицинского обеспечения армии, иных вооруженных формирований и правоохранительных органов с древнейших времен носили важнейший характер, поскольку солдаты и офицеры, входящие в состав вооруженных сил, предназначены для участия в боевых действиях, войнах и вооруженных конфликтах, что неизбежно связано с гибелью и ранениями личного состава. От уровня, скорости оказания и качества оказываемой медицинской помощи зависит не только то, насколько быстро раненые и больные вернутся в строй. Качественная и своевременная медицинская помощь оказывает позитивное влияние на боевой дух своей армии и подбивает моральное состояние противника [4].

Исследование правового регулирования оказания медицинской помощи военнослужащим (сотрудникам) является достаточно актуальным. Это связано, прежде всего, с недостаточной, на наш взгляд, правовой конкретизацией данного вопроса. Военнослужащие имеют право на оказание различных видов медицинской помощи наравне с другими гражданами с некоторыми особенностями правового регулирования и реализации [17].

Заключение военно-врачебной комиссии по своей правовой природе и правовому статусу является медицинской экспертизой, проводимой в особом, законодательно определенном порядке, что следует учитывать при обжаловании её результатов. Определенная по ее итогам категория годности к военной службе или установленная причинная связь получены по результатам экспертного исследования, т.е. основаны на выводах лиц, обладающих специальными познаниями в данной области. Важным обстоятельством при рассмотрении дел, об обжаловании заключений военно-врачебной комиссии, является то, что в соответствии с пунктом 8 Положения о военно-врачебной экспертизе, утвержденного постановлением Правительства РФ от 4 июля 2013 г. № 565 «Об утверждении Положения

о военно-врачебной экспертизе» (далее – Положение о военно-врачебной экспертизе) указанное заключение действительно в течение года с даты освидетельствования, если иное не определено в этом заключении. Повторное либо очередное заключение отменяет предыдущее (за исключением некоторых категорий заключений) [8].

Согласно части 1 статьи 61 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан» военно-врачебная экспертиза проводится в целях: 1) определения годности к военной службе (приравненной к ней службе), обучению (службе) по конкретным военно-учетным специальностям (специальностям в соответствии с занимаемой должностью); 2) установления причинной связи увечий (ранений, травм, контузий), заболеваний у военнослужащих (приравненных к ним лиц, граждан, призванных на военные сборы) и граждан, уволенных с военной службы (приравненной к ней службы, военных сборов), с прохождением военной службы (приравненной к ней службы); 3) решения других вопросов, предусмотренных законодательством [10].

Поскольку в некоторых нормативных правовых актов, регулирующих военно-врачебную экспертизу, приводится понятие «медицинское освидетельствование», необходимо проанализировать его объем и содержание. Понятие медицинского освидетельствования приводится в части 1 статьи 65 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ», где под медицинским освидетельствованием лица понимается совокупность методов медицинского осмотра и медицинских исследований, направленных на подтверждение такого состояния здоровья человека, которое влечет за собой наступление юридически значимых последствий. В указанной статье также приводятся виды медицинского освидетельствования и условия его проведения. Медицинское освидетельствование проводится в отношении военнослужащих при проведении военно-врачебной экспертизы, для прохождения которой они направляются уполномоченными на то должностными лицами, в соответствии с Положением о военно-врачебной экспертизе и изданными в его развитие ведомственными приказами [2].

Одним из вопросов организации правовой работы в медицинских (военно-медицинских) организациях Вооруженных Сил РФ, иных войск, воинских формирований и органов является судебная защита интересов указанных организаций в судах различной юрисдикции. С одной стороны, она продиктована повышенным интересом всех категорий пациентов к качеству оказываемой медицинской помощи, с другой стороны тем, что при осуществлении своей деятельности военно-медицинские организации вы-

полняют действия или принимают решения, существенно затрагивающие права и свободы военнослужащих и иных лиц, проходящих или прошедших лечение (к таким случаям относятся, например, определение диагноза и объема необходимых медицинских вмешательств, установление причинной связи заболеваний (ранений, травм, контузий) с исполнением обязанностей военной службы, проведение обследования и освидетельствования в рамках военно-врачебной экспертизы, оказание психиатрической помощи и т.д.) [8].

Изучение состояние вопроса позволяет резюмировать, что различные аспекты изучения медицинских правовых вопросов (А.А. Мохов [16]) комплексного и комиссионного исследования состояния здоровья и оценки влияния на него неблагоприятных факторов окружающей природной и техногенной среды (С.Н. Иванова [11], Л.Г. Климацкая [13], М.А. Климович [14], В.А. Решетников [24]), нормативного правового регулирования осуществления медицинской (в т.ч. военно-врачебной) экспертизы, порядка и правил её проведения, особенностей (по отношению к другим видам медицинских экспертиз), категорий личного состава, подлежащего освидетельствованию военно-врачебной (врачебно-летней) комиссией, а также проблем нормотворческой деятельности и правоприменительной практики в данном аспекте (А.В. Андреев [1], Е.С. Бабайцева [2], О.В. Дамаскин [10], , Н.В. Кичигин [12], , В.М. Корякин [15], А.В. Нестеров [20-22], А.И. Орловская [23], К.Б. Рыжов [25], А.С. Сливков [26], А.А. Согиyajнен [27], Я.О. Соколов [28], С.С. Харитонов [29], И.В. Холиков [31; 32], С.С. Шевчук [35] и др.), широко рассмотрены в научной литературе.

Следует отметить, что сообщенные сведения или выводы проведенных экспертиз суд часто принимает как готовую основу решения. Такой подход имеет право на жизнь, однако для медицинской организации он может иметь негативные последствия, обусловленные несением дополнительных расходов на экспертов и специалистов и тем, что качество и объективность проводимых на территории России судебных экспертиз не всегда отвечает установленным требованиям. Кроме того, следует обратить внимание на разъяснения, содержащиеся в п. 7 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 19 декабря 2003 г. № 23 «О судебном решении» где указано, что заключение эксперта, равно как и другие доказательства по делу, не являются исключительными средствами доказывания и должны оцениваться в совокупности со всеми имеющимися в деле доказательствами [3; 4].

По делам об обжаловании заключений военно-врачебных комиссий необходимо иметь в виду, что организации и должностные лица, незави-

симо от организационно-правовой формы обязаны сообщать в 2-недельный срок по запросам военно-врачебных комиссий сведения о гражданах, характеризующие состояние их здоровья. Перечень обязательных диагностических исследований, проводимых до начала медицинского освидетельствования военно-врачебной комиссией и перечень врачей, которые включаются в состав военно-врачебной комиссии, также определен Положением о военно-врачебной экспертизе. Перечень же дополнительных обязательных диагностических исследований, проводимых до начала медицинского освидетельствования, устанавливается соответствующим федеральным органом исполнительной власти, где законом предусмотрена военная служба [6].

Материалы и методы

На основании применения методов сравнительного правоведения, системного и структурно-функционального анализа последовательно изучается научная литература, нормативные правовые акты и судебные постановления по вопросам обжалования в судебном порядке заключений военно-врачебной экспертизы. Также анализу подвергаются аспекты назначения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке, особенности действий заключений военно-врачебных комиссий в данном случае и их оценки как доказательств, при осуществлении судопроизводства.

Основная часть

В ходе судебных разбирательств, предметом которых является оказание медицинской помощи, неправильно установленные диагнозы заболеваний, установление или не установление категории годности (причинной связи) к некоторым видам федеральной государственной службы, а также спорам по установлению инвалидности и возмещения причиненного вреда, судьям часто приходится прибегать к помощи лиц, обладающих компетентностью в специальной области знаний – экспертам, в том числе медицинским экспертам (судебно-медицинским экспертам).

Если говорить об обжаловании заключений военно-врачебных комиссий в отношении военнослужащих (сотрудников), граждан, уволенных с военной службы, и членов семей военнослужащих, то оно, как правило, осуществляется в двух видах судопроизводства – гражданском и административном. В гражданском судопроизводстве заключения военно-врачебных комиссий обжалуются в случаях, если в исковом заявлении содержится несколько связанных между собой требований, например,

взыскание компенсации за причиненный вред, потерю трудоспособности или некачественно оказанную медицинскую помощь. В административном порядке они обжалуются, если административное исковое заявление содержит в себе требования об обжаловании самого заключения и обязанности должностных лиц предпринять определенные действия.

Помимо различных видов экспертиз, осуществляемых в рамках гражданского и административного судопроизводства по гражданским и административным делам, по инициативе суда или по ходатайству лиц, участвующих в деле, могут проводиться медицинские (судебно-медицинские) экспертизы.

Под медицинской экспертизой в законодательстве РФ понимается проводимое в установленном порядке исследование, направленное на установление состояния здоровья гражданина, в целях определения его способности осуществлять трудовую или иную деятельность, а также установления причинно-следственной (причинной) связи между воздействием каких-либо событий, факторов и состоянием здоровья гражданина.

Возможность производства судебных (в том числе медицинских экспертиз) прямо вытекает из конституционных принципов верховенства права, высшей ценности прав и свобод, права на справедливое и объективное судебное разбирательство, закрепленные в статьях 2, 17-19, 46, 49 Конституции России.

Право на обжалование заключения военно-врачебной комиссии вытекает из конституционных норм, которые закреплены в основном законе нашей страны в статье 46 Конституции РФ, согласно которой решения и действия (или бездействие) органов государственной власти, органов местного самоуправления, общественных объединений и должностных лиц могут быть обжалованы в суд. Указанное конституционное законоположение нашло свое объективное развитие в нормах регулирующих различные виды судопроизводства федеральных законах (кодексах) и имеет свое закрепление в подзаконных нормативных правовых актах. Так пунктом 8 Положения о военно-врачебной экспертизе установлено, что гражданин может обжаловать вынесенное военно-врачебной комиссией в отношении него заключение в вышестоящую военно-врачебную комиссию или в суд.

Порядок назначения экспертиз в гражданском судопроизводстве определен ГПК РФ. Как следует из статьи 55 ГПК РФ (его 1 части), к доказательствам относятся различные сведения, в т.ч. которые получены из заключений экспертов, на рассмотрение и разрешение которых поставлены

соответствующие вопросы в пределах их экспертной компетентности. Часть 1 статьи 79 ГПК РФ предоставляет право суду при возникновении в процессе рассмотрения дела вопросов, требующих специальных знаний в различных областях науки, техники, искусства, ремесла, назначить экспертизу.

Также ГПК РФ при назначении и проведении судебной экспертизы регулирует следующие вопросы: содержание определения суда о назначении экспертизы (статья 80); получение образцов почерка для сравнительного исследования документа и подписи на документе (статья 81); назначение комплексной и комиссионной судебных экспертиз (статьи 82, 83); порядок проведения экспертизы (статья 84); объем прав и обязанностей эксперта (статья 85); порядок дачи, содержание и форму заключения эксперта (статья 86); порядок производства дополнительной и повторной экспертизы (статья 87).

Кроме того, в части 3 статьи 86 ГПК РФ специально указано, что заключение эксперта для суда необязательно и оценивается судом по правилам, установленным в статье 67 ГПК РФ. Несогласие суда с заключением должно быть мотивировано в решении или определении суда. Здесь следует отметить, что в силу статьи 67 ГПК РФ суд оценивает доказательства по своему внутреннему убеждению, основанному на всестороннем, полном, объективном и непосредственном исследовании имеющихся в деле доказательств (часть 1), а также никакие доказательства не имеют для суда заранее установленной силы (часть 2).

Указанные законоположения нашли свое отражение в правоприменительной практике и разъяснениях Пленума Верховного Суда РФ, данных в соответствии со статьей 126 Конституции РФ и Федеральным конституционным законом от 5 февраля 2014 г. № 3-ФКЗ «О Верховном Суде РФ», который в пункте 7 своего постановления от 19 декабря 2003 г. № 23 «О судебном решении» указывает, что судам следует иметь в виду, что заключения экспертов, равно как и другие доказательства по делу, не являются исключительными средствами доказывания и должны оцениваться в совокупности со всеми имеющимися в деле доказательствами. Оценка судом заключения должна быть полно отражена в решении. При этом суду следует указывать, на чем основаны выводы эксперта, приняты ли им во внимание все материалы, представленные на экспертизу, и сделан ли им соответствующий анализ. Если экспертиза поручена нескольким экспертам, давшим отдельные заключения, мотивы согласия или несогласия с ними должны быть приведены в судебном решении отдельно по каждому заключению.

Назначение экспертизы в административном судопроизводстве находят свое отражение в Кодексе административного судопроизводства РФ (Далее – КАС РФ). Так, статьей 49 КАС РФ определен правовой статус эксперта в административном судопроизводстве. В соответствии с частью 2 статьи 59 КАС РФ в качестве доказательств по административному делу допускаются, в том числе, заключения экспертов. В остальном порядок назначения, документирования, проведения и оценки экспертиз в административном судопроизводстве мало чем отличается от порядка, установленного в ГПК РФ.

Стоит отметить, что в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 27 сентября 2016 г. № 36 «О некоторых вопросах применения судами Кодекса административного судопроизводства РФ» вопросы разъяснения порядка назначения, проведения и оценки судебных экспертиз своего отражения, увы, почти не нашли.

Важным вопросом в изучении возможности назначения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке является то, может ли медицинское освидетельствование военно-врачебной комиссией быть произведено заочно (по документам). Стоит отметить, что в силу пункта 4 Положения о военно-врачебной экспертизе заочное (по документам) освидетельствование запрещается, если иное не определено законодательством и настоящим Положением.

При этом указанное Положение предусматривает медицинское освидетельствование заочно (по документам). Эти случаи установлены, например, пунктами 17, 22, 59.1.

Также, согласно пункту 74 Положения о военно-врачебной экспертизе, граждане, уволенные с военной службы в запас или в отставку без проведения освидетельствования или заявившие о несогласии с заключением военно-врачебной комиссии о категории годности к военной службе, могут быть освидетельствованы заочно (по документам) военно-врачебными комиссиями для определения категории их годности к военной службе на момент увольнения с военной службы независимо от причин и времени увольнения.

Пунктом 99 Положения о военно-врачебной экспертизе установлено, что при наличии вновь открывшихся обстоятельств получения увечья, заболевания и их связи с исполнением обязанностей военной службы (служебных обязанностей), заключение о причинной связи увечья, заболевания может быть заочно (по документам) пересмотрено (с отменой ранее вынесенного заключения).

В соответствии с пунктом 106 Положения о военно-врачебной экспертизе освидетельствование членов семей солдат, матросов, сержантов и старшин, проходящих военную службу по контракту, а также членов семей прапорщиков и мичманов осуществляется заочно на основании представленных ими или их законными представителями медицинских документов и (или) их копий, а также сведений и документов, характеризующих состояние их здоровья, истребованных военно-врачебными комиссиями.

Из приведенных норм следует, что запрет на заочное медицинское освидетельствование установлен пунктом 4 Положения о военно-врачебной экспертизе (кроме случаев, определенных этим Положением). При этом Положением о военно-врачебной экспертизе определены случаи, когда медицинское освидетельствование может проводиться заочно (по документам) (пункты 17, 22, 59.1, 74, 99, 106 и др.).

Анализ указанных нормативных предписаний позволяет нам отметить, что в Положении о военно-врачебной экспертизе возможно установление норм о проведении медицинского освидетельствования заочно (по документам) в судебном порядке (по назначению суда), в случае проверки законности вынесенного заключения военно-врачебной комиссией в судебном порядке.

Тогда возникает еще один проблемный вопрос. Дело в том, что согласно пункту 8 Положения о военно-врачебной экспертизе повторное либо очередное заключение военно-врачебной комиссии отменяет предыдущее (за исключением заключения военно-врачебной комиссии о временной негодности к военной службе (приравненной службе) и причинной связи увечий, заболеваний). Таким образом, если в судебном порядке будет назначена и проведена военно-врачебной комиссией военно-врачебная экспертиза, новое заключение в силу действующих норм отменит предыдущее. Такая отмена будет противоречить процессуальным нормам ГПК РФ и КАС РФ, а также соответствующим разъяснениям Верховного Суда РФ. Связано это с тем, что, согласно указанным нормативным правовым документам (разъяснений) заключение эксперта для суда необязательно. Оно оценивается судом в порядке, установленном для оценки любых иных доказательств.

По поводу проведения судебных и судебно-медицинских экспертиз при производстве по делам об обжаловании заключений военно-врачебной комиссии сложилась определенная судебная практика, в т.ч. высших судов. Рассмотрим её содержание и сущность выраженных судебных позиций.

Так, определением Судебной коллегии по гражданским делам Верховного Суда РФ (далее – СК ГД ВС РФ) от 17 октября 2016 г. № 57-КГ16-10

установлены следующие обстоятельства. Статьей 60 ГПК РФ предусмотрено, что обстоятельства дела, которые в соответствии с законом должны быть подтверждены определенными средствами доказывания, не могут подтверждаться никакими другими доказательствами. В силу части 1 статьи 79 ГПК РФ при возникновении в процессе рассмотрения дела вопросов, требующих специальных знаний в различных областях знаний, суд назначает экспертизу. Определение категории годности к прохождению службы в органах внутренних дел при оспаривании сотрудником заключения военно-врачебной комиссии требует специальных знаний в области военно-врачебной экспертизы, которую проводят военно-врачебные комиссии. В пункте 1 Положения о военно-врачебной экспертизе поименованы органы, организации и учреждения, на которые распространяется данное Положение (в т.ч. и сотрудники). При этом гражданин может обжаловать вынесенное военно-врачебной комиссией в отношении него заключение в вышестоящую военно-врачебную комиссию или в суд. При несогласии гражданина с заключением военно-врачебной комиссии, гражданин имеет право на производство независимой военно-врачебной экспертизы.

Также в указанном определении разъяснено, что пунктом 8 Положения о независимой военно-врачебной экспертизе предусмотрено, что независимая экспертиза производится по заявлению, которое подается гражданином в выбранное им экспертное учреждение. Из приведенных нормативных положений следует, что в случае несогласия гражданина с заключением, вынесенным военно-врачебной комиссией о годности его к военной службе (приравненной службе), в том числе к службе в органах внутренних дел, такое заключение может быть обжаловано в вышестоящую военно-врачебную комиссию или в суд, а также по заявлению самого гражданина может быть проведена независимая военно-врачебная экспертиза. Поскольку по данному делу военно-врачебная экспертиза судом не назначалась и комиссией не проводилась, по итогам рассмотрения дела судебные акты нижестоящих судов, основанные на проведенной судебной-медицинской экспертизе, были отменены.

Близкие по содержанию и смыслу обстоятельства дела также были предметом рассмотрения СК ГД ВС РФ и нашли свое отражение в судебном определении от 6 февраля 2017 г. № 30-КГ16-11. Особо в нем отмечено, что правом на установление категории годности и причинной связи сотрудника к прохождению службы в органах внутренних дел наделены военно-врачебные комиссии. Судебная экспертиза, на которую ссылался суд первой инстанции, проведена учреждением, не имеющим полномочия

на установление причинной связи заболеваний с исполнением служебных обязанностей сотрудником, то есть в формулировке «военная травма» суд апелляционной инстанции не принял во внимание, что экспертиза проведена учреждением, не имеющим право на производство военно-врачебной экспертизы, при этом, указывая на то, что решение суда первой инстанции основано на всестороннем исследовании имеющихся в деле доказательств.

Любопытно, что кассационным определением СК ГД ВС РФ от 2 ноября 2020 г. № 55-КГ20-3-К8 нижестоящим судам указано, что при проверке в судебном порядке заключения военно-врачебной комиссии судом может разрешаться вопрос о соответствии выводов военно-врачебной комиссии требованиям нормативных правовых документов, определяющих порядок проведения военно-врачебной экспертизы. Указывая на подлежащие применению к спорным отношениям положения нормативных правовых актов, регулирующих порядок оспаривания результатов военно-врачебной экспертизы с проведением независимой военно-врачебной экспертизы, суд неправильно применил эти нормы и, ссылаясь в обоснование вывода об удовлетворении исковых требований только на заключение ООО «Медицинская практика», не привел доводы о несоответствии заключения военно-врачебной комиссии ФКУЗ «Медико-санитарная часть МВД России по Республике Хакасия» нормативным правовым актам, определяющим порядок проведения военно-врачебной экспертизы, либо о нарушении ответчиком порядка ее проведения. Аналогичные доводы в обоснование отмены судебных постановлений нижестоящих судов приведены в кассационном определении СК ГД ВС РФ от 18 мая 2020 г. № 23-КГ20-2.

Основные выводы и заключение

Таким образом, Верховный Суд РФ в своих судебных постановлениях указывает на то, что судебно-медицинская экспертиза может назначаться по делам об обжаловании заключений военно-врачебной экспертизы, однако она по своей правовой природе заключение военно-врачебной комиссии заменить не может, как не может и установить категорию годности к военной службе (службе) и определить причинную связь (решить иные вопросы, отнесенные законодательством к исключительной компетенции органов военно-врачебной экспертизы). Эта позиция согласуется и с нормами законодательства, регулирующего производство судебно-медицинских экспертиз. Так, в отличие от военно-врачебной экспертизы (целями которой, в соответствии с частью 1 статьи 61 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» и пунктом 3 Положения о

военно-врачебной экспертизе, является определение годности к военной службе (службе), установления причинной связи увечий (ранений, травм, контузий), заболеваний у военнослужащих и иных лиц, с прохождением военной службы (службы) и решение других вопросов), судебно-медицинская и судебно-психиатрическая экспертизы проводятся в целях установления обстоятельств, подлежащих доказыванию по конкретному делу, в медицинских организациях экспертами в соответствии с законодательством о государственной судебно-экспертной деятельности (часть 1 статьи 62 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»).

Кроме того, согласно статьи 2 Федерального закона «О государственной судебно-экспертной деятельности в РФ» задачей государственной судебно-экспертной деятельности является оказание содействия судам, судьям, органам дознания, лицам, производящим дознание, следователям в установлении обстоятельств, подлежащих доказыванию по конкретному делу, посредством разрешения вопросов, требующих специальных знаний в области науки, техники, искусства или ремесла. Следовательно, высшая судебная инстанция приходит к выводу, что вопросов, законом отнесенных к компетенции органов военно-врачебной экспертизы, судебно-медицинская экспертиза разрешить не может. На судебно-медицинских экспертов согласно пункту 93 Положения о военно-врачебной экспертизе возложено лишь установление характера и давности имеющихся явных телесных повреждений в порядке, предусмотренном законодательством РФ. Такой порядок утвержден приказом Минздрава России от 12 мая 2010 г. № 346н «Об утверждении Порядка организации и производства судебно-медицинских экспертиз в государственных судебно-экспертных учреждениях Российской Федерации».

Также важно отметить, что со стороны судов неправильно будет в ходе различных видов судопроизводства назначать независимую военно-врачебную экспертизу. Это обусловлено тем, что производство данного вида медицинской экспертизы определено статьей 61 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» и Положением о независимой военно-врачебной экспертизе, утвержденным постановлением Правительства РФ от 28 июля 2008 г. № 574. В силу требований указанных нормативных правовых актов, она (независимая военно-врачебная экспертиза) назначается по заявлению гражданина в выбранном им медицинском учреждении (имеющем право на проведение независимой военно-врачебной экспертизы на основании лицензии и иных документов) и производится за счет его средств по заключенному договору.

На основании изложенного, предлагается пункт 8 Положения о военно-врачебной экспертизе, утвержденного постановлением Правительства РФ от 4 июля 2013 г. № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе» (Собрание законодательства РФ, 15.07.2013, № 28, Ст. 3831) дополнить абзацем следующего содержания: *«В случае обжалования вынесенного военно-врачебной комиссией заключения в судебном порядке суд в целях проверки законности и обоснованности вынесенного заключения может направить его в военно-врачебные комиссии соответствующих федеральных органов исполнительной власти или вышестоящие военно-врачебные комиссии для вынесения заочного (по документам) заключения об обоснованности (необоснованности) ранее вынесенного заключения. В этом случае вынесенное заочно (по документам) по поручению суда заключение военно-врачебной комиссии не отменяет предыдущее, для суда необязательно и оценивается судом по правилам, установленным для оценки доказательств. Распределение расходов за проведение военно-врачебной экспертизы в указанном случае осуществляется судом по правилам, установленным для соответствующего вида судопроизводства.»*

Предлагаемые изменения в Положение о военно-врачебной экспертизе позволят в полном объеме урегулировать вопросы назначения и проведения военно-врачебной экспертизы в судебном порядке, а также определить сферу действия таких заключений и компенсацию стоимости за проведение, что в итоге скажется на законности, объективности и справедливости выносимых судом решений.

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

Information on conflicts of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Андреев А.В. О необходимости медицинского освидетельствования военно-врачебными комиссиями кандидатов для обучения в общеобразовательных организациях со специальными наименованиями «президентское кадетское училище», «суворовское военное училище», «нахимовское военно-морское училище», «кадетский (морской кадетский) военный корпус» // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2018. № 1 (246). С. 98-103.

2. Бабайцева Е.С. Вопросы исполнения обязанностей военной службы при оказании военнослужащим медицинской помощи или прохождения ими медицинского освидетельствования / Е.С. Бабайцева, В.М. Большакова, П.Ю. Наумов // Военное право. 2021. № 5 (69). С. 78-86.
3. Большакова В.М. Нормативное правовое регулирование обязанности медицинских организаций войск национальной гвардии Российской Федерации по информированию граждан о получении медицинской помощи в рамках программ государственных гарантий / В.М. Большакова, П.Ю. Наумов, Г.В. Енгибарян // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2021. № 4 (285). С. 30-38.
4. Большакова В.М. Медицинское обеспечение как особый вид обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов: комментарий к статье 17.1 Федерального закона «Об обороне» от 31 мая 1996 года / В.М. Большакова, Г.В. Енгибарян, П.Ю. Наумов // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2021. № 2 (283). С. 30-37.
5. Большакова В.М. О некоторых вопросах гармонизации законодательства о судопроизводстве и представительстве: сравнительно-правовая характеристика / В.М. Большакова, П.Ю. Наумов // Актуальные проблемы государства и права. 2021. Т. 5. № 19. С. 373-387.
6. Большакова В.М. Доказательства и доказывание при осуществлении судебной защиты интересов военно-медицинских организаций / В.М. Большакова, П.Ю. Наумов, А.Н. Кононов // Военное право. 2021. № 2 (66). С. 210-217.
7. Большакова В.М. Генезис становления и развития судебной системы Российской Федерации в конце XX – начале XXI века: институциональные и нормативные характеристики // Право и политика. 2021. № 3. С. 26-36.
8. Большакова В.М. Отдельные аспекты организации и осуществления судебной защиты интересов медицинских организаций федеральных органов исполнительной власти, где федеральным законом предусмотрена военная служба / В.М. Большакова, Г.В. Енгибарян, П.Ю. Наумов // Вопросы российского и международного права. 2020. Т. 10, № 12А. С. 49-56.
9. Большакова В.М. Конституционная основа стратегических задач муниципальной службы // Власть. 2018. Т. 26. № 9. С. 48-50.
10. Дамаскин О.В., Холиков И.В. Проблемные вопросы правовой регламентации врачебно-летней экспертизы в России // Представительная власть – XXI век: законодательство, комментарии, проблемы. 2018. № 3 (162). С. 10-13.

11. Иванова С.Н. Общественное здоровье и развитие здравоохранения в регионах России // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 2. С. 47-63. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-47-63>
12. Кичигин Н.В. К вопросу правового регулирования деятельности органов безопасности на территории иностранного государства (на примере организации работы военно-врачебных комиссий) // *Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение*. 2017. № 11 (244). С. 100-104.
13. Климацкая Л.Г. Стратегии совладания со стрессом у студентов во время пандемии COVID-19. Методология исследования совладающего поведения / Л.Г. Климацкая, А.А. Дьячук, Ю.Ю. Бочарова, А.И. Шпаков // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13. № 2. С. 284-302. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-284-302>
14. Климович М.А. Документы в административном судопроизводстве // *Актуальные проблемы российского права*. 2017. № 1 (74). С. 132-141.
15. Корякин В.М. Государственная Дума уточнила некоторые вопросы, связанные с исполнением воинской обязанности // *Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение*. 2018. № 3 (248). С. 2-4.
16. Мохов А.А. Исследование и оценка судом экспертного заключения, полученного в порядке обеспечения нотариусом доказательств // *Судья*. 2014. № 7. С. 22-25.
17. Наумова Л.Ю. Особенности правового регулирования возмещения расходов за оказание услуг военнослужащим войск национальной гвардии Российской Федерации высокотехнологичной медицинской помощи / Л.Ю. Наумова, П.Ю. Наумов, О.М. Пятилышнова, А.С. Гибизов // *Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение*. 2019. № 10 (267). С. 77-82.
18. Наумов П.Ю. Справедливость как объект системного анализа / П.Ю. Наумов, А.А. Утюганов // *Научное мнение*. 2014. № 10-3. С. 34-41.
19. Нестеров А.В. Независимая медицинская экспертиза: юридический аспект // *Медицинское право*. 2016. № 5. С. 16-20.
20. Нестеров А.В. Перспективы развития экспертизы в таможенных целях // *Таможенное дело*. 2019. № 1. С. 33-35.
21. Нестеров А.В. О научных основаниях судебной экспертизы // *Теория и практика судебной экспертизы*. 2018. Т. 13. № 3. С. 123-127.
22. Нестеров А.В. Экспертика: общая теория экспертизы. Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. 261 с.
23. Орловская А.И. О гарантиях граждан, пребывающих в мобилизационном людском резерве // *Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение*. 2016. № 9-10 (230, 231). С. 80-85.

24. Решетников В.А. Особенности медико-социальной характеристики пациентов офтальмологического профиля, не состоящих на динамическом диспансерном наблюдении / В.А. Решетников, А.В. Бадимова, Э.М. Османов, В.В. Козлов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 4. С. 99-114. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-99-114>
25. Рыжов К.Б. Оценка заключения эксперта судом в гражданском процессе // Известия высших учебных заведений. Правоведение. 2009. № 4 (285). С. 29-36.
26. Сливков А.С. О некоторых аспектах реализации прав членов семьи военнослужащего, погибшего (умершего) при следовании к месту военной службы или обратно, на получение отдельных выплат и страховой суммы / А.С. Сливков, Т.С. Шнякина // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2020. № 8 (277). С. 14-27.
27. Согийянен А.А. Основные вопросы правового регулирования медицинского обеспечения подготовки и призыва на военную службу // Военное право. 2014. № 3. С. 192-204.
28. Соколов Я.О. О призыве на военную службу граждан, ранее освобожденных от нее по состоянию здоровья // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2018. № 6 (251). С. 92-96.
29. Харитонов С.С. К вопросу обеспечения законности решений воинских должностных лиц в сфере прохождения военной службы в контексте правоприменительной деятельности // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2019. № 6 (263). С. 18-24.
30. Харитонов С.С. О судебной практике по вопросам прохождения военной службы // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2019. № 10 (267). С. 28-39.
31. Холиков И.В. Законодательное обеспечение медицинского освидетельствования специалистов авиационного персонала государственной авиации / И.В. Холиков, В.С. Вовкодав // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. 2019. № 7 (264). С. 38-44.
32. Холиков И. В. Человеческий фактор безопасности полётов: военно-правовые аспекты / И. В. Холиков, В. С. Вовкодав // Военное право. 2017. № 6 (46). С. 177-179.
33. Чукин С.Г. Справедливость сегодня: нелегкий выбор между распределением и признанием. Статья первая / С.Г. Чукин, П.Ю. Наумов // Идеи и идеалы. 2015. Т. 1, № 2 (24). С. 46-58.
34. Чукин С.Г. Справедливость сегодня: нелегкий выбор между распределением и признанием. Статья вторая / С.Г. Чукин, П.Ю. Наумов // Идеи и идеалы. 2016. Т. 1, № 3 (29). С. 81-92.

35. Шевчук С.С. О некоторых проблемах ограничения субъективных гражданских прав в сфере здравоохранения / С.С. Шевчук, О.В. Ландина // Ленинградский юридический журнал. 2015. № 1 (39). С. 102-110.

References

1. Andreev A.V. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voенно-pravovoe obozrenie*, 2018, no. № 1 (246), pp. 98-103.
2. Babaytseva E.S., Bol'shakova V.M., Naumov P.Yu. *Voенное право*, 2021, no. 5 (69), pp. 78-86.
3. Bol'shakova V.M., Naumov P.Yu., Engibaryan G.V. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voенно-pravovoe obozrenie*, 2021, no. 4 (285), pp. 30-38.
4. Bol'shakova V.M., Engibaryan G.V., Naumov P.Yu. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voенно-pravovoe obozrenie*, 2021, no. 2 (283), pp. 30-37.
5. Bol'shakova V.M., Naumov P.Yu. *Aktual'nye problemy gosudarstva i prava*, 2021, vol. 5, no. 19, pp. 373-387.
6. Bol'shakova V.M., Naumov P.Yu., Kononov A.N. *Voенное право*, 2021, no. 2 (66), pp. 210-217.
7. Bol'shakova V.M. *Pravo i politika*, 2021, no. 3, pp. 26-36.
8. Bol'shakova V.M., Engibaryan G.V., Naumov P.Yu. *Voprosy rossiyskogo i mezhdunarodnogo prava*, 2020, vol. 10, no. 12A, pp. 49-56.
9. Bol'shakova V.M. *Vlast'*, 2018, vol. 26, no. 9, pp. 48-50.
10. Damaskin O.V., Kholikov I.V. *Predstavitel'naya vlast' – XXI vek: zakonodatel'stvo, kommentarii, problem*, 2018, no. 3 (162), pp. 10-13.
11. Ivanova S.N. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 47-63. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-47-63>
12. Kichigin N.V. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh - Voенно-pravovoe obozrenie*, 2017, no. 11 (244), pp. 100-104.
13. Klimatskaya L.G., D'yachuk A.A., Bocharova Yu.Yu., Shpakov A.I. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 284-302. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-284-302>
14. Klimovich M.A. *Aktual'nye problemy rossiyskogo prava*, 2017, no. 1 (74), pp. 132-141.
15. Koryakin V.M. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voенно-pravovoe obozrenie*, 2018, no. 3 (248), pp. 2-4.
16. Mokhov A.A. *Sud'ya*, 2014, no. 7, pp. 22-25.
17. Naumova L.Yu., Naumov P.Yu., Pyatilyshnova O.M., Gibizov A.S. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voенно-pravovoe obozrenie*, 2019, no. 10 (267), pp. 77-82.
18. Naumov P.Yu., Utyuganov A.A. *Nauchnoe mnenie*, 2014, no. 10-3, pp. 34-41.
19. Nesterov A.V. *Meditinskoe pravo*, 2016, no. 5, pp. 16-20.

20. Nesterov A.V. *Tamozhennoe delo*, 2019, no. 1, pp. 33-35.
21. Nesterov A.V. *Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy*, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 123-127.
22. Nesterov A.V. *Ekspertika: obshchaya teoriya ekspertizy* [Expertise: a general theory of expertise]. Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2014, 261 p.
23. Orlovskaya A.I. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2016, no. 9-10 (230, 231), pp. 80-85.
24. Reshetnikov V.A., Badimova A.V., Osmanov E.M., Kozlov V.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 99-114. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-99-114>
25. Ryzhov K.B. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pravovedenie*, 2009, no. 4 (285), pp. 29-36.
26. Slivkov A.S., Shnyakina T.S. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2020, no. 8 (277), pp. 14-27.
27. Sogiyaynyn A.A. *Voennoe pravo*, 2014, no. 3, pp. 192-204.
28. Sokolov Ya.O. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2018, no. 6 (251), pp. 92-96.
29. Kharitonov S.S. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2019, no. 6 (263), pp. 18-24.
30. Kharitonov S.S. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2019, no. 10 (267), pp. 28-39.
31. Kholikov I.V., Vovkodav V.S. *Pravo v Vooruzhennykh Silakh – Voennopravovoe obozrenie*, 2019, no. 7 (264), pp. 38-44.
32. Kholikov I. V., Vovkodav V. C. *Voennoe pravo*, 2017, no. 6 (46), pp. 177-179.
33. Chukin S.G., Naumov P.Yu. *Idei i idealy*, 2015, vol. 1, no. 2 (24), pp. 46-58.
34. Chukin S.G., Naumov P.Yu. *Idei i idealy*, 2016, vol. 1, no. 3 (29), pp. 81-92.
35. Shevchuk S.S., Landina O.V. *Leningradskiy yuridicheskiy zhurnal*, 2015, no. 1 (39), pp. 102-110.

ВКЛАД АВТОРОВ

Авторы статьи внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и вычитали финальную версию статьи перед публикацией.

Наумов П.Ю.: разработал идею и концепцию работы, участвовал в анализе нормативных правовых актов и правоприменительной практики по проблеме исследования, участвовал в формулировке выводов работы.

Большакова В.М.: развивала авторскую идею, разрабатывала основную гипотезу, осуществляла поиск литературных источников, участвовала

в анализе данных и синтезе выводов, сформулировала итоговую редакцию результатов исследования и выводов.

Землин А.И.: выстроил методологию исследования, осуществлял сбор и анализ нормативных правовых актов, правоприменительной практики, разрабатывал и апробировал исследовательский инструментарий, разработал первичную редакцию результатов исследования и выводов.

Холиков И.В.: осуществлял сбор и анализ нормативных правовых актов, правоприменительной практики, разрабатывал и апробировал исследовательский инструментарий, разработал первичную редакцию результатов исследования и выводов, а также участвовал в подготовке их итоговой редакции.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication.

Petr Y. Naumov: developed the idea and the concept of the article, participated in the analysis of normative legal acts and legal practice on the problem issues of the research, took part in drawing the conclusions.

Valentina M. Bolshakova: promoted the idea, developed the main hypothesis, performed the search of literature, participated in the analysis of data and synthesis of conclusions, formulated the final version of the research results and conclusions.

Alexander I. Zemlin: elaborated the methodology of research, performed the collection and analysis of normative legal acts, legal practice, developed and tested the research tools, drafted the initial research results and conclusions.

Ivan V. Kholikov: performed the collection and analysis of normative legal acts, legal practice, developed and tested the research tools, drafted the initial research results and conclusions as well as participated in formulation of their final version.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Наумов Петр Юрьевич, кандидат педагогических наук, помощник начальника Центра по правовой работе

ФГКУЗ «Центр военно-врачебной экспертизы войск национальной гвардии Российской Федерации»

*ул. Красноказарменная, 9а, г. Москва, 111250, Российская Федерация
petr.naumov.777@mail.ru*

Большакова Валентина Михайловна, кандидат юридических наук, доцент, адвокат Нижегородской областной коллегии адвокатов, доцент кафедры конституционного и административного права

*Нижегородский институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
проспект Гагарина, 49, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация
valentinabolshakova@rambler.ru*

Землин Александр Игоревич, доктор юридических наук, кандидат философских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой «Транспортное право» Юридического института, научный руководитель направления «Транспортная безопасность» Научно-экспертного совета Центра исследования проблем безопасности Российской академии наук ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»
ул. Образцова, 9, стр. 9, ГСП-4, г. Москва, 127994, Российская Федерация
zemlin.aldr@yandex.ru

Холиков Иван Владимирович, доктор юридических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела международного права, профессор кафедры международного и европейского права ФГНИУ «Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации»
ул. Б. Черемушкинская, 34, Москва, 117218, Российская Федерация
iv_kholik@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Petr Y. Naumov, Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant to the Head of the Center for Legal Work
Center for military medical expertise of the troops of the national guard of the Russian Federation
9a, Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250, Russian Federation
petr.naumov.777@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2875-2322>
SPIN-code: 2750-3053

Valentina M. Bolshakova, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor, Attorney at the Lower City Regional Bar Association, Associate Professor of the Department of Constitutional and Administrative Law

Nizhny Novgorod Institute of Management – a branch of the Russian Academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation

49, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

valentinabolshakova@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7490-3443>

SPIN-code: 8988-0871

Alexander I. Zemlin, Doctor of Law, PhD in Philosophy, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Transport Law of the Law Institute, Head of the Direction «Transport security» of the Scientific Expert Council of the Center for research of security problems of the Russian academy of sciences

Russian University of Transport (MIIT)

9/9, Obraztsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation

zemlin.aldr@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8988-8517>

SPIN-code: 1741-0737

Ivan V. Kholikov, Doctor of Law, Professor, Chief Researcher of International Law Section, Professor of the Chair of International and European law *Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation*

34, B. Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russian Federation

iv_kholik@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0421-5829>

SPIN-code: 7311-5596

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-307-323

УДК 004.925.8:57.085

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИОРГАННОГО СОСУДИСТОГО РУСЛА МЕТОДАМИ ПРОЦЕДУРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВА

О. Зенин, Ю.Н. Косников, Э.С. Кафаров

Обоснование. В настоящее время электронные методы информирования в медицине получают все более широкое распространение. Дополнительным толчком к развитию дистанционных информационных технологий явилась пандемия COVID-19. В связи с этим создание медицинских систем электронного обучения, в частности, предназначенных для изучения анатомии сосудистых русел человека, следует считать актуальным.

Целью работы является повышение реалистичности визуального представления сосудистого русла внутренних органов человека путем создания универсальной компьютерной 3d-модели, базирующейся на результатах морфометрии реальных сосудистых деревьев.

Материалы и методы. Применение данных морфометрии реальных сосудистых деревьев, геометрическое моделирование на плоскости, геометрическое моделирование в пространстве, процедурная пространственная трансформация модели сосудистого русла по закону логарифмической спирали.

Результаты. Предложена двухэтапная последовательность построения геометрической 3d-модели. Модель строится из фрагментов русла – бифуркаций (дихотомий). На первом этапе на базе морфометрических данных о геометрии реальных сосудистых русел строится математическая 2d-модель фрагмента русла, которая отражает структуру и количественные характеристики сосудистых бифуркаций (дихотомий). На втором этапе добавляется информация о третьей пространственной координате элементов сосудистого русла и строится процедурная 3d-модель фрагмента. Для повышения наглядности модели введены возможность изгиба сосудов и различие диаметров их начальной и конечной точек.

Заключение. Представлена универсальная 3d-модель древовидной структуры на примере внутриорганным сосудистого русла. Подобные модели могут использоваться в качестве наглядных учебных пособий в системе электронного дистанционного образования. Для повышения информативной и

образовательной ценности модели в нее можно добавлять визуальные образы различных патологий сосудистого русла.

Ключевые слова: виртуальная анатомия; сосудистое русло органа; бифуркация; уравнения Murray C.D.; 2d-модель; 3d-модель

Для цитирования. Зенин О., Косников Ю.Н., Кафаров Э.С. Моделирование внутриоргана сосудистого русла методами процедурно-математической трансформации пространства // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 307-323. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-307-323

MODELING INTRAORGAN VASCULATURE USING PROCEDURAL AND MATHEMATICAL SPACE TRANSFORMATIONS

O. Zenin, Yu.N. Kosnikov, E.S. Kafarov

Background. The electronic methods in medicine are getting more widespread. The COVID-19 pandemic forced remote IT technologies to develop. It is necessary to create medical e-learning systems, in particular, to study anatomy of human organ vasculatures.

Purpose. To create universal and realistic 3d-model of intraorgan vasculatures based on the vasculature morphometry results.

Materials and methods. Morphometric data of real vascular networks, geometric modeling in plane and in scape, procedural spatial transformation of the vasculature according to the law of a logarithmic spiral were used.

Results. A two-staged sequence for construction a geometric 3d-model is proposed. The model is built of the units of vasculature, which are called bifurcations (dichotomies). At the first stage, mathematical 2d-model of a vascular network fragment is build based on morphometric data of the geometry of vasculature. It reflects the structure and quantitative characteristics of the vascular bifurcations (dichotomies). At the second stage, data about third special coordinate is added and a procedural 3d-model of the fragment is built. To increase the accuracy of the model, the ability to bend the vessels and to differ diameters of their starting and ending points have been added.

Conclusion. The universal 3d-model of a tree-like structure is presented as a visualization of the intraorgan vasculature. These models can be used as visual teaching aids in online education environment. To increase the informative and educational value of the model, visual images of various pathologies of the vasculature can be added.

Keywords: virtual anatomy, organ vasculature, bifurcation, C.D. Murray's equations, 2d-model, 3d-model

For citation. Zenin O., Kosnikov Yu.N., Kafarov E.S. Modeling intraorgan vasculature using procedural and mathematical space transformations. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 307-323. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-307-323

Список сокращений: СКО – система координат органа; СКБ – система координат бифуркации; D, d_1, d_2 – диаметры материнского и дочерних сегментов; L – длина сегмента; α_1, α_2 – углы отклонения осей дочерних сегментов от оси материнского сегмента.

В настоящее время электронные учебники, компьютерные анатомические атласы, виртуальные 3d-модели органов животных и человека все шире применяются в мире для дистанционного информирования и обучения. Дополнительным толчком к развитию электронного дистанционного обучения явилась пандемия COVID-19. В связи с этим создание медицинских средств электронного обучения, в частности, предназначенных для визуального представления анатомии кровеносной системы человека, следует считать актуальным.

Основное требование, предъявляемое к медицинским обучающим моделям, – адекватное представление типичных конфигураций различных сосудистых деревьев, как в норме, так и с патологией. Кроме того, модель должна простыми средствами настраиваться на тот или иной орган или патологию. Исходными данными для построения моделей учебного назначения являются значения параметров, количественно характеризующие сосудистые деревья. Последние могут быть получены путем статистической обработки результатов морфометрии реальных кровеносных систем или численного моделирования [1, 2].

Входными данными для построения 3d-моделей служат значения морфометрических параметров сосудистых русел, полученные путем исследования реальных анатомических объектов. Используются медицинские изображения, полученные путем компьютерной ангиографии с применением методов компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, оптической когерентной томографии, стереорадиографии, рентгеновского и ультразвукового исследования и др. Конфигурации сосудистой системы выделяются из этих результатов путем сегментации [9, 16]. Дальнейшая компьютерная обработка выделенных сегментов позволяет определить численные значения их параметров [8, 17, 18]. Другим источником исходной информации являются коррозийные препараты реальных органов [2, 6, 7]. Численные значения параметров кровеносных сосудов определяются путем прямых измерений [1]. Однако практика показывает, что технические средства мониторинга имеют ограниченное

разрешение [11]. Получение объективной геометрической информации от коррозионных препаратов также встречает трудности [1, 2, 6]. На этих физических моделях относительно уверенно устанавливаются линейные параметры сосудов (длины их отрезков) и их диаметры. Угловые параметры по причине нерегулярной формы и разветвленности древообразной структуры сосудов точно определить затруднительно.

Целью работы является обоснование и описание комбинированного способа построения геометрической модели сосудистого дерева. Способ основан на использовании доступных для измерения параметров сосудов и процедурно-математического моделирования. Существуют математические выражения, устанавливающие соотношения между параметрами сегментов кровеносной системы. Эти выражения предложены Murray C.D. [14]. Первой задачей исследования является применение этих формул в сочетании с методами геометрического моделирования на плоскости, что дает математическую 2d-модель кровеносной системы. Вторая задача заключается в добавлении в 2d-модель информации о третьей пространственной координате, благодаря чему выполняется процедурный переход к 3d-модели.

Материалы и методы

Для построения модели сосудистого русла применены методы процедурно-математической трансформации пространства. Построение сосудистого дерева идет последовательно по шагам. На каждом шаге в дерево добавляется одна бифуркация. Бифуркация представляет собой разветвление кровеносных сосудов: материнский (проксимальный) сегмент бифуркации разветвляется на два дочерних (дистальных) сегмента. Исходными данными для описания бифуркации служат длины и диаметры сегментов.

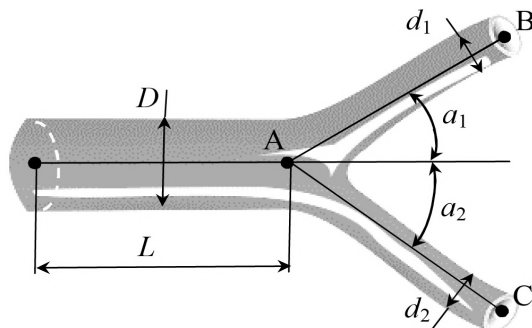


Рис. 1. Общий вид сосудистой бифуркации

Вид типичной бифуркации с применяемыми обозначениями приведен на рис. 1: отрезок OA – материнский (проксимальный) сегмент, отрезки AB, AC – дочерние (дистальные) сегменты; D, d_1, d_2 – диаметры материнского и дочерних сегментов; L – длина сегмента; a_1, a_2 – углы отклонения осей дочерних сегментов от оси материнского сегмента.

Сначала очередная бифуркация размещается в своей локальной (вспомогательной) системе координат. Координаты конечных точек дочерних сегментов очередной бифуркации находятся в этой системе координат с помощью математических выражений С.Д. Мургау. Затем выполняются поворот и установка очередной бифуркации в заданный узел дерева таким образом, что ось материнского сегмента совпадает с осью дочернего сегмента предыдущей бифуркации. Для этого используются матричные аффинные преобразования сдвига и поворота на плоскости. Эти операции относятся к построению 2d-модели и представляют собой математическую трансформацию двумерного пространства. Далее осуществляется поворот бифуркации вокруг оси ее материнского сегмента в трехмерном пространстве. Процедурное размещение бифуркаций в пространстве осуществляется по характерному для природных объектов закону логарифмической спирали. Поворот выполняется с помощью матричного аффинного преобразования поворота. После этого очередная бифуркация устанавливается в заданный узел дерева, но уже в трехмерном пространстве. Тем самым задается окончательное пространственное расположение текущей бифуркации, и возникает 3d-модель.

Результаты

Решение геометрических задач

В объеме органа вводится глобальная система координат – система координат органа (СКО). Сосудистое дерево размещается в СКО так, чтобы первое разветвление совпало с началом координат, а продольная ось входного (проксимального) сосудистого сегмента совпала с вертикальной осью СКО. В качестве СКО использована левая декартова система координат, горизонтальная ось x^o которой направлена вправо, вертикальная ось y^o – вниз, ось глубины z^o – на наблюдателя.

На первом этапе моделирование выполняется в плоскости $x^o y^o$. Исходными данными для каждой бифуркации являются результаты измерений, а дополнительные данные вычисляются по формулам. К текущей бифуркации, как к материнской, пристыковываются две дочерние (дистальные), к ним, в свою очередь, еще четыре и т.д. Разветвление очеред-

ной бифуркации размещается в заданном узле дерева, а ось материнского (проксимального) сегмента очередной бифуркации должна совпадать с осью предыдущей бифуркации, у которой конец попал в заданный узел.

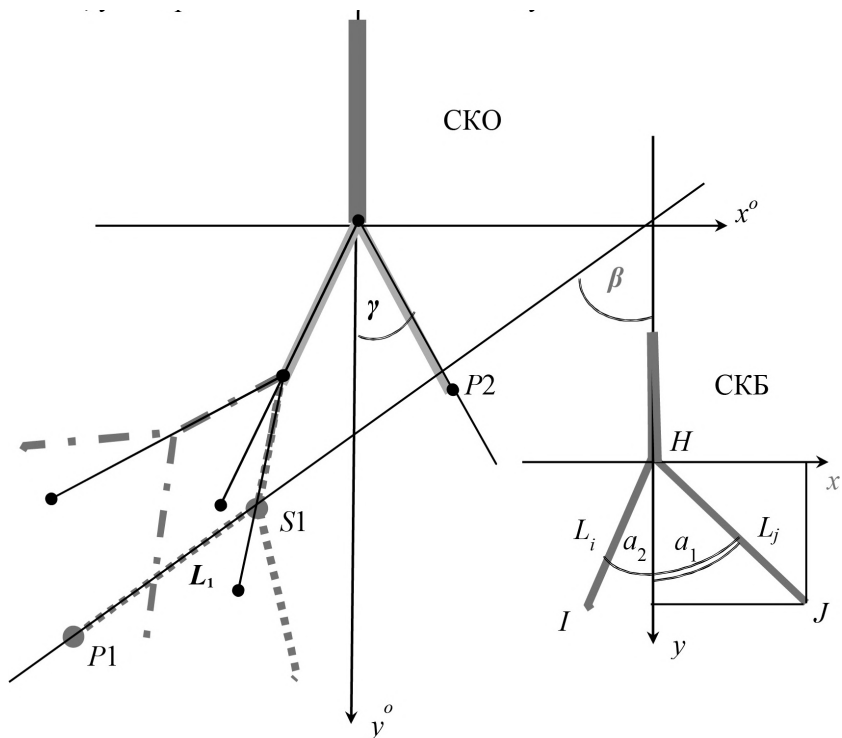


Рис. 2. Глобальная (СКО) и локальная (СКБ) системы координат для размещения сосудистого русла органа и его фрагментов

Геометрические преобразования на плоскости выполняются следующим образом. Очередная бифуркация размещается в своей локальной системе координат бифуркации (СКБ). Ее оси направлены параллельно осям СКО или совпадают с ними. Разветвление бифуркации размещается в начале координат СКБ. На рис.2 показаны система координат органа СКО (x^o , y^o), положение некоторой предыдущей бифуркации в СКО (точечными линиями) и очередная бифуркация, размещенная в локальной СКБ. Координаты конечных точек I, J дочерних сегментов очередной бифуркации находятся в СКБ с помощью математических выражений [5, 14, 15].

Они устанавливают связь между углами, образованными осями дочерних ответвлений и осью материнского сегмента. На рис. 1, 2 эти углы обозначены a_1 и a_2 . Выражения имеют вид:

$$\cos\alpha_1 = \frac{D^4 + d_{\max}^4 - d_{\min}^4}{2D^2 d_{\max}^2}, \quad \cos\alpha_2 = \frac{D^4 + d_{\min}^4 - d_{\max}^4}{2D^2 d_{\min}^2}, \quad (1)$$

где D – диаметр материнского сегмента; d_{\max} и d_{\min} – больший и меньший из диаметров дочерних ответвлений бифуркации.

Декартовы координаты точек I, J в СКБ находятся из выражений

$$\left. \begin{aligned} x_j &= L_j \sin a_1, & y_j &= L_j \cos a_1, \\ x_i &= -L_i \sin a_2, & y_i &= L_i \cos a_2, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где L_j, L_i – длины сегментов HJ и HI , соответственно.

Для установки очередной бифуркации в заданный узел дерева, например, в т. $P1$, необходимо повернуть точки I, J в плоскости xu по часовой стрелке на угол β вокруг точки H (вокруг начала координат СКБ), а затем переместить в т. $P1$, сложив координаты точек I, J с координатами т. $P1$ с учетом их знаков. Такая последовательность действий нужна для размещения очередной бифуркации в левой части дерева. Если же бифуркация размещается в правой части дерева, например, в узле $P2$ на рис. 2, то поворот выполняется на угол γ против часовой стрелки, как это видно из рисунка. Затем выполняется суммирование координат точек I, J с координатами т. $P2$ с учетом их знаков. Полученные координаты запоминаются, они далее используются для размещения следующих разветвлений на плоскости. В общем случае очередная бифуркация устанавливается в заданный узел дерева, являющийся конечной точкой дистального сегмента предыдущей бифуркации. Координаты x_s, y_s, x_p, y_p начальной S и конечной P точек дистального сегмента известны, тогда угол поворота очередной бифуркации ϕ определяется выражением

$$\phi = \text{sign}(x_p - x_s) \arccos \frac{y_p - y_s}{\sqrt{(x_p - x_s)^2 + (y_p - y_s)^2}}. \quad (3)$$

Поворот выполняется путем умножения координат конечных точек дочерних сегментов очередной бифуркации на матрицу поворота, которая в общем (пространственном) случае имеет вид

$$RT_z = \begin{vmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

На втором этапе моделирования осуществляется переход от 2d- к 3d-модели. Для этого бифуркацию следует дополнительно повернуть вокруг оси

у СКБ, то есть вокруг оси материнского сегмента. Пространственный угол поворота бифуркаций обозначен ψ , выбор его значений описан ниже.

На первом этапе моделирования после поворота бифуркации вокруг координатной оси z ось бифуркации принимает некоторое направление, не совпадающее с направлением ни одной координатной оси, однако до перемещения в заданный узел дерева она по-прежнему проходит через начало координат СКБ (и СКО). Матрица пространственного поворота точки вокруг оси, проходящей через начало координат, имеет вид:

$$RT = \begin{pmatrix} n_1^2 + (1 - n_1^2)\cos\psi & n_1n_2(1 - \cos\psi) + n_3\sin\psi \\ n_1n_2(1 - \cos\psi) - n_3\sin\psi & n_2^2 + (1 - n_2^2)\cos\psi \\ n_1n_3(1 - \cos\psi) + n_2\sin\psi & n_2n_3(1 - \cos\psi) - n_1\sin\psi \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} n_1n_3(1 - \cos\psi) - n_2\sin\psi & 0 \\ n_2n_3(1 - \cos\psi) + n_1\sin\psi & 0 \\ n_3^2 + (1 - n_3^2)\cos\psi & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Величина угла поворота ψ определяется в соответствии с законом логарифмической спирали. С одной стороны, этот закон присущ природным объектам в силу удовлетворения физическим закономерностям их строения, с другой стороны, он позволяет достигнуть характерной для природных объектов гармонии внешнего вида. Логарифмическая спираль прослеживается в геометрических формах многих природных объектов и характеризуется минимумом функционала потенциальной энергии кривой. Логарифмические спирали называют даже линиями жизни [10], настолько часто они встречаются в живой природе. С другой стороны, логарифмическая спираль входит в число так называемых эстетических кривых, имеющих гармоничный внешний вид. В этот класс входит множество типов кривых, причем многие из них при задании определенных количественных параметров сходятся к логарифмической спирали [3, 4, 19].

Поворот бифуркации в пространстве выполняется таким образом, чтобы на проекции (в плоскости xz СКО) угол между плоскостью бифуркации и радиусом-вектором, проведенным в разветвление бифуркации из точки пересечения плоскости xz осью u , был постоянным и соответствовал геометрии логарифмической спирали и количественным характеристикам модели. Используя известные математические выражения, описывающие

логарифмическую спираль [12, 13], можно определить угол пространственного поворота i -й бифуркации:

$$\psi_i = \arccos \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2 + z_i^2}} - \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{2\pi} \ln \frac{x_{\max}}{x_{\min}} \right), \quad (6)$$

где x_i, z_i – координаты разветвления i -й бифуркации в плоскости проекции; x_{\min} – координата начала спирали, т.е. точки разветвления с минимальной ненулевой координатой; x_{\max} – координата конца спирали, т.е. точки разветвления с максимальной координатой.

Пространственные повороты бифуркаций устраняют их пересечения, которые могут возникнуть при построении 2d-модели. Например, на рис. 2 показаны пунктирной и штрихпунктирной линиями две пересекающиеся бифуркации. После их поворотов вокруг осей материнских сегментов бифуркации «разойдутся» в пространстве, и пересечение пропадет.

После поворота вокруг своей оси бифуркация устанавливается в заданный узел дерева. Для этого выполняется параллельный сдвиг бифуркации путем сложения координат концов сегментов с координатами узла (x_p^o, y_p^o, z_p^o). Сдвиг в трехмерном пространстве описывается матрицей

$$TR = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x_p^o & y_p^o & z_p^o & 1 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Полученные координаты запоминаются, они далее используются для размещения следующих разветвлений в пространстве СКО. Таким образом, в ходе моделирования строятся параллельно две модели: вспомогательная 2d-модель и итоговая 3d-модель.

В итоге установка очередной бифуркации на заданное место сосудистого дерева описывается суперпозицией матричных преобразований (4), (5), (7) в однородных координатах [14]:

$$|x^o \ y^o \ z^o \ 1| = |x \ y \ z \ 1| \cdot RT_z \cdot RT \cdot TR. \quad (8)$$

Суперпозиция $RT_z \cdot RT \cdot TR$ может быть найдена в общем виде с помощью перемножения матриц и представлена как матрица текущего геометрического преобразования. В качестве координат x_p^o, y_p^o, z_p^o при установке очередной бифуркации используются координаты конца материнского (проксимального) сегмента бифуркации, которые найдены при установке предыдущей бифуркации. В ней материнский (проксимальный) сегмент очередной бифуркации являлся одним из дочерних (дистальных) сегментов. Углы поворота ϕ и ψ вычисляются по выражениям (3), (6).

Повышение реалистичности изображения

Для повышения реалистичности изображения сосудов их сегменты нужно представить изогнутыми трубками. В большинстве случаев дочерние сегменты бифуркации имеют диаметры меньшего размера, чем диаметр материнского сегмента. Это обстоятельство не позволяет стыковать материнский и дочерние сегменты модели без щелей, если сегменты представлены в форме цилиндров. Чтобы обеспечить стыковку сегментов без щелей, на практике применяют различные искусственные приемы, например, между материнским и дочерними сегментами помещают сферические вставки, перекрывающие щели. Для стыковки сегментов без щелей предлагается другой подход, не требующий дополнительных геометрических элементов. Размерам конца материнского (проксимального) сегмента нужно придать размеры начала дочернего (дистального) сегмента, то есть придать сегменту форму, близкую к форме изогнутого усеченного конуса.

Исходные данные для моделирования сосудов переменного диаметра берутся из результатов измерений геометрических характеристик кровеносной системы. Это диаметр начала сегмента, диаметр конца сегмента (он равен диаметру начала следующего сегмента) и длина сосуда. Диаметр сегмента изменяется от начального до конечного значения плавно, по линейному закону. Сегмент может быть прямолинейным и криволинейным (изогнутым).

Изогнутый сегмент представляется последовательностью фрагментов, близких по форме к усеченным конусам, причем начальное (верхнее) основание последующего фрагмента – это конечное (нижнее) основание предыдущего фрагмента. Оси фрагментов расположены под углом друг к другу, благодаря чему и создается изгиб сегмента. Плоскость нижнего (конечного) основания фрагмента перпендикулярна оси фрагмента, а плоскость верхнего (начального) основания фрагмента расположена по отношению к оси фрагмента под углом, отличающимся от прямого. Таким образом, плоскости оснований одного фрагмента не параллельны, что обеспечивает стыковку фрагментов в сегменте.

Каждое основание фрагмента задается набором характерных точек. В ходе моделирования соответствующие друг другу точки двух наборов соединяются четырехугольными гранями, благодаря чему получается криволинейная поверхность. Для размещения фрагмента в заданном месте СКО, в общем случае, нужно выполнить три пространственных поворота фрагмента, а затем переместить его. После этого точки, принадлежащие фрагменту, принимают нужные для построения положения. Их координаты пересчитываются в СКО и используются для построения конуса. Так строится каждый фрагмент.

Обсуждение

Предложенный подход моделирования на основе методов процедурно-математической трансформации пространства характеризуется универсальностью, так как использует только числовые данные геометрии сосудов. Они могут относиться к любому органу (почка, печень, селезенка) и руслу (артериальное или венозное). Алгоритмы моделирования при этом не изменяются, могут изменяться лишь их количественные параметры.

Для практического построения 3d-модели могут применяться различные графические средства, например, графические библиотеки Direct3D, OpenGL, Vulkan. На рисунке 3 показан результат визуализации 3d-модели внутриорганного артериального русла почки.

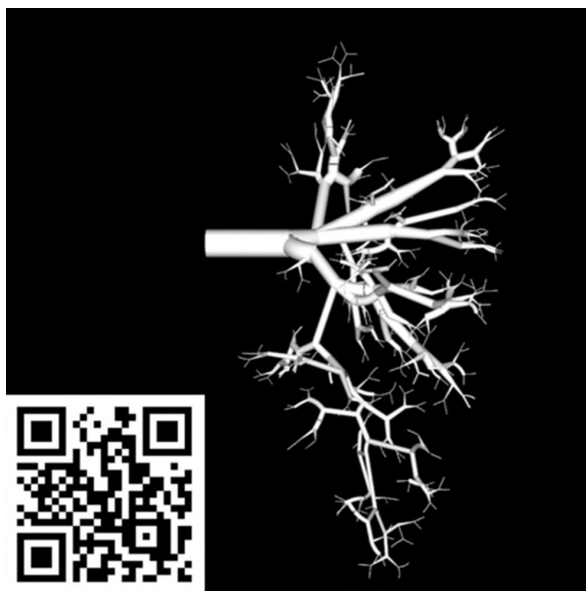


Рис. 3. 3d-модель внутриорганного артериального русла почки

Модель получена в среде программирования Lazarus с применением команд графической библиотеки. Основным геометрическим примитивом модели является закрасненный полигон, задаваемый четырьмя угловыми вершинами. В конечном варианте имеется функция устранения щелей. Во-первых, отсеки бифуркаций имеют переменный диаметр: большее зна-

чение диаметра берется из данных измерения текущего отсека, а меньшее значение – из данных измерения следующего отсека. Во-вторых, применен алгоритм z-буфера компьютерной графики.

Реальные кровеносные сосуды характеризуются разнообразием форм. В связи с этим, кроме геометрических характеристик, каждый сегмент должен иметь признак изгиба (дуга, парабола, выпукло-вогнутая форма). Форма сегмента задается с помощью приращений угла наклона его фрагментов ϕ во вспомогательной системе координат. Кроме того, поворот фрагментов в составе бифуркации на угловые приращения ψ по закону логарифмической спирали дает «закручивание» сосудистого дерева в пространстве. Направлением дальнейшего развития предложенного подхода является моделирование кровеносной системы с патологиями.

Заключение

В результате исследований предложен подход к созданию реалистических пространственных моделей, предназначенный для визуализации сосудистых систем органов человека. В основу моделирования положены методы процедурно-математической трансформации пространственных древовидных структур.

Своеобразие предложенного подхода заключается в параллельном построении 2d- и 3d-моделей. Математическая 2d-модель применяется для задания структуры сосудистой системы с количественно верными геометрическими характеристиками сосудов. 3d-модель является результатом процедурной трансформации 2d-модели. Ход трансформации отвечает характерному для природных объектов закону логарифмической спирали.

При построении модели в качестве исходных данных используются геометрические характеристики сосудов реальных органов, что повышает достоверность созданных визуальных образов. Полученная модель характеризуется универсальностью и может при замене исходных данных представлять сосудистые системы различных органов.

Предложенный подход процедурно-математического моделирования может применяться для создания пространственных моделей органов человека в электронных атласах, автоматизированных обучающих системах, облачных сервисах, используемых для самостоятельной индивидуальной работы.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ №18-29-09118

Список литературы

1. Артериальная система человека в цифрах и формулах / О.К. Зенин [и др.]. Донецк: Донбасс, 2002. 196 с.
2. Зенин О.К. Исследование закономерностей строения русла коронарных артерий человека / О.К. Зенин, Н.Н. Кизилова, Е.Н. Филиппова // Биофизика. 2007. Т. 52, № 5. С. 924-930.
3. Зиатдинов Р.А. О некоторых классах плоских кривых с монотонной функцией кривизны, их эстетической функции и приложениях в промышленном дизайне / Р.А. Зиатдинов, Р.И. Набиев, К.Т. Миура // Вестник Московского авиационного института. 2013. Т. 20, № 2. С. 209-218.
4. Набиев Р.И. Эстетический анализ плоских кривых с монотонной функцией кривизны. 1. Псевдоспираль / Р.И. Набиев, Р.А. Зиатдинов // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2013): Труды 13-й Международной конференции. под редакцией Е.И. Артамонова. ООО «Аналитик», 2013. С. 234-235.
5. Соответствие углов слияния подкожных вен человека правилам Ру в математической интерпретации Мюррея / Н.Р. Урманцева [и др.] // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2020. Т. 31, № 2. С. 79-91. <https://doi.org/10.26117/2079-6641-2020-31-2-79-91>
6. Способ изготовления анатомических препаратов головного мозга человека с инъекцией сосудов цветным силиконом (техническое описание) / М.А. Шкарубо [и др.] // «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2018. Т. 82, № 2. С. 59-64.
7. A Very Quickly Prepared, Colored Silicone Material for Injecting into Cerebral Vasculature for Anatomical Dissection: A Novel and Suitable Material for both Fresh and Non-Fresh Cadavers / K. Urgun [et al.] // Turkish Neurosurgery. 2016. Vol. 26. № 4. P. 568-573. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.12293-14.1>
8. Bajaj C. Modeling Cardiovascular Anatomy from Patient-Specific Imaging / C. Bajaj, S. Goswami // Advances in Computational Vision and Medical Image Processing. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. P. 1-28.
9. Blood vessel segmentation algorithms — Review of methods, datasets and evaluation metrics / S. Moccia [et al.] // Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2018. Vol. 158. P. 71-91. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.02.001>
10. Cook T.A. The Curves of Life / T.A. Cook. — New York: Courier Dover Publications, 1979. 479 p.
11. Fusion of Resampled 3D MR Images for Geometric Modeling of Blood Vessels / M. Kocinski [et al.] // 2018 International Conference on Signals and

- Electronic Systems (ICSES). IEEE, 2018. P. 218-223. <https://doi.org/10.1109/ICSES.2018.8507273>
12. Hemenway P. The Secret Code : the mysterious formula that rules art, nature, and science. / P. Hemenway. London: Taschen UK, 2008. 208 p.
 13. Logarithmic spiral - Wikipedia [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Logarithmic_spiral (дата обращения: 22.11.2021).
 14. Murray C.D. The physiological principle of minimum work applied to the angle of branching of arteries / C.D. Murray // Journal of General Physiology. 1926. Vol. 9, № 6. P. 835-841. <https://doi.org/10.1085/jgp.9.6.835>
 15. Rosen R. Optimality Principles in Biology. Optim. Princ. Biol. / R. Rosen. Boston, MA: Springer US, 1967. 198 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6419-9>
 16. Settecase F. Advanced vascular imaging techniques / F. Settecase, V.L. Rayz // Handbook of Clinical Neurology. 2021. P. 81-105. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64034-5.00016-X>
 17. Vessel Visualization using Curved Surface Reformation / T. Auzinger [et al.] // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2013. Vol. 19. № 12. P. 2858-2867. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.215>
 18. Wischgoll T. Modeling and Visualization of Cardiovascular Systems / T. Wischgoll // Scientific Visualization: Advanced Concepts. Dagstuhl: Schloss Dagstuhl--Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2010. P. 210-226. <https://doi.org/10.4230/DFU.SciViz.2010.210>
 19. Yoshida N. Interactive Control of Planar Class A Bézier Curves using Logarithmic Curvature Graphs / N. Yoshida, T. Hiraiwa, T. Saito // Computer-Aided Design and Applications. 2008. Vol. 5. № 1-4. P. 121-130. <https://doi.org/10.3722/cadaps.2008.121-130>

References

1. *Arterial'naya sistema cheloveka v tsifrah i formulakh* [Human arterial system in numbers and formulas] / O.K. Zenin [et al.]. Donetsk: Donbass, 2002, 196 p.
2. Zenin O.K., Kizilova N.N., Filippova E.N. Issledovanie zakonornostey stroeniya rusla koronarnykh arteriy cheloveka [Studies on the structure of human coronary vasculature] *Biofizika* [Biophysics], 2007, vol. 52, no. 5, pp. 924-930.
3. Ziatdinov R.A., Nabiev R.I., Miura K.T. O nekotorykh klassakh ploskikh krivykh s monotonnoy funktsiyey krivizny, ikh esteticheskoy funktsii i prilozheniyakh v promyshlennom dizayne [On some classes of plane curves with a monotonic function of curvature, their aesthetic function and applications in industrial design]. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta* [Herald of Moscow Aviation Institute], 2013, vol. 20, no. 2, pp. 209-218.

4. Nabiev R.I., Ziatdinov R.A. Esteticheskiy analiz ploskikh krivyykh s monotonnoy funktsiyey krivizny. 1. Psevdo-spirali [Aesthetic analysis of plane curves with a monotonic curvature function. 1. Pseudo-spirals]. *Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (CAD/CAM/PDM - 2013): Trudy 13-y Mezhdunarodnoy konferentsii. pod redaktsiyey E.I. Artamonova* [Systems of design, technological preparation of production and management of the stages of the life cycle of an industrial product (CAD / CAM / PDM - 2013): Proceedings of the 13th International Conference. edited by E.I. Artamonov.]. OOO «Analitik», 2013. P. 234-235.
5. Urmantseva N.R. et al. Sootvetstvie uglov sliyaniya podkozhnykh ven cheloveka pravilam Ru v matematicheskoy interpretatsii Myurreya [Correspondence of angles of fusion of human saphenous veins to Roux's rules in the mathematical interpretation of Murray]. *Vestnik KRAUNTS. Fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of KRAUNTS. Physics and mathematics], 2020, vol. 31, no. 2, pp. 79-91. <https://doi.org/10.26117/2079-6641-2020-31-2-79-91>
6. Shkarubo M.A. et al. Sposob izgotovleniya anatomicheskikh preparatov golovno mozga cheloveka s in'ektsiyey sosudov tsvetnym silikonom (tekhnicheskoe opisaniye) [A method for the manufacture of anatomical preparations of the human brain with the injection of vessels with colored silicone (technical description)]. *Voprosy neyrokhirurgii» imeni N.N. Burdenko* [Questions of neurosurgery NN Burdenko], 2018, vol. 82, no. 2, pp. 59-64.
7. Urgun, Kamran, Zafer Orkun Toktas, Akin Akakin, Baran Yilmaz, Soner Sahin, and Turker Kilic. A Very Quickly Prepared, Colored Silicone Material for Injecting into Cerebral Vasculature for Anatomical Dissection: A Novel and Suitable Material for Both Fresh and Non-Fresh Cadavers. *Turkish Neurosurgery*, 2016, vol. 26, no. 4, pp. 568–73. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.12293-14.1>
8. Bajaj, Chandrajit, and Samrat Goswami. Modeling Cardiovascular Anatomy from Patient-Specific Imaging. *Advances in Computational Vision and Medical Image Processing*, 2009, pp. 1–28.
9. Moccia, Sara, Elena De Momi, Sara El Hadji, and Leonardo S. Mattos. Blood Vessel Segmentation Algorithms — Review of Methods, Datasets and Evaluation Metrics. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2018, vol. 158, pp. 71–91. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.02.001>
10. Cook, Theodore Andrea. *The Curves of Life*. New York: Courier Dover Publications, 1979, 479 p.
11. Kocinski, Marek, Andrzej Materka, Marcin Elgalal, and Agata Majos. Fusion of Resampled 3D MR Images for Geometric Modeling of Blood Vessels. *2018 International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES)*, pp. 218–223. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/ICSES.2018.8507273>

12. Hemenway, Priya. *The Secret Code : The Mysterious Formula That Rules Art, Nature, and Science*. London: Taschen UK, 2008, 208 p.
13. Logarithmic Spiral - Wikipedia. Accessed November 22, 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Logarithmic_spiral
14. Murray, C.D. The Physiological Principle of Minimum Work Applied to the Angle of Branching of Arteries. *Journal of General Physiology*, July 20, 1926, vol. 9, no. 6, pp. 835–41. <https://doi.org/10.1085/jgp.9.6.835>
15. Rosen, Robert. *Optimality Principles in Biology*. *Optimality Principles in Biology*. Boston, MA: Springer US, 1967, 198 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6419-9>
16. Settecase, Fabio, and Vitaliy L. Rayz. Advanced Vascular Imaging Techniques. *Handbook of Clinical Neurology*, 2021, pp. 81–105. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64034-5.00016-X>
17. Auzinger, Thomas, Gabriel Mistelbauer, Ivan Baclija, Rudiger Scherthaner, Arnold Kochl, Michael Wimmer, M. Eduard Groller, and Stefan Bruckner. “Vessel Visualization Using Curved Surface Reformation.” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, vol. 19, no. 12, pp. 2858-2867. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.215>
18. Wischgoll, Thomas. Modeling and Visualization of Cardiovascular Systems. *Scientific Visualization: Advanced Concepts*. Dagstuhl: Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2010. pp. 210-226. <https://doi.org/10.4230/DFU.SciViz.2010.210>
19. Yoshida, Norimasa, Tomoyuki Hiraiwa, and Takafumi Saito. “Interactive Control of Planar Class A Bézier Curves Using Logarithmic Curvature Graphs.” *Computer-Aided Design and Applications*, 2008, vol. 5, no. 1–4, pp. 121-130. <https://doi.org/10.3722/cadaps.2008.121-130>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Зенин Олег, д-р мед. наук, профессор кафедры «Анатомия человека»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»

ул. Красная, 40, г. Пенза, 440026, Российская Федерация

zen.olegz@gmail.com

Косников Юрий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»

*ул. Красная, 40, г. Пенза, 440026, Российская Федерация
kosnikov@gmail.com*

Кафаров Эдгар Сабирович, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой «Нормальная и топографическая анатомия с оперативной хирургией»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет»

*ул. Шерипова, 32, г. Грозный, 364093, Российская Федерация
Edgar-kafaroff@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Oleg Zenin, Dr. Sc. (Medicine), Professor of Human anatomy

Penza State University

40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation

SPIN-code: 3159-1346

ORCID: 0000-0002-5447-1989

ResearcherID: O-7965-2015

Scopus Author ID: 57198085128

Yury N. Kosnikov, Dr. Sc. (Technical), Professor

Penza State University

40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation

kosnikov@gmail.com

SPIN-code: 8818-0590

ORCID: 0000-0003-4717-7682

ResearcherID: A-4799-2014

Scopus Author ID: 6504300037

Edgar S. Kafarov, Dr. Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Gross and Topographic Anatomy with Operative Surgery

Chechen State University

32, Sheripova Str., Grozny, 364093, Russian Federation

Edgar-kafaroff@yandex.ru

SPIN-code: 5423-8289

ORCID: 0000-0001-9735-9981

ResearcherID: K-1138-2017

Scopus Author ID: 39461511200

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-324-338

УДК 544.165:547.792+004.942

QSAR МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОГРИБКОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛА

А.Л. Осипов, В.П. Трушина

Цель. Разработка QSAR моделей и исследование их эффективности для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола.

Методы и материалы исследования. Для проведения научных исследований использовались экспериментальные данные противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола. Полученные данные обрабатывались с помощью методов QSAR моделирования с использованием молекулярных дескрипторов, автоматически порождаемых из структурных формул.

Результаты. Представлены новые QSAR модели для предсказания противогрибковой активности на основе шести физико-химических параметров химических веществ. Проведен сравнительный анализ QSAR моделей. Выявлена модель, которая обладает наилучшими статистическими параметрами: $MAE=0,088$; $MAPE=8,63$; точность прогноза $=91,37\%$; $MSE=0,013$; $RMSE=0,1145$. Среди шести факторов удалось выявить наиболее значимые.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлены и проанализированы QSAR модели для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола. В качестве признаков в моделях было взято от одного до шести молекулярных дескрипторов. Проведена оценка факторов, которые вносят наибольший вклад в предсказание противогрибковой активности. Выбраны наилучшие модели на основе вычисленных статистических параметров.

Ключевые слова: противогрибковая активность; количественные соотношения структура – активность; производные 1,2,4-триазола; многомерная линейная и нелинейная регрессия; молекулярные дескрипторы

Для цитирования. Осипов А.Л., Трушина В.П. QSAR моделирование противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 324-338. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-324-338

QSAR MODELING OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF 1,2,4-TRIAZOLE DERIVATIVES

A.L. Osipov, V.P. Trushina

Purpose. Development of QSAR models and investigation of their effectiveness for predicting antifungal activity of 1,2,4-triazole derivatives.

Materials and methods. Experimental data on the antifungal activity of 1,2,4-triazole derivatives were used for scientific research. The obtained data were processed using QSAR modeling methods using molecular descriptors automatically generated from structural formulas.

Results. New QSAR models for predicting antifungal activity based on six physico-chemical parameters of chemicals are presented. A comparative analysis of QSAR models was carried out. A model has been identified that has the best statistical parameters: MAE=0.088; MAPE=8.63; forecast accuracy=91.37%; MSE=0.013; RMSE=0.1145. Among the six factors, the most significant ones were identified.

Conclusion. As a result of the conducted studies, QSAR models for predicting the antifungal activity of 1,2,4-triazole derivatives were identified and analyzed. From one to six molecular descriptors were taken as features in the models. The factors that make the greatest contribution to the prediction of antifungal activity were evaluated. The best models are selected based on the calculated statistical parameters.

Keywords: antifungal activity; quantitative structure – activity ratios; 1,2,4-triazole derivatives; multidimensional linear and nonlinear regression; molecular descriptors

For citation. A.L. Osipov, V.P. QSAR modeling of antifungal activity of 1,2,4-triazole derivatives. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 324-338. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-324-338

Введение

Методология QSAR позволяет предсказывать биологическую активность новых химических соединений на основе выявления закономерностей между структурой молекул и их физико-химическими и биологическими свойствами [5-7, 9]. В настоящее время представлено большое количество научных работ российских и зарубежных исследователей, которые имеют непосредственное отношение к созданию перспективных QSAR моделей в химии, биологии и медицине [1-6, 8, 10-13, 15-17, 19-20].

В [1] разработаны и проанализированы модели прогнозирования биологически активных веществ, которые обладают противовоспалительным

действием, в ряду производных N-арилзамещенных антралиловых кислот в зависимости от фактора липофильности.

В статье [2] разработаны два корреляционных уравнения, связывающих противомикробную активность с энергией связывания, межмолекулярной энергией и константами ингибирования. В [3-4] представлены QSAR модели для использования их в молекулярном дизайне химических соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностью производных антралиловой кислоты.

В статье [5] изучалась возможность прогнозирования фунгицидной активности большого массива органических соединений разных классов в отношении *Fusarium oxysporum*. Исследования базировались на методологии QSAR.

В работе [8] проводилось изучение биологической активности синтезированных новых производных 1,2,4-триазола. Прогноз вероятных видов биологической активности (противовоспалительной и анальгезирующей) осуществляли с помощью моделей, основанных на теории распознавания образов.

В работе [9] исследованы QSAR модели, разработанные для каждого класса опасности химических веществ. Предсказание токсикологических параметров в этих моделях осуществлялось с учетом парциальных вкладов структурных элементов. В статьях [10, 14-16, 19] опубликованы результаты исследований по предсказанию термодинамических свойств химических веществ на основе QSAR моделей.

В [12] созданы и проанализированы перспективные QSAR модели для предсказания антибактериальной активности производных 1,2,4-триазола против *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*.

В статье [13] исследованы различные корреляции между физико-химическими свойствами лигандов и их сорбционной активностью, для предсказания связывания лекарственных веществ перфтораном.

В статье [21] разработаны и исследованы QSAR модели для прогнозирования антимикробной активности 1,4-бензоксазин-3-онов и новых соединений на основе значений минимальной ингибирующей концентрации.

Анализ литературных источников показывает широкий диапазон использования в научных и практических исследованиях QSAR моделей для предсказания различных физико-химических, биологических и лекарственных свойств химических веществ.

Создание новых QSAR моделей для прогнозирования противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола является актуальной задачей в области создания перспективных лекарственных препаратов.

Методы и материалы исследования

Для проведения научных исследований использовались экспериментальные данные по противогрибковой активности 28 производных 1,2,4-триазола, представленных в статье [18]. Методы исследования включали: QSAR моделирование, программирование, множественный регрессионный анализ.

В качестве признаков в моделях применялись шесть типов молекулярных дескрипторов [18]. Дескриптор *eig11r* включаются в класс Edge adjacency indices (индексы смежности ребер молекулярного графа) топологических молекулярных дескрипторов, полученных из матрицы смежности ребер, которая кодирует связность между ребрами графа. Дескриптор *rtm+* ключается в семейство GETAWAY descriptors. Дескрипторы этого семейства рассчитываются на основе молекулярной матрицы влияния, построенной по центрированным атомным координатам. Данный дескриптор характеризует R максимальный индекс, взвешенный по атомной массе. Дескриптор *mor20p* входит в семейство 3D-MoRSE descriptors (представление структур трехмерными молекулами на основе электронной дифракции). Широко используемая программа DRAGON [20] вычисляет пять типов дескрипторов, один из которых невзвешенный 3D-MoRSE и четыре взвешенные: по атомной массе; атомному объему Ван-дер-Ваальса; атомной электроотрицательности Сандерсона, атомной поляризуемости (*mor20p*). Факторы *belm2* и *behp5* являются дескрипторами класса Burden eigenvalues (собственные значения матрицы Бердена). Дескриптор *belm2* является наименьшим собственным значением матрицы Бердена взвешенный по атомной массе. Дескриптор *behp5* является наивысшим собственным значением матрицы Бердена взвешенный по атомной поляризуемости. Дескриптор *Mv* характеризует средний атомный объем Ван-дер-Ваальса.

Результаты исследований и их обсуждение

В работе [18] приведены результаты исследований по прогнозированию противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей. Приведена QSAR модель вида

$$\log Y = -38,305 + 2,424eig11r - 1,271mor20p + 31,289belm2 + 4,092rtm + -5,661behp5 - 8,462Mv.$$

Статистические параметры этой модели имеют вид: $R^2 = 0,896$; $F = 27,236$; $SE = 0,112$. Целевой фактор Y определяет противогрибковую активность против *Penicillium marneffeii*.

По представленной модели посчитаны прогнозные значения целевого показателя по выборке экспериментальных данных и получены следующие статистические параметры:

$$MAE = 0,108; MAPE = 11,505; MSE = 0,0399; RMSE = 0,1997.$$

Точность прогноза оказалась равной 100 – MAPE = 88,495%. Коэффициент детерминации равен 0,5475, а критерий Фишера оказался равным 4,236, что отличается от коэффициентов, посчитанных по представленной выше модели. С использованием пакета MS Excel была разработана QSAR модель по экспериментальным данным, представленным в статье [18]. Полученная модель оказалась другой по сравнению с представленной в работе [18] и имеет уравнение вида

$$\log Y = -47,2576 + 2,3791eeig1lr - 1,1818mor20p + 31,7157belm2 + 2,5321rtm + -4,5753behp5 - 1,2157Mv.$$

Дальнейшие изыскания связаны с получением перспективных QSAR моделей прогнозирования противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола.

В таблице 1 представлены QSAR модели по предсказанию противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола в зависимости от одного молекулярного фактора.

Таблица 1.

Статистические характеристики моделей с одним фактором

Модель	R^2	F	MAE	$MAPE$	MSE	$RMSE$	Точность прогноза в %
$\log Y = 0,61312 \cdot eeig1lr$	0,952	534,15	0,248	24,49	0,067	0,259	75,51
$\log Y = 0,8348 \cdot mor20p$	0,914	287,76	0,334	32,33	0,119	0,346	67,67
$\log Y = 0,6031 \cdot belm2$	0,937	402,73	0,293	28,77	0,088	0,296	71,23
$\log Y = -0,4357 + 2,5215 \cdot \ln(eeig1lr)$	0,346	13,78	0,192	18,86	0,058	0,24	81,14
$\log Y = 1,8339 \cdot \ln(eeig1lr)$	0,957	601,3	0,219	21,66	0,059	0,245	78,34
$\log Y = 0,101415 \cdot e^{1,2723 \cdot eeig1lr}$	0,344	13,62	0,198	18,73	0,059	0,244	81,27
$\log Y = 1,622981 \cdot Mv$	0,93	363,19	0,305	29,86	0,096	0,31	70,14
$\log Y = 5,191125 \cdot rtm +$	0,856	161,13	0,359	32,54	0,2	0,447	67,46
$\log Y = 0,252669 \cdot eeig1lr^{2,351767}$	0,344	13,78	0,198	18,67	0,059	0,243	81,33
$\log Y = 0,3678 \cdot behp5$	0,939	413,97	0,289	28,38	0,085	0,292	71,62

По статистическим параметрам наиболее перспективными моделями оказались уравнения вида: $\log Y = -0,4357 + 2,5215 \cdot \ln(eeig1lr)$ с точно-

стью прогноза 81,14%; $\log Y = -0,101415 \cdot e^{1,2723 \cdot eeig11r}$ с точностью прогноза 81,27%; $\log Y = 0,252669 \cdot eeig11r^{2,351767}$ с точностью прогноза 81,33%. Точность прогноза вычислялась по формуле $100-MAPE$. Из приведенных выше моделей видно, что фактор $eeig11r$ является наиболее значимой переменной для прогнозирования противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей.

В таблице 2 представлены QSAR модели и их статистические параметры, зависящие от двух молекулярных факторов.

Таблица 2.

Статистические характеристики моделей с двумя факторами

Модель	R^2	F	MAE	$MAPE$	MSE	$RMSE$
$\log Y = -14,1313 + 1,3479 \cdot eeig11r + 6,725148 \cdot belm2$	0,377	7,55	0,189	18,64	0,055	0,234
$\log Y = 1,336911 \cdot eeig11r - 0,71915 \cdot belm2$	0,96	296,7	0,196	19,26	0,059	0,242
$\log Y = 0,00014 \cdot eeig11r^{2,32293} \cdot belm2^{11,75204}$	0,379	7,62	0,192	18,22	0,059	0,236
$\log Y = 1,3841 \cdot eeig11r - 1,07731 \cdot mor20p$	0,969	407,86	0,164	15,77	0,043	0,208
$\log Y = 0,0713 + 1,3616 \cdot eeig11r - 1,0988 \cdot mor20p$	0,512	13,1	0,164	15,81	0,043	0,207
$\log Y = 0,37771 \cdot eeig11r^{2,3528} \cdot mor20p^{-1,3645}$	0,512	13,12	0,172	15,83	0,046	0,214
$\log Y = 0,5757 \cdot eeig11r + 0,3551 \cdot rtm +$	0,952	259,78	0,247	24,4	0,066	0,258
$\log Y = -1,5384 + 1,3635 \cdot eeig11r + 0,631 \cdot rtm +$	0,366	7,21	0,186	18,31	0,056	0,236
$\log Y = 0,3294 \cdot eeig11r^{2,3147} \cdot rtm^{0,1445}$	0,377	7,549	0,189	17,88	0,057	0,238
$\log Y = 2,02784 \cdot behp5 - 2,72445 \cdot belm2$	0,942	211,24	0,27	26,57	0,081	0,284
$\log Y = 2,2876 \cdot Mv - 0,34667 \cdot mor20p$	0,932	179,16	0,294	28,74	0,094	0,307
$\log Y = 6,157 - 4,4648 \cdot Mv - 1,3967 \cdot mor20p$	0,315	5,748	0,212	21,07	0,06	0,246
$\log Y = 0,62582 \cdot mor20p^{-1,7555} \cdot Mv^{-3,049}$	0,314	5,71	0,214	20,42	0,061	0,246

По статистическим параметрам перспективными моделями оказались уравнения вида: $\log Y = 1,3841 \cdot eeig11r - 1,07731 \cdot mor20p$ с точностью прогноза 84,23%; $\log Y = 0,0713 + 1,3616 \cdot eeig11r - 1,0988 \cdot mor20p$ с точ-

ностью прогноза 84,19%; $\log Y = 0,37771 \cdot \text{eig11r}^{2,3528} \cdot \text{mor20p}^{-1,3645}$ с точностью прогноза 84,17%.

Из приведенных выше моделей с двумя факторами видно, что факторы *eig11r* и *mor20p* являются наиболее значимыми признаками для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей.

В таблице 3 представлены QSAR модели и их статистические параметры, зависящие от более двух молекулярных дескрипторов.

Таблица 3.

Статистические характеристики моделей, включающих более двух молекулярных факторов

Модель	R^2	F	MAE	$MAPE$	MSE	$RMSE$
$\log Y = 1,311235 \cdot \text{eig11r} - 1,15017 \cdot \text{mor20p} + 0,124203 \cdot \text{belm2}$	0,97	262,37	0,165	15,9	0,043	0,207
$\log Y = -27,671 + 1,324457 \cdot \text{eig11r} - 1,52199 \cdot \text{mor20p} + 14,97383 \cdot \text{belm2}$	0,65	14,82	0,144	13,78	0,031	0,176
$\log Y = 2,4335 \cdot \ln(\text{eig11r}) - 1,4944 \cdot \ln(\text{mor20p}) + 0,0954 \cdot \ln(\text{belm2})$	0,97	262,01	0,164	15,84	0,043	0,207
$\log Y = -18,1281 + 2,452581 \cdot \ln(\text{eig11r}) - 2,05447 \cdot \ln(\text{mor20p}) + 28,68346 \cdot \ln(\text{belm2})$	0,65	15,03	0,143	13,58	0,031	0,175
$\log Y = 1,72193E - 08 \cdot \text{eig11r}^{2,2875} \cdot \text{mor20p}^{-1,91619} \cdot \text{belm2}^{26,75286}$	0,65	15,03	0,151	13,58	0,034	0,184
$\log Y = 1,3143 \cdot \text{eig11r} - 1,1876 \cdot \text{mor20p} + 0,1635 \cdot \text{belm2} - 0,1505 \cdot \text{rtm} +$	0,97	189,34	0,165	15,94	0,043	0,207
$\log Y = -50 + 1,295 \cdot \text{eig11r} - 1,3342 \cdot \text{mor20p} + 26,444 \cdot \text{belm2} + 1,9609 \cdot \text{rtm} +$	0,75	16,81	0,123	11,53	0,022	0,149
$\log Y = 3,2894E - 12 \cdot \text{eig11r}^{2,1724} \cdot \text{mor20p}^{-1,6897} \cdot \text{belm2}^{40,9699} \cdot \text{rtm}^{0,31237}$	0,73	15,49	0,137	12,09	0,028	0,167
$\log Y = -27,3091 + 2,3292 \cdot \ln(\text{eig11r}) - 1,8117 \cdot \ln(\text{mor20p}) + 43,9264 \cdot \ln(\text{belm2}) + 0,3349 \cdot \ln(\text{rtm}+)$	0,73	15,49	0,128	11,94	0,024	0,154

Окончание табл. 3.

$\log Y = 2,476 \cdot eeig11r - 1,01205 \cdot mor20p + 6,14418 \cdot belm2 - 4,44992 \cdot behp5 + 0,302808 \cdot rtm +$	0,98	187,5	0,129	13,09	0,033	0,183
$\log Y = -49,8996 + 2,451816 \cdot eeig11r - 1,15912 \cdot mor20p + 32,34606 \cdot belm2 - 4,43058 \cdot behp5 + 2,408018 \cdot rtm +$	0,85	25,18	0,088	8,63	0,013	0,1145
$\log Y = 4,34751E - 09 \cdot eeig11r^{4,0586} \cdot mor20p^{-1,49315} \cdot belm2^{49,9967} \cdot rtm +^{0,3874} \cdot behp5^{-12,4024}$	0,83	21,45	0,098	8,96	0,0156	0,125
$\log Y = -19,6038 + 4,35148 \cdot \ln(eeig11r) - 1,601 \cdot \ln(mor20p) + 53,6047 \cdot \ln(belm2) - 13,2974 \cdot \ln(behp5) + 0,41534 \cdot \ln(rtm) +$	0,83	21,45	0,095	9,26	0,015	0,123
$\log Y = -47,2576 + 2,3791 \cdot eeig11r - 1,1818 \cdot mor20p + 31,7157 \cdot belm2 + 2,5321 \cdot rtm - 4,5753 \cdot behp5 - 1,2157 \cdot Mv$	0,86	21,15	0,088	8,75	0,0125	0,112
$\log Y = 2,28663 \cdot eeig11r - 1,09018 \cdot mor20p + 8,083132 \cdot belm2 - 4,81974 \cdot behp5 - 3,1141 \cdot Mv + 0,906154 \cdot rtm +$	0,98	171,92	0,127	13,15	0,029	0,171
$\log Y = 1,64874E - 08 \cdot eeig11r^{3,9163} \cdot mor20p^{-1,5234} \cdot belm2^{48,6475} \cdot rtm +^{0,4195} \cdot behp5^{-12,98427} \cdot Mv^{-0,9619}$	0,84	18,18	0,096	8,91	0,0141	0,1189

По статистическим параметрам перспективными моделями по трем факторам оказались уравнения вида:

$\log Y = -27,671 + 1,324457 \cdot eeig11r - 1,52199 \cdot mor20p + 14,97383 \cdot belm2$
с точностью прогноза 86,22%;

$\log Y = -18,1281 + 2,452581 \cdot \ln(eeig11r) - 2,05447 \cdot \ln(mor20p) + 28,68346 \cdot \ln(belm2)$
с точностью прогноза 86,42%;

$\log Y = 1,72193E - 08 \cdot eeig11r^{2,2875} \cdot mor20p^{-1,91619} \cdot belm2^{26,75286}$
с точностью прогноза 86,42%.

Из приведенных выше моделей с тремя факторами видно, что дескрипторы *eeig11r*, *mor20p* и *belm2* являются наиболее значимыми пере-

менными для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей.

По статистическим параметрам наилучшие модели по четырем факторам имеют следующий вид:

$$\log Y = -50 + 1,295 \cdot \text{e eig11r} - 1,3342 \cdot \text{mor20p} + 26,444 \cdot \text{belm2} + 1,9609 \cdot \text{rtm} +$$

с точностью прогноза 88,47%;

$$\log Y = -27,3091 + 2,3292 \cdot \ln(\text{e eig11r}) - 1,8117 \cdot \ln(\text{mor20p}) + 43,9264 \cdot \ln(\text{belm2}) + 0,3349 \cdot \ln(\text{rtm} +)$$

с точностью прогноза 88,06%.

Из приведенных выше моделей с четырьмя факторами видно, что дескрипторы *e eig11r*, *mor20p*, *belm2* и *rtm*+ являются наиболее значимыми переменными для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей.

С использованием пяти факторов построены две наилучшие QSAR модели:

$$\log Y = -49,8996 + 2,451816 \cdot \text{e eig11r} - 1,15912 \cdot \text{mor20p} + 32,34606 \cdot \text{belm2} - 4,43058 \cdot \text{behp5} + 2,408018 \cdot \text{rtm} +$$

с точностью прогноза 91,37%;

$$\log Y = 4,34751E - 09 \cdot \text{e eig11r}^{4,0586} \cdot \text{mor20p}^{-1,49315} \cdot \text{belm2}^{49,9967} \cdot \text{rtm}^{+0,3874} \cdot \text{behp5}^{-12,4024}$$

с точностью прогноза 91,04%.

Из приведенных выше моделей с пятью факторами видно, что дескрипторы *e eig11r*, *mor20p*, *belm2*, *rtm*+ и *behp5* являются наиболее значимыми переменными для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей.

По шести факторам наилучшими моделями оказались две:

$$\log Y = -47,2576 + 2,3791 \text{e eig11r} - 1,1818 \text{mor20p} + 31,7157 \text{belm2} + 2,5321 \text{rtm} + - 4,5753 \text{behp5} - 1,2157 Mv.$$

с точностью прогноза 91,25%;

$$\log Y = 1,64874E - 08 \cdot \text{e eig11r}^{3,9163} \cdot \text{mor20p}^{-1,5234} \cdot \text{belm2}^{48,6475} \cdot \text{rtm}^{+0,4195} \cdot \text{behp5}^{-12,98427}$$

$$Mv^{-0,9619}$$

с точностью прогноза 91,09%.

Из разработанных моделей наилучшей оказалась модель, зависящая от пяти дескрипторов, следующего вида

$$\log Y = -49,8996 + 2,451816 \cdot \text{e eig11r} - 1,15912 \cdot \text{mor20p} + 32,34606 \cdot \text{belm2} - 4,43058 \cdot \text{behp5} + 2,408018 \cdot \text{rtm} +$$

с точностью прогноза 91,37%.

Анализируя наилучшие модели, включающие один дескриптор, два дескриптора, более двух дескрипторов, можно заметить наличие в них

дескриптора *eig11r*. Поэтому данный фактор является наиболее важной переменной для предсказания противогрибковой активности производных 1,2,4-триазола с помощью QSAR моделей. Из представленных моделей видно, что важности факторов идут в последовательности: *eig11r*, *mor20p*, *belm2*, *rtm+* и *behp5*.

Заключение

Грибковые заболевания представляют собой серьезную угрозу для жизни многих организмов, включая и человеческое сообщество. В статье разработаны и исследованы QSAR модели предсказания противогрибковой активности, переменные в которых выбирались из шести типов молекулярных дескрипторов. В перспективных моделях, реализованных по одному, двум и более двух факторов, точность прогноза равнялась 81,33%, 84,23% и 91,37%. Проанализированы дескрипторы из представленных шести типов и выявлены те из них, которые вносят наибольший вклад в противогрибковую активность производных 1,2,4-триазола. Разработанные QSAR модели дают возможность проводить достоверный прогноз противогрибковой активности, выявляя соединения с высокой активностью до проведения их синтеза и биологических испытаний. Перспективные модели могут быть рекомендованы для практического применения в химико-биологических и медицинских исследованиях.

Информация о конфликте интересов. Отсутствие конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Спонсорская поддержка отсутствует.

Список литературы

1. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Константы липофильности в поиске биологически активных веществ с противовоспалительным действием в ряду производных N-арилзамещенных антралиловых кислот // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 533-538. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33709>
2. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Исследование связи структура-противомикробная активность с использованием молекулярного докинга в ряду замещенных амидов и гидразидов N-ароил-5-бром (5-хлор) антралиловых кислот // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация. 2018. Т. 41, № 3. С. 495-501. <https://doi.org/10.18413/2075-4728-2018-41-3-495-501>

3. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Математическое моделирование с использованием регрессионных моделей в молекулярном дизайне соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностью производных антраниловой кислоты // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 9. С. 31-35. <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37661>
4. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Поиск соединений с анальгетической активностью с использованием молекулярного докинга в исследованиях «структура-активность» по ферментам циклооксигеназы 1 и 2 в ряду Т-замещенных антраниловых кислот // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019. № 12. С. 60-64. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12954>
5. Важев В. В., Мунарбаева Б. Г., Важева Н. В., Губенко М. А. QSAR-моделирование антифузариозной активности органических соединений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 5(208). С. 55-62. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-208-05-55-62>.
6. Маргынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Гимадиева А.Р., Мустафин А.Г. QSAR-моделирование ингибиторов дезоксиуридинтрифосфатазы в ряду некоторых производных урацила // Биомедицинская химия. 2019. Т. 65, №2. С. 103-113.
7. Интеллектуальные технологии анализа химико-биологических данных/ А.Л. Осипов, В.П. Трушина, Д.В. Пятницев, Г.В. Шляпкин, И.О. Павлик // В мире научных открытий. 2014. №12-2 (60). С. 749-757.
8. Овсянникова Л.Н., Лалаев Б.Ю., Яковлев И.П., Анисимова Н.А., Кириллова Е.Н., Ксенофонтова Г.В. Биологическая активность новых производных триазолов // Фармация, 2017. Том 66. № 3. С. 47-50. <https://pharmaciyajournal.ru/ru/25419218-2017-03-11>
9. Осипов А.Л., Бобров Л.К. Прогнозирование свойств химических соединений на основе структурно-неаддитивных моделей с учетом парциальных вкладов структурных элементов // Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы. 2013. № 9. С. 35-39.
10. Осипов А.Л., Трушина В.П., Осипов Ф.Л. QSPR моделирование теплоемкости альдегидов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Т. 12. № 1. С. 92-97. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-92-97>
11. Осипов А.Л., Трушина В.П. Прогнозирование липофильных свойств производных адамантана // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Т. 12. № 5. С. 11-15. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-11-15>
12. Осипов А.Л., Трушина В.П. QSAR моделирование антибактериальной активности производных 1,2,4-триазола // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 3. С. 276-287. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-276-287>.

13. Пшенкина Н.П., Софронов Г.А. Анализ и прогнозирование сорбции лекарственных веществ перфтораном на основе физико-химических свойств лигандов // *Общая реаниматология*. 2011. Том VII. № 3. С. 14-18. <https://www.reanimatology.com/rmt/article/viewFile/295/235>
14. Forush M., Shafifi F., Dialamehpour F. QSPR Study on Benzene Derivatives to some Physico-Chemical Properties by using Topological Indices // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. 2016. Vol. 7. No 1. P. 93-110. <https://doi.org/10.22052/IJMC.2016.12410>
15. Havare O. QSPR Analysis with Curvilinear Regression Modeling and Topological Indices // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. 2019. Vol. 10(4). P. 331-341. <https://doi.org/10.22052/ijmc.2019.191865.1448>
16. Mohammadinasab E. Determination of Critical Properties of Alkanes Derivatives using Multiple Linear Regression // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. 2017. Vol. 8(2). P. 199-220. <https://doi.org/10.22052/ijmc.2017.58461.1225>
17. Osipov A.L., Bobrov L.K. The use of statistical models of recognition in the virtual screening of chemical compounds // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2012. Vol. 46. № 4. P. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0005105512040024>
18. Rostami Z., Manesh A., Samie L. QSPR Modeling of Antimicrobial Activity with Some Novel 1,2,4-Triazole Derivatives, Comparison with Experimental Study // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. 2013. Vol. 4. No 1. P. 91-109. <https://doi.org/10.22052/IJMC.2013.5284>
19. Shafifi F. Relationship between Topological Indices and Thermodynamic Properties and of the Monocarboxylic Acids Applications in QSPR // *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*. 2015. Vol. 6. No 1. P. 15-28. https://ijmc.kashanu.ac.ir/article_8944_42c0fe9fb5ea15ff42c016263779416c.pdf
20. Tarko L. A Selection Method for Molecular Descriptors and QSPR Equations // *MATCH Commun. Math. Comput. Chem*. 2017. Vol. 77. P. 245-272. https://match.pmf.kg.ac.rs/electronic_versions/Match77/n2/match77n2_245-272.pdf
21. Wouter J.C. de Bruijn, Jos A. Hageman, Carla Araya-Cloutier, Harry Gruppen, Jean-Paul Vincken. QSAR of 1,4-benzoxazin-3-one antimicrobials and their drug design perspectives // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 2018. Vol. 26. P. 6105–6114. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2018.11.016>

References

1. Andryukov K.V., Korkodinova L.M. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. 3, pp. 533-538. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33709>

2. Andryukov K.V., Korkodinova L.M. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina. Farmatsiya*, 2018, vol. 41, no. 3, pp. 495-501. <https://doi.org/10.18413/2075-4728-2018-41-3-495-501>
3. Andryukov K.V., Korkodinova L.M. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2019, no. 9, pp. 31-35. <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37661>
4. Andryukov K.V., Korkodinova L.M. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2019, no. 12, pp. 60-64. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12954>
5. Vazhev V. V., Munarbaeva B. G., Vazheva N. V., Gubenko M. A. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2021, no. 5(208), pp. 55-62. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-208-05-55-62>.
6. Martynova Yu.Z., Khayrullina V.R., Gimadieva A.R., Mustafin A.G. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2019, vol. 65, no. 2, pp. 103-113.
7. Osipov A.L., Trushina V.P., Pyatnitsev D.V., Shlyapkin G.V., Pavlik I.O. *V mire nauchnykh otkrytiy* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2014, no. 12-2 (60), pp. 749-757.
8. Ovsyannikova L.N., Lalaev B.Yu., Yakovlev I.P., Anisimova N.A., Kirillova E.N., Ksenofontova G.V. *Farmatsiya*, 2017, vol. 66, no. 3, pp. 47-50. <https://pharmaciyajournal.ru/ru/25419218-2017-03-11>
9. Osipov A.L., Bobrov L.K. *Nauchno-tehnicheskaya informatsiya. Seriya 2. Informatsionnye protsessy i sistemy*, 2013, no. 9, pp. 35-39.
10. Osipov A.L., Trushina V.P., Osipov F.L. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 92-97. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-1-92-97>
11. Osipov A.L., Trushina V.P. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2020, vol. 12, no. 5, pp. 11-15. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-11-15>
12. Osipov A.L., Trushina V.P. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 3, pp. 276-287. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-276-287>.
13. Pshenkina N.P., Sofronov G.A. *Obshchaya reanimatologiya*, 2011, vol. VII, no. 3, pp. 14-18. <https://www.reanimatology.com/rmt/article/viewFile/295/235>
14. Forush M., Shaffi F., Dialamehpour F. QSPR Study on Benzene Derivatives to some Physico-Chemical Properties by using Topological Indices. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, 2016, vol. 7, no. 1, pp. 93-110. <https://doi.org/10.22052/IJMC.2016.12410>
15. Havare O. QSPR Analysis with Curvilinear Regression Modeling and Topological Indices. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, 2019, vol. 10(4), pp. 331-341. <https://doi.org/10.22052/ijmc.2019.191865.1448>

16. Mohammadinasab E. Determination of Critical Properties of Alkanes Derivatives using Multiple Linear Regression. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, 2017, vol. 8(2), pp. 199-220. <https://doi.org/10.22052/ijmc.2017.58461.1225>
17. Osipov A.L., Bobrov L.K. The use of statistical models of recognition in the virtual screening of chemical compounds. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 2012, vol. 46, no. 4, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0005105512040024>
18. Rostami Z., Manesh A., Samie L. QSPR Modeling of Antimicrobial Activity with Some Novel 1,2,4-Triazole Derivatives, Comparison with Experimental Study. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, 2013, vol. 4, no. 1, pp. 91-109. <https://doi.org/10.22052/IJMC.2013.5284>
19. Shafifi F. Relationship between Topological Indices and Thermodynamic Properties and of the Monocarboxylic Acids Applications in QSPR. *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 15-28. https://ijmc.kashanu.ac.ir/article_8944_42c0fe9fb5ea15ff42c016263779416c.pdf
20. Tarko L. A Selection Method for Molecular Descriptors and QSPR Equations. *MATCH Commun. Math. Comput. Chem.*, 2017, vol. 77, pp. 245-272. https://match.pmf.kg.ac.rs/electronic_versions/Match77/n2/match77n2_245-272.pdf
21. Wouter J.C. de Bruijn, Jos A. Hageman, Carla Araya-Cloutier, Harry Gruppen, Jean-Paul Vincken. QSAR of 1,4-benzoxazin-3-one antimicrobials and their drug design perspectives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2018, vol. 26, pp. 6105–6114. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2018.11.016>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Осипов Александр Леонидович, доцент, кандидат технических наук

ФГБОУ Новосибирский государственный университет экономики и управления

ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, Новосибирская область, 630099, Российская Федерация

alosip@mail.ru

Трушина Вероника Павловна, старший преподаватель

ФГБОУ Новосибирский государственный университет экономики и управления

ул. Каменская, 56, г. Новосибирск, Новосибирская область, 630099, Российская Федерация

veronika07-92@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alexander L. Osipov, Associate Professor, Candidate of Engineering Science

Novosibirsk State University of Economics and Management

56, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 6300099, Russian Federation

alosip@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1809-9147>

SPIN-code: 5697-8004

Scopus Author ID: 7202978114

Veronika P. Trushina, Senior Lecturer

Novosibirsk State University of Economics and Management

56, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 6300099, Russian Federation

veronika07-92@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1496-9069>

SPIN-code: 6552-9660

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-339-361

УДК 332.1

ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ АПК РЕГИОНА

*Р.Б. Габдулхаков, А.Л. Полтарыхин,
О.М. Цуканова, Ю.М. Авдеев*

Цель работы. Статья посвящена проведению оценки конкурентоспособности региона, а также определению приоритетных направлений повышения региональной конкурентоспособности.

Материалы и методы. В ходе исследования была применена методика оценки региональной конкурентоспособности Антохиной А.В.

Результаты. Определена сущность термина «конкурентоспособность региона». Исследованы главнейшие факторы, влияющие на региональную конкурентоспособность.

Заключение. Выявлены действующие методы и существующие в настоящее время методики оценки региональной конкурентоспособности. Проведена оценка конкурентоспособности Республики Алтай. Рассмотрены основные направления повышения региональной конкурентоспособности.

Ключевые слова: регион; конкурентоспособность; методики оценки; система индикаторов

Для цитирования. Габдулхаков Р.Б., Полтарыхин А.Л., Цуканова О.М., Авдеев Ю.М. Оценка региональной конкурентоспособности: перспективы АПК региона // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 339-361. DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-339-361

REGIONAL COMPETITIVENESS ASSESSMENT: PROSPECTS FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION

*R.B. Gabdulkhakov, A.L. Poltarykhin,
O.M. Tsukanova, Yu.M. Avdeev*

Purpose. The article considers the competitiveness assessment of the region, as well as identifies priority areas to work on aimed to increase the competitiveness of the region.

Materials and methods. For the purposes of study, the methodology for assessing the regional competitiveness suggested by A.V. Antokhina was applied.

Results. The “regional competitiveness” term has been defined, as well as the main factors that affect the regional competitiveness have been considered.

Conclusion. Both the methods and techniques to assess regional competitiveness currently in use have been determined. The competitiveness assessment of the Altai Republic has been carried out, as well as the main directions to increase the competitiveness of the region have been considered.

Keywords: region; competitiveness; assessment methods; indicator system

For citation. Gabdulkhakov R.B., Poltarykhin A.L., Tsukanova O.M., Avdeev Yu.M. Regional Competitiveness Assessment: Prospects for the Agro-Industrial Complex of the Region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 339-361. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-339-361

Введение

Абсолютно каждый регион РФ так или иначе конкурирует с иными регионами, осуществляя борьбу за рынки сбыта внешнего, а также внутреннего уровня. Помимо этого, конкурентная борьба осуществляется в отношении инвестиций, населения, кадров высокой квалификации, ресурсов научно-технического характера, действенных организаций, а, помимо всего прочего, кластеров. Актуальность исследуемой в настоящей работе темы в основном связывается с наличием реальной потребности в увеличении региональной конкурентоспособности. Стоит в особом порядке подметить, что решение указанной трудности в достаточно короткий срок имеет особую значимость в современном мире по причине постоянно происходящей глобализации в отношении всех возможных процессов, что приводит к тому, что конкурентная борьба только обостряется.

Кроме того, в имеющихся условиях, когда реализуется исключительно выборочная поддержка регионов властями федерального уровня, от региональных конкурентных позиций прямым образом зависит величина направляемых субсидий, трансфертов, субвенций и прочих видов ресурсов финансового характера, необходимых для полномасштабной реализации программ целевого направления, и обеспечения заказов государственного назначения. Помимо всего прочего, в данную группу трудностей следует относить также и конкуренцию в части образования на их территориях свободных зон экономического направления, разрастания потоков туристов, формирования различных логистических центров и учреждений не только государственного значения, но также и международного [21; 17].

Конкурентоспособность на сегодняшний день является основным условием для обеспечения стабильной деятельности систем социально-экономического типа, в состав которых входят также системы регионального уровня, по той причине, что образование и поступательное развитие преимуществ конкурентного характера, так или иначе, дает возможность для динамического положительного изменения экономического роста, а также постоянного увеличения уровня жизни проживающего на территории региона населения, значительного улучшения применения имеющегося потенциала региона в части потребления ресурсов [3; 13; 14; 16].

С той целью, чтобы имелась реальная возможность достижения стабильного и высокого положения в области развития социально-экономического типа, следует применять два способа, которые имеют различия между собой [23]. Первым способом будет выступать ориентация на поддержку извне, что, в том числе, предполагает получение финансовых средств, подлежащих перераспределению непосредственно из центра, а вторым способом будет выступать комплексная ресурсная мобилизация региональных ресурсов внутреннего характера. Важнейшим фактором, который так или иначе позволяет региону активизироваться с ориентацией на источники внутреннего характера с целью достижения намеченных целевых установок, выступает конкуренция межрегионального уровня [18; 26; 20; 22; 25; 27].

Полномасштабное образование экономики конкурентного типа в текущих условиях выступает в качестве важнейшей задачи не только на уровне одного конкретного региона, но также и на уровне федерального центра. Стоит подметить, что под формированием экономики конкурентного типа понимается поступательное развитие какого-либо направления, в результате которого образуются конкурентные преимущества конкретного субъекта хозяйствования, или нескольких субъектов, отдельной отрасли, или же целой отраслевой группы. Указанное положение приводит к тому, что регионы РФ крайне активно ищут возможные точки роста, а также реальные способы, которые могли бы позволить обеспечить региональную конкурентоспособность, даже если это может быть достигнуто за счет глобальной смены их специализации.

Абсолютно каждый российский регион обладает уникальными свойствами, которые позволяют отличать его от других регионов, в том числе за счет отраслевой и хозяйственной специализации [19]. Текущие условия хозяйствования заставили регионы осуществлять активную борьбу между собой, а также постоянно соревноваться в целях получения власти над ресурсами природного характера, ресурсами кредитного типа, а

также кадровыми, финансовыми, информационными, инвестиционными ресурсами и т.д. Именно в этих условиях исследование главенствующих факторов, которые позволяют образовать неоспоримые преимущества конкурентного типа получает все более значимую актуальность, и, в обязательном порядке образует необходимость в поисках действенных способов грамотного применения имеющихся уникальных особенностей и преимуществе для достижения стабильного функционирования в части социально-экономического направления, с целью достижения достойного проживания людей. Также следует сказать, что не представляется возможным увеличить конкурентоспособность конкретного региона без постоянного мониторинга итогов его функционирования. Что касается субъектов, которым могла бы быть важна оценка региональной конкурентоспособности, то их достаточно много. Среди них можно выделить различных инвесторов, учреждения финансового-кредитного типа, конкурирующие регионы, властные органы.

В качестве главного направления представляется необходимым назвать имеющиеся методы оценивания региональной конкурентоспособности для того, чтобы имелась возможности для формирования комплексной модели ее оценки, которая, в свою очередь, могла бы позволить решить поставленную задачу в комплексном виде.

Методика

Для устойчивого развития регионов необходимо проведение последовательной и эффективной региональной политики, осуществление которой направлено на решение проблемы повышения региональной конкурентоспособности. Для региона, выступающего субъектом конкурентной борьбы, достижение конкурентоспособности, с одной стороны, означает возможность роста эффективности его развития, с другой – возможность занять высокое место в системе федерального устройства, а также способствовать экономическому росту страны в целом. В этой связи понимание сущности конкуренции регионов и методов развития их конкурентоспособности на сегодняшний день являются актуальными для региональных руководителей.

В текущем временном периоде имеется ряд подходов авторов к исследованию региональной конкурентоспособности, которые обладают различными целевыми установками. При этом, все исследователи единогласно твердят, что имеющиеся подходы должны непременно носить комплексный характер. Практически в каждой методике применяются схожие показатели, среди которых [1]:

- индикаторы, отражающие уровень развития региона с точки зрения экономики;
- индикаторы, отражающие привлекательность региона в точки зрения инвестиций;
- индикаторы, отражающие преимущества в конкурентном плане;
- индикаторы, отражающие результативность и эффективность региональной системы;
- индикаторы, отражающие уровень и качество жизни населения.

В литературе часто встречается упоминание результатов анализа методик оценки конкурентоспособности [2]:

Таблица 1.

Методика оценки конкурентоспособности на региональном уровне

Существующая методика	Достоинства	Минусы
Рейтинговая оценка конкурентоспособности [12]	Применяется совокупный перечень показателей экономической конкурентоспособности на региональном уровне. Методика апробирована	Нет убедительного обоснования. Нет единых критериев оценки региональной конкурентоспособности. Применяется достаточно большое количество показателей. Сложность в применении
Интегральная оценка конкурентоспособности регионов [8]	Применяется трехкомпонентная системы критериев. Методика прошла апробацию Легкость в получении информационные данные	Нет критериев оценки социальной показателей. Применение ограничено только экономической сферой
Интегральная оценка конкурентоспособности регионов [15]	Методика прошла апробацию. Сформирована единая концепция в оценке региональной конкурентоспособности количество применяемых показателей логично и обосновано. Легкость в получении информационные данные	Система критериев, характеризующих конкурентоспособность региона, нуждается в конкретизации и дополнении. Нет единой системы в выборе оцениваемых факторов
Оценка конкурентоспособности регионов на основе расчета индекса [7]	Система критериев, характеризующих конкурентоспособность региона, логична и обоснована. Легкость в получении информационные данные. Просто в использовании расчетов	Система критериев, характеризующих конкурентоспособность региона, нуждается в конкретизации и дополнении. Применение ограничено только экономической сферой

Также есть другие методики оценки конкурентоспособности регионов [5]. Взяв за основу уже существующие методики, Антохиной А.В. была разработана методика оценки региональной конкурентоспособности [1].

Данная методика обладает рядом преимуществ, и может быть осуществлена по следующему алгоритму:

1. С целью реальной оценки региональной конкурентоспособности крайне необходимо обделить такие региональной среды (социального и экономического направления), которые крайне нужны для отражения имеющего потенциала преимуществ конкурентного профиля исходя из источников их образования.

2. С целью оценки факторов в количественном направлении следует образовать ряд показателей ключевого типа.

3. Крайне необходимо, чтобы количество избранных индикаторов было достаточным с целью исполнения целевых установок, кроме того, они должны обладать признаком релевантности и надежности в статистическом плане.

4. С целью образования интегрального индикатора необходимо, чтобы составные его элементы были относительными.

В основе оценки региональной конкурентоспособности положены факторы его конкурентоспособности, выбор которых определяется целью исследования.

Итак, в каждой из рассмотренных методик оценки региональной конкурентоспособности, помимо показателей экономического типа, применяются факторы социальной направленности.

Результаты

Республика Алтай является субъектом Сибирского федерального округа. Территория Республики Алтай занимает 92 тысячи квадратных метров. Населению республики принадлежит 1,1% от общего числа населения Сибирского федерального округа. Численность населения республики по состоянию на 1 января 2019 года – 218 866 тысяч человек.

Отличительными особенностями размещения населения по территории является преобладания доли населения сельской местности около 71% и низкая плотность населения – 2,3 чел./кв. км. Агропромышленный комплекс принято считать ведущей отраслью в экономике. Ежегодно агропромышленный комплекс обеспечивает около 23% от общего объема регионального производства.

В структуре ВРП в 2018 году можно выделить: сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – 12,2%; оптовая и розничная торговля; ремонт авто-

транспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования – 11,8%; государственное управление и обеспечение военной безопасности – 17,7%; строительство – 8,9%; образование – 10,2%.

Доля валового регионального продукта Республики Алтай в валовом внутреннем продукте Российской Федерации в 2017 году была незначительна и составила всего 0,05%.

К числу факторов, ограничивающих социально-экономическое развитие Республики Алтай можно отнести:

1. Регион расположен в горной местности, в связи с чем, наблюдается повышенная сейсмоопасность. В совокупности с суровыми климатическими условиями данная особенность территории приводит к дополнительным финансовым расходам при производстве товаров и услуг. Необходимость использования особых технологий, при создании объектов инфраструктуры учитывая особенности сейсмопояса.

2. Слаборазвитая транспортная инфраструктура региона. Большая часть территории республики является труднодоступной. Не во все микрорайоны региона проведена дорожная сеть. Большая часть дорог местного значения, с основным покрытием гравий. В отдаленных районах присутствуют полевые дороги, которые практически не возможно использовать в зимний период времени. В связи с чем, происходит удорожание транспортных перевозок и увеличение цены потребляемых услуг.

3. Отсутствие инженерной инфраструктуры на преобладающей площади республики.

4. Стоимость потребления электроэнергии одна из самых высоких в Сибирском Федеральном округе. Что опять же приводит к удорожанию производимой продукции.

5. Потребность в высококвалифицированных трудовых кадрах. Рост уровня безработицы, трудовая иммиграция населения, несоответствие населения необходимому уровню образования.

6. Республикой Алтай приняты обязательства по реализации национальных проектов. В связи с чем, республиканский бюджет является высокодотационным. Реализация мероприятий без привлечения средств федерального бюджета затруднительна [4].

На состояние конкурентной среды хозяйствующих субъектов в Республике Алтай оказывает влияние ряд сдерживающих факторов:

- отдаленное территориальное положение субъекта с наличием большого числа малочисленных сельских населенных пунктов, часть из которых являются труднодоступными;

- отсутствие железнодорожного сообщения, в связи с чем высоки транспортные издержки на перевозку продукции;
- высокая стоимость энергоресурсов;
- ограниченный доступ к инженерной инфраструктуре; сезонный характер ведения бизнеса в сфере туризма, который является одной из приоритетных сфер развития региона.

Проведя анализ факторов, оказывающих влияние на развитие конкурентоспособности Республики Алтай, можно сделать вывод, что большинство ограничивающих факторов относятся к природно-климатическим особенностям.

Проведем оценку некоторых составляющих конкурентоспособности Республики Алтай с помощью методики, предложенной Антохиной А.В. [1].

При выборе эталонного региона будем ориентироваться на оценку конкурентоспособности регионов в материалах Общероссийского Форума «Стратегическое планирование в регионах и городах России» 2019 года (Крыловский, 2018). Для корректного расчета относительного показателя рекомендовано для «эталонного региона» выбрать регион из этого же федерального округа. Проведем расчет оценки конкурентоспособности Республики Алтай приняв за «эталонный регион» Новосибирскую область (табл. 2).

Таблица 2.

Оценка конкурентоспособности Республики Алтай в сравнении с Новосибирской областью за 2019 год [4]

№ показателя	Показатель оценки конкурентоспособности	Значение показателя		Относительный показатель K_i
		Республика Алтай	Новосибирская область	
Y1	ВРП на душу населения, тыс.руб.	213,5	1 084,6	0,196
Y2	Промышленное производство на душу населения, тыс.руб.	47,8	182,0	0,262
Y3	Розничный товароборот на душу населения, тыс.руб.	105,7	162,4	0,650
Y4	Сельскохозяйственное производство на душу населения, тыс.руб.	51,0	32,0	1,593
Y5	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» на душу населения, тыс.руб.	20,7	32,6	0,634
Y6	Доставка грузов ж.-д. и автотранспортом на душу населения, т.	4,1	6,1	0,672
Y7	Экспорт товаров и услуг на душу населения, тыс.долл.	0,018	0,019	0,966

№ показателя	Показатель оценки конкурентоспособности	Значение показателя		Относительный показатель К _i
		Республика Алтай	Новосибирская область	
У8	Средняя заработная плата на душу населения, тыс.руб.	17,8	28,9	0,615
У9	Уровень занятости населения, %	88,0	94,8	0,928
У10	Доля населения, имеющего доход выше прожиточного минимума, %	74,1	91,1	0,813
У11	Объем платных услуг на душу населения, тыс.руб.	22,9	134,2	0,170
У12	Обеспеченность жильем на душу населения, кв.м.	18,4	19,0	0,966
У13	Продолжительность жизни, лет	70,1	77,1	0,910
У14	Инвестиции на душу населения, тыс.руб.	58,1	138,6	0,419
У15	Сальдированный финансовый результат в расчете на душу населения, тыс.руб.	20,0	373,6	0,054
У16	Доля прибыльных предприятий (% от общего числа предприятий)	66,1	70,5	0,938
	Интегральный показатель	x	x	0,674

Источник: по данным Росстата (Официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай)

Величина интегрального показателя по результат проведенных расчетов составила 0,67. Что характеризует конкурентоспособность региона как среднюю.

Если рассматривать совокупность показателей по анализируемым факторам региональной конкурентоспособности, наибольшее положительное влияние на уровень региональной конкурентоспособности по данной методике оказали показатели, характеризующие экономическое развитие региона. В частности, значительное превышение отмечается по объему производства сельскохозяйственной продукции на душу населения, что объясняется спецификой республики. Самое значительное отставание рассматриваемого региона наблюдается по показателям инвестиционной привлекательности региона.

В целом наиболее негативное отставание показателей Республики Алтай от соответствующих показателей Новосибирской области отмечается по:

- сальдированному финансовому результату на душу населения, что характеризует низкую прибыльность предприятий региона;
- объему производства продукции промышленности на душу населения, что свидетельствует о низких объемах производства реального сектора экономики;

- объему валового регионального продукта на душу населения, что характеризует менее активную экономическую деятельность в регионе.

Таким образом, оценка конкурентоспособности Республики Алтай показала среднюю конкурентоспособность региона и позволила выявить негативные факторы, оказывающие на нее влияние.

Регионы России в современных реалиях находятся в постоянных поисках способов повышения показателей региональной экономики. Субъекты для повышения региональной конкурентоспособности пересматривают основную отраслевую специализацию. Изыскивают точки роста, пути и механизмы обеспечения региональной конкурентоспособной экономики.

Следует учитывать и то, что каждый субъект Российской Федерации обладает отличительными свойствами, которые в последующем и определяют их конкурентные преимущества в развитии хозяйственной деятельности. В сложившейся экономической ситуации регионы активно соперничают на рынке за ограниченные ресурсы: природные, кредитные, трудовые иностранные и отечественные инвестиции, информационные.

Данные условия требуют непрерывного формирования конкурентных преимуществ. Правительство Российской Федерации реализует государственную политику, направленную на выравнивание уровня социально-экономического развития регионов России. В связи с чем, особое внимание привлекает конкурентоспособность каждого региона, что позволяет определить его преимущество либо отставание среди регионов конкурентов.

В связи с чем, выявляется закономерность в развитии конкурентоспособных регионов: динамично развивающиеся экономика, создающая условия формирования экономических структур и структур расселения привлекает дополнительные внешние ресурсы, еще больше раскрывая потенциал региона.

Основопологающим для реализации конкурентной политики, можно считать Программу развития конкуренции в Республике Алтай, которая включает в себя основные направления и меры по развитию конкуренции.

Для развития региональной конкурентоспособности необходимо решить основные социально-экономические проблемы:

1. Неразвитая социальная, производственная и инженерная инфраструктуры;
2. Очаговый характер освоения территории из-за суровых природно-климатических условий;
3. Ограниченная транспортная доступность, в связи с чем, повышение стоимости строительства объектов, удорожание грузоперевозок и пассажироперевозок из-за характерной рельефной местности;

4. Повышенная расположенность к стихийным бедствиям (землетрясения, лавины, наводнения);

5. Нехватка квалифицированных трудовых ресурсы;

6. Высокодотационный субъект.

Для повышения конкурентоспособности Республики Алтай, возможна реализация инвестиционных проектов в следующих областях деятельности:

1. Развитие туризма с учетом территориальных особенностей региона: активный отдых в отдаленных районах республики, развитие всесезонного семейного отдыха и пр.;

2. Использование особых экологических зон для размещения лечебно-оздоровительных центров;

3. Развитие сельского хозяйства путем создания кластера готовой продукции;

4. Развитие биофармацевтического производства - продукции пантового оленеводства;

5. Развитие деревоперерабатывающей отрасли – создание крупного производства лесопереработки;

Повышение региональной конкурентоспособности осуществляется за счет реализации следующих видов деятельности:

1. Активное использование имеющихся факторов производства;

2. Инвестиции в образование, технологии, инфраструктуру;

3. Создание нового продукта: продукции и производственных процессов, совершенствованием управления.

Приоритетные направления социально-экономического развития Республики Алтай:

1. устойчивый экономический рост;

2. улучшение качества человеческого капитала;

3. пространственное и инфраструктурное развитие;

4. создание обеспечивающих секторов.

Создание обеспечивающих секторов важно для районов где не реализуются большие туристические проекты. Создание и продвижение кластера готовой, натуральной продукции возможно в Кош-Агачском, Усть-Канском, Онгудайском районах.

За основу принято рассматривать крупные компании, функционирующие в республике. Развитие производства осуществляется за счет увеличения размеров предприятий и наращивания объемов производства.

Следует учитывать и то, что себестоимость готовой продукции сельского хозяйства будет значительно выше аналогичной продукции из иных

регионов России, в связи с горным ландшафтов территории Республики Алтай.

При реализации приоритетных направлений развития возможно увеличение основных показателей социально-экономического развития от 3 до 10%.

Ресурсный потенциал сельского хозяйства и спрос со стороны потребителей позволяет создать ряд кластерных образований:

1. Производство мясной продукции: туши, полутуши, мясо крупно и мелкокусковое, субпродукты, замороженные полуфабрикаты, колбасы, ветчины, суджук и др. Особое место занимают национальные мясные продукты питания – дьоргом, карта, кан и другие.

2. Производство молочной продукции: цельное молоко, сыры, сливочное масло, кисломолочная продукция, национальные продукты питания – чегень, курут, арчы и др.

3. Производство продукции рыбопереработки, выращенной в озерных и прудовых хозяйствах – свежая, замороженная рыба, копченая, вяленая рыба (хариус, осман, форель, пелядь и пр.).

4. Биофармацевтический кластер основан на переработке продукции мараловодства, пчеловодства, дикоросов. Биологически активные добавки и биологически активные добавки к пище – бальзамы, фиточаи, панттогематогены, панторин, эфирные масла, живица, мумие, мед и продукция пчеловодства, продукция переработки кедрового ореха.

5. Плодоовощной кластер основан на переработке овощей открытого и закрытого грунта, картофеля, плодов. К плодоовощному кластеру следует отнести производства по переработке дикоросов и получения продуктов питания, к таковым относятся переработка ягод, грибов, черемши, папортника-орляка.

Полезные свойства, самобытность, экологичность, а также высокие вкусовые качества алтайских традиционных блюд, бесспорны. На сегодняшний день алтайская национальная кухня востребована как среди местного населения, так и у гостей Республики. К сожалению, потребителям на местном рынке данная продукция поставляется в узком ассортименте с переборами в поставках, а также имеются проблемы в доступности сырья.

Необходимо отметить, что на некоторые алтайские национальные продукты питания (талкан, дьоргом, чеген, карта и т.д.) разработаны технические условия (ТУ), которые производятся на некоторых предприятиях республики и поставляются в торговую сеть в небольших объемах. Но перечень других продуктов питания, на которые еще нет технических регламентов, очень большой. К ним относятся, например, один из алтайских

деликатесов – вареная кровяная колбаса (кан), который употребляется в пищу только в свежем виде. А также курут, арчы, телюн, керзен, корчок, чок-чок, дьял, кыйма, койтпок и многие другие продукты питания, которые по социальным опросам среди населения Республики Алтай имеют большой спрос, особенно у людей среднего и старшего поколения, а также у туристов приезжающих узнать культуру и быт коренного населения. Поэтому в настоящее время сложился «стихийный рынок», где местное население производит в домашних условиях различные алтайские национальные блюда широкого ассортимента и продает их потребителям.

В современных условиях рыночной экономики Республики Алтай необходим комплексный подход по разрешению данной ситуации:

1. Анализ рынка национальной продукции в Республики Алтай в настоящее время;
2. Научные разработки в области технологии производства и хранения алтайских национальных продуктов питания широкого ассортимента и обучение предпринимателей технологической линии производства и хранения каждого вида продукции;
3. Разработка технических условий и технических регламентов организаций и доведение их до производителей;
4. Инвестиционное проектирование производства и хранения продукции и привлечение инвесторов;
5. Маркетинговый подход и организация рынка сбыта произведенной продукции.
6. Контроль и планирование (кратковременное, среднесрочное и стратегические) развития данной отрасли.
7. Обмен опытом с другими странами и регионами РФ (Корея, Япония, Краснодар, Татарстан, Башкортостан и т.д.).

Основой каждой национальной кухни являются важные факторы, которые взаимосвязаны:

- набор исходных продуктов (сырье);
- особенности технологии приготовления и хранения продуктов;
- природно-климатические условия региона.

Все вышеперечисленные факторы в Республике Алтай благоприятны для переработки и расширению рынка местной национальной продукции, так как ведущей отраслью является сельское хозяйство, преимущественно сырьевого характера. Рациональный научно-экономический подход будет способствовать увеличению доли переработанной продукции в т.ч. глубокой, что в свою очередь позволит увеличить доходность республиканского бюджета.

В направлении переработки сельскохозяйственной продукции в АПК Республики Алтай следует отдельно выделить производство национальных продуктов питания.

Основными направлениями в развитии перерабатывающих производств являются:

- совершенствование системы государственной поддержки по предоставлению финансовой и нефинансовой поддержки субъектам, занимающимся переработкой сельскохозяйственной продукции;
- снижение сезонности в обеспечении сырьем (мясо, молоко, овощи, плоды, дикоросы) перерабатывающих предприятий,
- организация производства экологически чистой брендовой продукции.
- формирование системы утилизации биологических отходов и их переработка.
- создание условий для строительства мощностей по хранению овощей, картофеля, плодов,
- создание цепочки «содержание маточного поголовья – выращивание мальков – доращивание рыбы – производство товарной рыбы – первичная и глубокая переработка рыбы»,
- удовлетворение внутреннего спроса на рыбу и продукцию рыбопереработки,
- увеличение производственных мощностей по переработке лектесырья, пантового мараловодства, пчеловодства, дикоросов с целью производства БАД и продуктов питания. (Таблица 3).

Таблица 3.

Система целевых показателей развития АПК Республики Алтай

	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	Средне- годовое значение за период 2029-2031	Средне- годовое значение за период 2032-35 г.
Поголовье скота, усл. голов	440,1	441,1	442,2	443,3	444,4	445,5	446,6	447,7	448,8	449,9
Производство мяса (скота и птицы на убой в живом весе), тыс. тонн	60,8	62,3	63,8	65,4	67,0	68,7	70,4	72,1	73,9	75,7
Продукция первич- ной переработки мяса, тыс. тонн	7,3	8,1	9,0	10,0	11,1	12,4	13,7	15,3	17,0	18,9

	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	Средне- годовое значение за период 2029-2031	Средне- годовое значение за период 2032-35 г.
Продукция глубокой переработки мяса, тыс. тонн	0,162	0,248	0,381	0,584	0,895	1,371	2,102	3,222	4,939	7,570
Поголовье молочного скота, усл. гол.	6,3	6,8	7,4	8,1	8,8	9,6	10,5	11,4	12,5	13,6
Производство молока для конечного и промежуточного потребления во всех категориях хозяйств, тыс. тонн	98,3	100,7	103,2	105,7	108,3	111,0	113,8	116,6	119,5	122,4
Производство молока для конечного и промежуточного потребления в СХО и КФХ, тыс. тонн	19,1	20,5	21,9	23,5	25,2	26,9	28,8	30,9	33,1	35,4
Объем реализации молочной продукции в пересчете на сырье, тыс. тонн	7,6	8,7	9,9	11,3	12,9	14,7	16,8	19,2	21,9	25,0
Валовой сбор картофеля	29,8	30,2	30,7	31,1	31,6	32,0	32,5	33,0	33,5	34,0
Валовой сбор овощей открытого и закрытого грунта	13,7	14,0	14,2	14,4	14,7	14,9	15,1	15,4	15,6	15,9
Валовой сбор плодов и ягод	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3
Переработка плодов и ягод	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Переработка дикоросов, тонн	3,8	6,1	9,6	15,3	24,4	38,9	61,9	98,6	157,0	250,0
Вся посевная площадь под сельскохозяйственными культурами для корма	109,0	110,0	111,1	112,1	113,2	114,2	115,3	116,4	117,4	118,5
Количество рыбодческих хозяйств и рыбоперерабатывающих хозяйства	41	43	45	47	49	51	53	55	57	60
Общий вес выловленной рыбы, т	3,7	5,0	6,8	9,2	12,6	17,0	23,2	31,4	42,7	58
Произведено товарной рыбы, тонн	3,3	4,0	4,9	6,0	7,3	9,0	11,0	13,4	16,4	20

	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	Средне- годовое значение за период 2029-2031	Средне- годовое значение за период 2032-35 г.
Поголовье маралов, голов	56552	56911	57273	57637	58004	58373	58744	59118	59494	59872
Производство сы- рых пантов, кг.	109075	115038	121326	127959	134954	142332	150113	158320	166975	176103
Производство консервированных пантов, кг	68289	71880	75660	79639	83827	88235	92876	97760	102901	108312
Производство БАД, тонн	32	36	41	47	53	60	69	78	88	100

Источник: Рассчитано авторами

При реализации такого мероприятия приоритетного направления социально-экономического развития Республики Алтай, как создание обеспечивающих секторов, прогнозируемое увеличение показателей социально-экономического развития региона составит от 3 до 10 %. Для оценки конкурентоспособности как высокой, необходимо увеличение показателей минимум на 5%.

Заключение

В основе конкурентоспособности регионов лежит межрегиональная конкуренция, которая может быть вертикальной (за полномочия власти, независимость, перераспределение ресурсов) и горизонтальной (за доступ к мобильным ресурсам и их привлечение).

В настоящее время не существует единого подхода к определению региональной конкурентоспособности. Данное понятие может рассматриваться с точки зрения региональной конкурентоспособности товаров и услуг; эффективности экономического потенциала региона; наличие конкурентных преимуществ и их использование; повышение уровня жизни населения и др.

На состояние и уровень региональной конкурентоспособности оказывает влияние совокупность различных факторов, в том числе природно-географические; экономические; транспортно-логистические; социальные; внешнеэкономические; нормативно-правовые. Следует отметить, что часть факторов (природные, географические) формируют ресурсные конкурентные преимущества региона, они неустойчивы, зависят от внешних условий и присущи многим другим регионам. Существуют и другие фак-

торы (технологические, инновационные), которые способствуют созданию конкурентных преимуществ более высокого порядка, требуя наличия в регионе развитых современных отраслей промышленности и соответствующих инвестиций.

Анализ основных показателей социально-экономические отобразил удовлетворительное состояние развития региона. Показатель валового регионального продукта имеет положительную динамику. Однако, индекс темпов роста валового регионального продукта в текущих ценах превышает индекс физического объема валового регионального продукта к предыдущему году в рыночных ценах. Рост показателя оборот розничной торговли произошёл из-за увеличения цен. Уровень безработицы в Республике Алтай ежегодно снижался, но в 2016 году произошел резкий рост до 12,0%, что может быть связано с макроэкономическими кризисными тенденциями. Ежегодное снижение реальных денежных доходов населения. Динамика данных показателей характеризует негативную тенденцию и говорит о снижении уровня жизни населения в Республики Алтай. В структуре малого и среднего предпринимательства Республики Алтай преобладающую долю занимают микропредприятия, в том числе индивидуальные предприятия, на которые приходится более 96% всех предприятий.

Проведя анализ факторов, оказывающих влияние на развитие конкурентоспособности Республики Алтай, можно сделать вывод, что большинство ограничивающих факторов относятся к природно-климатическим особенностям.

Республика Алтай - уникальный субъект Российской Федерации, с маленьким количеством муниципальных образований, но имеющие существенные различия между собой по всем параметрам - численности населения, занимаемой площади и сложившейся системе расселения, природно-климатическим условиям и природным ресурсам, территориальной обособленности и неразвитости транспортной инфраструктуры, потенциалу и уровню экономического развития, обеспеченностью социальной инфраструктурой, уровню и качеству жизни населения.

Для повышения конкурентоспособности Республики Алтай, возможна реализация инвестиционных проектов в следующих областях деятельности:

1. Развитие туризма с учетом территориальных особенностей региона: активный отдых в отдаленных районах республики, развитие всесезонного семейного отдыха и пр.;

2. Использование особых экологических зон для размещения лечебно-оздоровительных центров;

3. Развитие сельского хозяйства путем создания кластера готовой продукции;

4. Развитие биофармацевтического производства – продукции пантового оленеводства;

5. Развитие деревоперерабатывающей отрасли – создание крупного производства лесопереработки (О стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 года», О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года).

Одним из мероприятий по повышению конкурентоспособности является создание обеспечивающих секторов. Это важно для районов где не реализуются большие туристические проекты. Создание и продвижение кластера готовой, натуральной продукции возможно в Кош-Агачском, Усть-Канском, Онгудайском районах.

Следует учитывать и то, что себестоимость готовой продукции сельского хозяйства будет значительно выше аналогичной продукции из иных регионов России, в связи с горным ландшафтов территорий республики.

Полученные выводы могут использоваться для улучшения региональной конкурентоспособности.

Список литературы

1. Антохина А.В. Методика оценки региональной конкурентоспособности // Символ науки. 2017. № 04. С.26-29.
2. Барабанов А.С. Управление региональной конкурентоспособностью: монография. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2014, С. 37.
3. Вахромов Е.Н. Региональная экономика в многоуровневой структуре рыночной экономики // Вестник Иркутского государственного университета. 2018. № 2. С. 26-30.
4. Еличикова А., Оценка отдельных компонентов региональной конкурентоспособности // The scientific heritage. 2020. № 49. С. 43-46.
5. Коротчаева Т.В., Жукова Т.Г. Анализ методов оценки конкурентоспособности регионов России // Науковедение. 2016. № 5(24). С. 5.
6. Крыловский А.Б. Лучшие практики стимулирования развития и повышения конкурентоспособности регионов // Материалы Общероссийского Форума «Стратегическое планирование в регионах и городах России» 2018 года. <https://lc-av.ru/wp-content/uploads/2018/10/LC-AV.RCI-2018-181021.pdf>
7. Ларина Н.И. Кластеризация как путь повышения международной конкурентоспособности страны и регионов / Н.И. Ларина, А.И. Макаев // Эко. 2006. №10. С. 2-26.

8. Меркушов В.В. Интегральная оценка уровня конкурентоспособности региона // Межрегиональные экономические сопоставления: сб. статей. М., 2004. С. 24-38.
9. Официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай. <https://akstat.gks.ru/>
10. О стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 года» (в ред. от 16.04.2020): Постановление правительства Республики Алтай от 13.03.2018 № 60. <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW916&n=33457#e22Zr9Tcmz9ymxtT>
11. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 №1662-р. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/
12. Печаткин В.В. Рейтинговая оценка конкурентоспособности регионов России: монография / В.В. Печаткин, С.У. Салихов, В.А. Саблина. Уфа: Ин-т социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, 2004. 205 с.
13. Соловьева Т.В. Идеи экономического районирования в исторической ретроспективе // Известия Уральского государственного университета. 2017. № 49. С. 153–162.
14. Тихомирова И. Инвестиционный климат в России: региональные риски. М.: Издатцентр, 2015. 320 с.
15. Ушвицкий Л.И. Конкурентоспособность региона как новая реалья: сущность, методы оценки, современное состояние / Л.И. Ушвицкий, В.Н. Парахина // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Экономика. Владикавказ: СевероКавказский гос. технический ун-т, 2005. №1. С. 1-20.
16. Федоляк В.С. Региональная экономика как хозяйственная система страны // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2018. Т. 10, № 1. С. 3–7.
17. Boyko N.A., Chvileva T.A., Romasheva N.V. The impact of coal companies on the socio-economic development of coal mining regions and its assessment // Ugol. 2019. Vol. 11. P. 48-53. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-11-48-53>
18. Dudukalov E.V., Terenina I.V., Perova M.V., Ushakov D. Industry 4.0 Readiness: The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Performance // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 244, 08020. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202124408020>
19. Glotko A., Karabasheva M., Prodanova N., Sychanina S., Vysotskaya O., Barmuta K. Directions of effective use of biopharmaceutical resources as a factor of sustain-

- able development of mountain territories // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Vol. 12. P. 2037-2049. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.SP1.301>
20. Glotko A.V., Sycheva I.N., Dunets A.N., Kolupaev A.A., Makarov A.N., Anikienko N.N. Development of the regional agriculture through the cluster approach in Russian Federation // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9(11). P. 1156-1168.
 21. Ivanov A.V., Strizhenok A.V. Ecological and economic justification of the possibility of utilization of weathering gases from gas condensate enterprises on the basis of heat generation // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. Vol. 14(22). P. 3877-3885.
 22. Kolupaev A.A., Redkin A.G., Voinova N.E., Karabasheva M.R., Rzayev A.Y., Makhanova T.A. Main attributes of tourism transportation infrastructure formation // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9(12). P. 1185-1197.
 23. Martínez R.H., Arutyunyan S., Karabasheva M., Yesturliyeva A. Diagnostics and control of sustainable development of regions: Branch aspects // Journal of Security and Sustainability Issues. 2020. Vol. 9(3). P. 1065-1076. [https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3\(30\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3(30))
 24. Petrov D., Movchan I. Comprehensive evaluation of anthropogenic load on environment components under conditions of ferroalloys manufacture // Ecology, Environment and Conservation. 2017. Vol. 23(1). P. 539-543.
 25. Smirnova N.V., Rudenko G.V. Tendencies, problems and prospects of innovative technologies implementation by Russian oil companies // Journal of Industrial Pollution Control. 2017. Vol. 33(1). P. 937-943.
 26. Voytyuk I.N., Kopteva A.V., Skamyin A.N. Software and hardware complex for ore quality control on a belt conveyor // Paper presented at the Proceedings - 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020. 2020. P. 762-765. <https://doi.org/10.1109/SUMMA50634.2020.9280715>
 27. Zhamkeeva M. World experience in customs tariff regulation of external economic activities // Actual Problems of Economics. 2012. Vol. 135(9). P. 303-310.

References

1. Antokhina A.V. *Simvol nauki*, 2017, no. 04, pp. 26-29.
2. Barabanov A.S. *Upravlenie regional'noy konkurentosposobnost'yu* [Management of regional competitiveness]. Vologda: ISERT RAN, 2014, p. 37.
3. Vakhromov E.N. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, no. 2, pp. 26-30.
4. Elichekova A., *The scientific heritage*, 2020, no. 49, pp. 43-46.

5. Korotaeva T.V., Zhukova T.G. *Naukovedenie*, 2016, no. 5(24), p. 5.
6. Krylovskiy A.B. *Materialy Obshcherossiyskogo Forumu «Strategicheskoe planirovanie v regionakh i gorodakh Rossii» 2018 goda* [Proceedings of the All-Russian Forum “Strategic Planning in the Regions and Cities of Russia” 2018]. <https://lc-av.ru/wp-content/uploads/2018/10/LC-AV.RCI-2018-181021.pdf>
7. Larina N.I., Makaev A.I. *Eko*, 2006, no. 10, pp. 2-26.
8. Merkushev V.V. *Mezhregional'nye ekonomicheskie sopostavleniya: sb. Statey* [Interregional economic comparisons]. M., 2004, pp. 24-38.
9. Official website of the Office of the Federal State Statistics Service for the Altai Territory and the Republic of Altai. <https://akstat.gks.ru/>
10. On the strategy for the socio-economic development of the Altai Republic for the period until 2035” (as amended on April 16, 2020): Decree of the Government of the Altai Republic dated March 13, 2018 No. 60. <http://www.consultant.ru/reg-base/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW916&n=33457#c22Zr9Tcmz9ymxtT>
11. On the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020: Decree of the Government of the Russian Federation dated November 17, 2008 No. 1662-r. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/
12. Pechatkin V.V., Salikhov S.U., Sablina V.A. *Reytingovaya otsenka konkurentosposobnosti regionov Rossii* [Rating assessment of the competitiveness of Russian regions]. Ufa: Institute of Socio-Economic Research of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2004, 205 p.
13. Solov'eva T.V. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, no. 49, pp. 153–162.
14. Tikhomirova I. *Investitsionnyy klimat v Rossii: regional'nye riski* [Investment climate in Russia: regional risks]. M.: Izdatsentr, 2015, 320 p.
15. Ushvitskiy L.I., Parakhina V.N. *Sbornik nauchnykh trudov SevKavGTU. Ekonomika*. 2005. no. 1, pp. 1-20.
16. Fedolyak V.S. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo*, 2018, vol. 10, no. 1, pp. 3–7.
17. Boyko N.A., Chvileva T.A., Romasheva N.V. The impact of coal companies on the socio-economic development of coal mining regions and its assessment. *Ugol*, 2019, vol. 11, pp. 48-53. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-11-48-53>
18. Dudukalov E.V., Terenina I.V., Perova M.V., Ushakov D. Industry 4.0 Readiness: The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Performance. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 244, 08020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124408020>
19. Glotko A., Karabasheva M., Prodanova N., Sychanina S., Vysotskaya O., Barmuta K. Directions of effective use of biopharmaceutical resources as a factor of

- sustainable development of mountain territories. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 2020, vol. 12, pp. 2037-2049. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.SP1.301>
20. Glotko A.V., Sycheva I.N., Dunets A.N., Kolupaev A.A., Makarov A.N., Anikienko N.N. Development of the regional agriculture through the cluster approach in Russian Federation. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, vol. 9(11), pp. 1156-1168.
 21. Ivanov A.V., Strizhenok A.V. Ecological and economic justification of the possibility of utilization of weathering gases from gas condensate enterprises on the basis of heat generation. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, vol. 14(22), pp. 3877-3885.
 22. Kolupaev A.A., Redkin A.G., Voinova N.E., Karabasheva M.R., Rzayev A.Y., Makhanova T.A. Main attributes of tourism transportation infrastructure formation. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, vol. 9(12), pp. 1185-1197.
 23. Martínez R.H., Arutyunyan S., Karabasheva M., Yesturliyeva A. Diagnostics and control of sustainable development of regions: Branch aspects. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 2020, vol. 9(3), pp. 1065-1076. [https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3\(30\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3(30))
 24. Petrov D., Movchan I. Comprehensive evaluation of anthropogenic load on environment components under conditions of ferroalloys manufacture, *Ecology, Environment and Conservation*, 2017, vol. 23(1), pp. 539-543.
 25. Smirnova N.V., Rudenko G.V. Tendencies, problems and prospects of innovative technologies implementation by Russian oil companies. *Journal of Industrial Pollution Control*, 2017, vol. 33(1), pp. 937-943.
 26. Voytyuk I.N., Kopteva A.V., Skamyin A.N. Software and hardware complex for ore quality control on a belt conveyor. *Paper presented at the Proceedings - 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020*, 2020, pp. 762-765. <https://doi.org/10.1109/SUMMA50634.2020.9280715>
 27. Zhamkeeva M. World experience in customs tariff regulation of external economic activities. *Actual Problems of Economics*, 2012, vol. 135(9), pp. 303-310.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Габдулхаков Рамзиль Борисович, доктор исторических наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технологический университет
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450064,
Российская Федерация
ramzill@rambler.ru

Полтарыхин Андрей Леонидович, доктор экономических наук, профессор
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
Стремянный пер., 36, г. Москва, 113054, Российская Федерация
poltarykhin@mail.ru

Цуканова Ольга Михайловна, кандидат исторических наук, доцент
Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Российская Федерация
kstu@yandex.ru

Авдеев Юрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Вологодский государственный университет
ул. Ленина, 15, г. Вологда, 160000, Российская Федерация
avdeevyur@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Ramzil B. Gabdulkhakov, Doctor of Historical Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russian
Federartion
ramzill@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2184-8660>

Andrey L. Poltarykhin, Doctor of Economics, Professor
Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 113054, Russian Federation
poltarykhin@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2272-2007>

Olga M. Tsukanova, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor
Southwest State University
94, 50 years of October Str., Kursk, 305040, Russian Federation
kstu@yandex.ru

Yuri M. Avdeev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Vologda State University
15, Lenin Str., Vologda, 160000, Russian Federation
avdeevyur@yandex.ru

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-6-362-390

УДК 664.8+539.1

К ВОПРОСУ О РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНЫХ АКТИВНОСТЕЙ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ОТДЕЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

*А.Н. Батян, В.А. Кравченко,
А.В. Якименко, В.В. Литвяк, Л.Б. Кузина*

Обоснование. *Продукты детского питания содержат в себе не только необходимые для жизнедеятельности компоненты, но и небезопасные для здоровья элементы, в частности радиоактивные изотопы стронция-90 и цезия-137. Излучение от изотопов, употребляемых внутрь в столь раннем возрасте, может привести к необратимым повреждениям органов и тканей, что пагубно влияет на дальнейшую жизнь человека.*

Материалы и методы. *В качестве объекта исследования были выбраны специализированные продукты детского питания готовые к употреблению от рыбных консервов до фруктово-молочных пюре, которые реализуются и производятся на территории Республики Беларусь. Продукты детского питания проанализированы на соответствие показателей удельных активностей стронция-90 и цезия-137 внутреннему гигиеническому нормативу Республики Беларусь ГН 10-117-99 и нормативу технического регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Исследование удельных активностей цезия-137 и стронция-90 проводилось с использованием РКГ-АТ1320 и МСК-АТ1315 соответственно. Также был произведен статистический анализ с помощью пакета Statistica, где определялись коэффициент вариации показателя внутри вида продукции, а также дисперсия полученных значений.*

Результаты. *Среди проанализированных 14 видов детского питания были отмечены следующие особенности: удельные активности цезия-137 варьировали от 1,2 Бк/кг в «Пюре из говядины» до 7,0 в «Пюре из персиков», что, на наш взгляд, обусловлено уменьшением содержания радионуклида при его миграции в пищевых цепочках: растение → животное, а также технологическими особенностями приготовления продукта.*

Удельные активности стронция-90 варьировали от 1 Бк/кг в «Пюре из банана и клубники со сливками» до 1,85 Бк/кг в «Соке яблочно-шиповниковом восстановленном». Также отмечено, что внутри вида «Пюре из банана и клубники со сливками» значения также изменяются в широком для удельной активности стронция-90 диапазоне от 1 Бк/кг до 1,8 Бк/кг. Данный факт можно объяснить погрешностями в методике определения, так как производится термическое концентрирование продукта.

Статистический анализ показал, что наименьший коэффициент вариации был в «Пюре из чернослива» – 3,18%, а наибольшее в «Пюре из семги» – 75%. Высокий коэффициент вариации в «Пюре из семги», по-видимому, обусловлен разнообразием кормовой базы для семги. Низкое значение коэффициента вариации в «Пюре из чернослива» вызвано однородностью условий произрастания чернослива.

Заключение. Проанализированная специализированная продукция детского питания соответствует республиканскому нормативному акту ГН 10-117-99, а также нормативу ЕАЭС ТР ТС 021/2011.

Ключевые слова: детское питание; радиологическое состояние; консервы; пюре; сок; морс

Для цитирования. Батын А.Н., Кравченко В.А., Якименко А.В., Литвяк В.В., Кузина Л.Б. К вопросу о радиационной безопасности: Исследование удельных активностей стронция-90 и цезия-137 в отдельных продуктах детского питания // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 6. С. 362-390. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-362-390

TO THE QUESTION OF RADIATION SAFETY: STUDY OF SPECIFIC ACTIVITIES OF STRONTIUM-90 AND CESIUM-137 IN SELECTED BABY FOOD PRODUCTS

*A.N. Batyan, A.V. Yakimenko,
V.A. Kravchenko, V.V. Litvyak, L.B. Kuzina*

Background. Baby food products contain the necessary components for life and elements that are unsafe for health, particularly the radioactive isotopes of strontium-90 and cesium-137. Radiation from isotopes ingested at such an early age can lead to irreversible damage to organs and tissues, negatively affecting a person's later life.

Materials and methods. As an object of research, we selected specialized ready-to-eat baby food products from canned fish to fruit and milk purees sold and produced in the Republic. We analyze baby food products for compliance with the specific activity indicators of strontium-90 and cesium-137 with the internal hygienic standard of the Republic of Belarus GN 10-117-99 and the technical regulation of the Customs Union «On food safety» (TR TS 021/2011). We study the specific activities of cesium-137 and strontium-90 using RKG-AT1320 and MSK-AT1315, respectively. In addition, we undertake statistical analysis using the Statistica package, where we determine the coefficient of variation of an indicator within a product and the variance of the available values.

Results. In 14 types of baby food, we found the following features: the specific activities of cesium-137 varied from 1,2 Bq/kg in Beef Puree to 7,0 in Peach Puree, which, in our opinion, is due to a decrease in the content of radionuclide during its migration in food chains: plant → animal, as well as technological features of product preparation.

Specific activities of strontium-90 varied from 1 Bq/kg in Banana and Strawberry Puree with Cream to 1,85 Bq/kg in Reduced Apple-Rosehip Juice. We also noted that within the species «Puree of banana and strawberry with a cream», the values also change in a wide range for the specific activity of strontium-90 from 1 Bq/kg to 1.8 Bq/kg. Errors in the determination procedure can explain this fact since the product is thermally concentrated.

Statistical analysis showed that the smallest coefficient of variation was in «Prune puree» – 3,18%, and the highest in «Salmon puree» – 75%. The high coefficient of variation in «Salmon puree» is due to the diversity of the fodder base for salmon. On the other hand, the low value of the coefficient of variation in «Prune puree» is caused by the uniformity of the growing conditions of prunes.

Conclusion. The analyzed specialized baby food products comply with the republican normative act GN 10-117-99 and the EAEU standard TR CU 021/2011.

Keywords: baby food; radiological condition; canned food; puree; juice; fruit drink

For citation. Batyan A.N., Yakimenko A.V., Kravchenko V.A., Litvyak V.V., Kuzina L.B. To the question of radiation safety: Study of specific activities of strontium-90 and cesium-137 in selected baby food products. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 362-390. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-6-362-390

Введение

В настоящее время в связи с износом основных фондов большинства предприятий эпохи СССР, использовавших в том или ином виде радиоактивные элементы, уменьшением «мертвых» зон вокруг действующих подобных предприятий, в связи с высоким риском отложенных последствий радиационных катастроф прошлого, в связи с возможностью вскрытия захоронений

радиоактивных отходов в процессе строительства и хозяйствования, а также в связи с возможностью терактов, направленных на загрязнение продукции сельского хозяйства радиоактивными элементами и составами стал особенно актуальным вопрос о радиационной безопасности в пищевом производстве. Несмотря на участвовавшие инциденты, связанные с причинами, указанными выше, контроль радиационной безопасности как массового, так и специализированного производства продуктов питания в Российской Федерации по факту в постсоветское время перестал быть постоянным. Кроме того, в настоящее время радиационная обработка (например, стерилизация) специально используется для обработки пищевых продуктов, предназначенных для лечебного и профилактического питания пациентов с определенными патологиями (регулируется, в частности, с помощью Межгосударственного стандарта «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» (ГОСТ ISO 14470-2014).

Следует обратиться к опыту соблюдения радиационной безопасности при пищевом производстве на территории постсоветского государства, славящегося высокими стандартами качества продуктов потребления, в том числе – питания. Радиационный контроль продуктов питания в Республике Беларусь осуществляется в целях минимизации последствий облучения населения [3]. Измеряемым параметром объектов радиационного контроля является характеристика факторов внутреннего радиационного воздействия на человека: удельная активность радионуклидов в продуктах питания [8, 12, 21].

Для продукции, произведенной на территории Республики Беларусь, существуют два направления нормирования удельных активностей цезия-137 и стронция-90.

Первое направление – Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) в виде гигиенического норматива ГН 10-117-99 [1]. В данном нормативе утверждены нормы по удельным активностям цезия-137 и стронция-90 для 21 и 5 видов продукции соответственно. Пункт 20 в таблице нормируемых величин для цезия-137 «специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде» содержит норму до 37 Бк/кг (л). В таблице нормируемых величин по стронцию-90 пункт 5 «специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде» нормирует значение до 1,85 Бк/кг (л).

Второе направление – технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [6]. Приложение 4

вышеуказанного технического регламента устанавливает допустимые уровни удельных активностей радионуклидов цезия-137 и стронция-90 для 22 видов пищевой продукции. Для специализированных продуктов детского питания в готовом для употребления виде (пункт 19) устанавливается допустимый уровень удельной активности цезия-137 до 40 Бк/кг (л), а также допустимый уровень удельной активности стронция-90 до 25 Бк/кг (л) [11, 30].

Цезий-137 – смешанный бета-, гамма-излучатель с периодом полураспада 30,2 года [16]. Является аналогом калия [26]. В животных организмах цезий-137, поступающий с кормом, накапливается по большей части в мышечной ткани – около 80% и скелете – 10% [20, 27]. Остальное количество относительно равномерно распределено по другим органам [24].

По степени задержки цезия-137 в растительных объектах их можно расположить в порядке увеличения [32]: естественная травянистая растительность – пшеница – картофель – свекла – капуста. Что касается генеративных и вегетативных частей растения – в них концентрация радионуклида примерно одинакова [13].

Стронций-90 – бета-излучатель с периодом полураспада 28,6 лет [14]. Является аналогом кальция, депонируется в костях и костном мозге [19, 28]. Эффективный период полувыведения составляет около 17,5 лет [17].

Стронций слабо фиксируется в почве – большая часть находится в почвенном растворе, поэтому и легко поступает в растительные организмы [23].

Механизм усвоения радионуклидов корнями растений схож с поглощением основных питательных микро- и макроэлементов [10]. Выявлено сходство поглощения цезия с калием, а стронция с кальцием. Что касается относительного количества поглощения исследуемых радионуклидов – цезий поглощается в больших количествах, нежели стронций [31, 22].

Радиационная обстановка Республики Беларусь в прошлом была серьезно обострена, что неблагоприятно сказывается на населении страны до нынешнего времени. Исследование радиационного положения в сфере продуктов детского питания является необходимым, так как здоровье будущих поколений Республики напрямую зависит от продуктов питания и состояние окружающей среды [7, 18, 29].

Целью явилось исследование удельных активностей стронция-90 и цезия-137 в отдельных продуктах детского питания.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования. Объектом исследования явилась консервная овощная, фруктовая, мясная, рыбная, соковая и мясорастительная продук-

ция торговых знаков «Маленькое счастье» и «Аленка любит» производства ООО «Белфуд Продакшн» за период с 02 ноября 2017 г по 04 января 2020 г:

- консервы рыбные «Пюре из хека» для питания детей раннего возраста гомогенизированные, стерилизованные ТМ «Маленькое счастье» произведенные 23.08.2018 г., 23.02.2019 г., 22.06.2019 г.;
- консервы рыбные «Пюре из семги» для питания детей раннего возраста гомогенизированные, стерилизованные ТМ «Маленькое счастье» произведенные 16.01.2019 г., 26.08.2019 г., 17.09.2019 г.;
- консервы мясные «Пюре из говядины» для питания детей раннего возраста гомогенизированные, стерилизованные ТМ «Маленькое счастье» «Аленка любит» произведенные 06.02.2019 г., 23.05.2019 г., 11.11.2019 г., 21.11.2019 г.;
- консервы из мяса птицы «Пюре из индейки» для питания детей раннего возраста гомогенизированные, стерилизованные ТМ «Маленькое счастье» «Аленка любит» произведенные 19.02.2019 г., 24.05.2019 г., 05.11.2019 г.;
- консервы из мяса птицы «Пюре из мяса цыплят» для питания детей раннего возраста гомогенизированные, стерилизованные ТМ «Маленькое счастье» «Аленка любит» произведенные 14.11.2018 г., 07.02.2019 г., 09.07.2019 г.;
- морс из черники и голубики для детского питания для детей раннего возраста «Лесные ягоды» гомогенизированный, стерилизованный ТМ «Маленькое счастье» произведенный 14.12.2017 г., 16.09.2019 г., 04.01.2020 г.;
- сок яблочно-шиповниковый восстановленный для питания детей раннего возраста гомогенизированный, стерилизованный ТМ «Маленькое счастье» произведенный 05.12.2017 г., 10.09.2018 г., 21.01.2020 г.;
- пюре из персиков для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 07.06.2018 г., 06.03.2019 г., 19.06.2019 г.;
- пюре из яблок и персиков для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 02.11.2017 г., 04.01.2018 г., 03.01.2018 г.;
- пюре из чернослива для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 18.10.2018 г., 03.08.2019 г., 06.10.2019 г.;
- пюре из яблок и банана для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 04.11.2017 г., 11.10.2018 г., 13.05.2019 г.;

- пюре из банана и клубники со сливками для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 29.06.2019 г., 18.07.2019 г., 03.09.2019 г.;
- пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт» для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 22.08.2018 г., 20.06.2019 г., 14.07.2019 г., 30.08.2019 г., 01.09.2019 г., 06.11.2019 г.;
- пюре из яблок и банана с творогом и сливками для детского питания для детей раннего возраста гомогенизированное, стерилизованное ТМ «Маленькое счастье» произведенное 17.10.2018 г., 15.04.2019 г., 04.06.2019 г.;

Методы физико-химических исследований. Оценка радиологического состояния продукции предприятия проводилась в аккредитованной лаборатории Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены».

Определение удельной активности цезия-137 на соответствие ТР ТС 021/2011 и ГН 10-117-99 проводилось по МВИ 114-94 с использованием селективного сцинтиляционного радиометра гамма-излучения РКГ-АТ1320 (рис. 1) [4].



а – гамма-излучения РКГ-АТ1320, *б* – гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315

Рис. 1. Фотографии радиометра

Исследование стронция-90 на соответствие ТР ТС 021/2011 и ГН 10-117-99 проводилось по МВИ. МН 1181-2011 с использованием метода термического концентрирования согласно ГОСТу 32163-2013 проводилось с использованием гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315 с детектором бета-излучения в виде органического сцинтиллятора на основе полистирола, активированного паратерфенилом (рис. 1) [2, 5].

Статистический анализ. По видам продукции произведет описательный статистический анализ в программе Statistica 12.0 для значений удельной активности стронция-90 и цезия-137 для каждой из групп продукции: расчет среднего значения, дисперсии, коэффициента вариации [9].

Результаты и обсуждения. В таблице 1 приведена основная характеристика радионуклидов. Результаты исследований представлены в таблицах 2–6 и на рисунках 2–6.

Таблица 1.

Характеристика радионуклидов

Наименование и символ элемента	Атомный номер	Относительная атомная масса	Электронная конфигурация атомов в невозбужденном состоянии	Электроотрицательность по Полингу (χ)	Период полураспада ($T_{1/2}$)
Стронций-90 ^{90}Sr	38	87,62	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	0,95	28,79 лет
Цезий-137 ^{137}Cs	55	132,905	[Xe]6s ¹	0,79	30,17 лет

Как видно из таблицы 2 и рисунка 2а, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из хека» от 23.02.2019 г. выросла на 7,27% по сравнению с образцом за 23.08.2018 г., а в образце за 22.06.2019 г. снизилась на 57,63%, относительно образца за 23.02.2019 г.

Таблица 2.

Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в рыбных консервах

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из хека»	23.08.2018 г.	5,5	Не более 40*	1,7	Не более 40*
	23.02.2019 г.	5,9		1,3	
	22.06.2019 г.	2,5	Не более 37**	1,8	Не более 37**

Окончание табл. 2.

Среднее значение по виду		4,63±1,86		1,60±0,26	
«Пюре из сёмги»	16.01.2019 г.	5,2	Не более 40*	1,6	Не более 25*
	26.08.2019 г.	1,3		1,6	
	17.09.2019 г.	1,9	Не более 37**	1,5	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		2,80±2,10		1,57±0,06	

Примечание: * – согласно ТР ТС 021/2011, ** – согласно ГН 10-117-99.

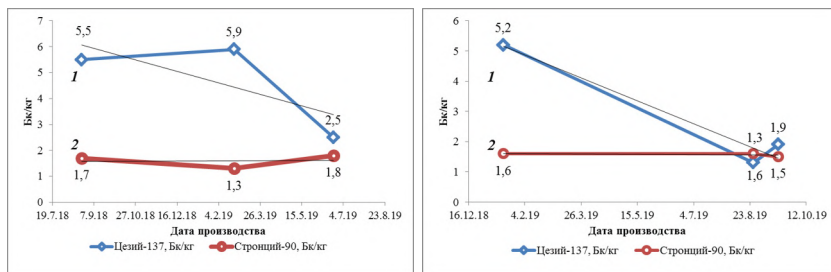


Рис. 2. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в рыбных консервах.
 $I - y = -0,0089x - 390,37; R^2 = 0,5307$; $I - y = -0,0152x - 664,63; R^2 = 0,9503$;
 $2 - y = 0,0001x - 3,4395; R^2 = 0,0045$. $2 - y = -0,0002x - 12,186; R^2 = 0,3237$.
 а – «Пюре из хека», б – «Пюре из сёмги»

Рис. 2. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в рыбных консервах.

Удельная активность стронция-90 в образце от 23.02.2019 г. ниже на 23,53%, чем в образце за 23.08.2018 г., в образце за 22.06.2019 г. замечено повышение удельной активности на 38,46% сравнительно с образцом за 23.02.2019 г.

По рыбным консервам вида «Пюре из хека» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 3,45, коэффициент вариации равен 40,11%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,07, коэффициент вариации равен 16,54%.

Удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из сёмги» (табл. 2, рис. 2б) от 26.08.2019 г. снизилась на 75% относительно образца за 16.01.2019 г., в образце от 17.09.2019 г. она выросла на 46,15% по сравнению с образцом за 26.08.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образцах от 26.08.2019 г. и 16.01.2019 г. не изменилась, а в образце от 17.09.2019 г. снизилась на 6,25% по сравнению с предыдущими изменениями.

По рыбным консервам вида «Пюре из сёмги» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 4,41, коэффициент вариации равен 75%.

Дисперсия для значений удельной активности Sr-137 равна 0,003, коэффициент вариации равен 3,69%.

Как видно из таблицы 3 и рисунка 3а, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из говядины» от 23.05.2019 г. снизилась на 38,24% по сравнению с образцом за 06.02.2019 г. В образце за 11.11.2019 г. удельная активность ниже на 42,86%, чем в образце за 23.05.2019 г. Образец от 21.11.2019 г. обладал удельной активностью на 16,67% выше относительно предыдущей пробы от 11.11.2019 г.

Таблица 3.

Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в мясных консервах

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из говядины»	06.02.2019 г.	3,4	Не более 40* Не более 37**	1,4	Не более 25*
	23.05.2019 г.	2,1		1,7	
	11.11.2019 г.	1,2		1,78	Не более 1,85**
	21.11.2019 г.	1,4		1,76	
Среднее значение по виду		2,03±0,99		1,66±0,18	
«Пюре из индейки»	19.02.2019 г.	2,7	Не более 40*	1,2	Не более 25*
	24.05.2019 г.	1,8		1,7	
	05.11.2019 г.	3,0	Не более 37**	1,7	Не более 1,87**
Среднее значение по виду		2,5±0,62		1,53±0,29	
«Пюре из цыплят»	14.11.2018 г.	6,8	Не более 40*	1,6	Не более 25*
	07.02.2019 г.	5,5		1,2	
	09.07.2019 г.	4,1	Не более 37**	1,4	Не более 1,87**
Среднее значение по виду		5,47±1,35		1,40±0,20	

Удельная активность стронция-90 в образце от 23.05.2019 г. повысилась на 21,43%, в сравнении с образцом за 06.02.2019 г., а в образ-

це за 11.11.2019 г. она повысилась на 4,71% относительно образца за 23.05.2019 г. Образец от 21.11.2019 г. имел удельную активность цезия ниже на 1,12% относительно предыдущей пробы от 11.11.2019 г.

По мясным консервам вида «Пюре из говядины» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,99, коэффициент вариации равен 49,11%.

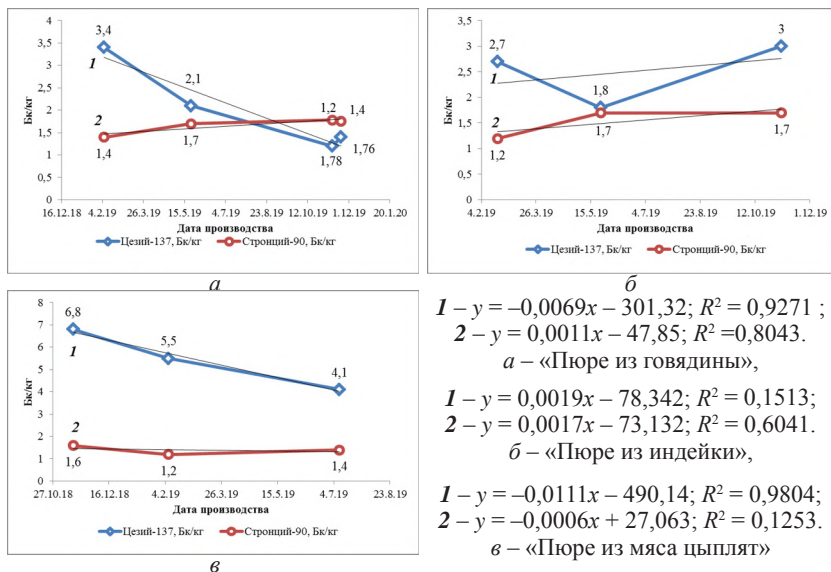


Рис. 3. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в мясных консервах

Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,03, коэффициент вариации равен 10,64%.

Исходя из значений в таблице 3 и рисунка 3б, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из индейки» от 24.05.2019 г. снизилась на 33,33% по сравнению с образцом за 19.02.2019 г., а в образце за 05.11.2019 г. повысилась на 66,67% относительно образца от 24.05.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 24.05.2019 г. повысилась на 41,67% относительно образца от 19.02.2019 г., а в образце за 05.11.2019 г. значение оказалось равно предыдущему.

По консервам из мяса птицы вида «Пюре из индейки» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,39, коэффициент вариации равен 24,98%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,08, коэффициент вариации равен 18,83%.

Согласно таблице 3 и рисунка 3в, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из цыплят» от 07.02.2019 г. снизилась на 19,12% в сравнении с образцов за 14.11.2018 г. Образец от 09.07.2019 г. имел удельную активность ниже на 25,45%, чем в образце за 07.02.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 07.02.2019 г. снизилась на 25% относительно образца за 14.11.2018 г., а в образце за 09.07.2019 г. значение удельной активности выше, чем в образце от 07.02.2019 г. на 16,67%.

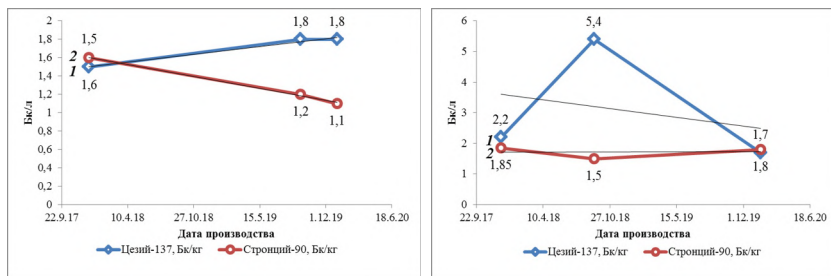
По консервам из мяса птицы вида «Пюре из мяса цыплят» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 1,82, коэффициент вариации равен 24,70%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,04, коэффициент вариации равен 14,29%.

Как видно из таблицы 4 и рисунка 4а, удельная активность цезия-137 в образце «Морса из черники и голубики «Лесные ягоды» от 16.09.2019 г. повысилась на 20,00% по сравнению с образцом за 14.12.2017 г., удельная активность продукта за 04.01.2020 равна предыдущему измерению продукции за 16.09.2019 г.

Таблица 4.

**Удельная активность цезия-137 и стронция-90
в консервированном морсе и соке**

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/л	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/л	Требования ТНПА
Морс из черники и голубики «Лесные ягоды»	14.12.2017 г.	1,5	Не более 40*	1,6	Не более 25*
	16.09.2019 г.	1,8	Не более 37**	1,2	Не более 1,85**
	04.01.2020 г.	1,8		1,1	
Среднее значение по виду		1,70±0,17		1,30±0,26	
Сок яблочно-шиповниковый	05.12.2017 г.	2,2	Не более 40*	1,85	Не более 25*
	21.01.2020 г.	1,7		1,8	
	10.09.2018 г.	5,4	Не более 37**	1,5	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		3,10±2,00		1,72±0,19	



$$I - y = 0,0004x - 16,725; R^2 = 0,9816;$$

$$2 - y = -0,0007x + 29,666; R^2 = 0,9971.$$

$$I - y = -0,0014x - 65,62; R^2 = 0,0797;$$

$$2 - y = 1E-05x + 1,114; R^2 = 0,0008.$$

a – «Морс из черники и голубики «Лесные ягоды»,
б – «Сок яблочно-шиповниковый»

Рис. 4. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в консервированном морсе и соке.

Удельная активность стронция-90 в образце от 16.09.2019 г. снизилась на 25% относительно образца за 14.12.2017 г., в образце от 04.01.2020 г. она снизилась на 8,33% по сравнению с образцом за 16.09.2019 г.

По виду морса «Лесные ягоды» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,03, коэффициент вариации равен 10,19%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,07, коэффициент вариации равен 20,35%.

Исходя из значений в таблице 4 и на рисунке 4б, удельная активность цезия-137 в образце «Сока яблочно-шиповникового» от 10.09.2018 г. выросла на 145,46% в сравнении с образцом за 05.12.2017 г., а в образце от 21.01.2020 г. снизилась на 68,52% относительно образца от 10.09.2018 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 10.09.2018 г. снизилась на 1,85% по сравнению с образцом за 05.12.2017 г., а в образце от 21.01.2020 г. повысилась на 20% по сравнению с образцом от 10.09.2018 г.

По виду сока яблочно-шиповникового дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 4,03, коэффициент вариации равен 64,76%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,04, коэффициент вариации равен 11,03%.

Согласно таблице 5 и рисунку 5а, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из персиков» от 06.03.2019 г. выросла на 12,19% по сравнению с образцом за 07.06.2018 г., этот же показатель в образце от 19.06.2019 г. вырос на 52,17% по сравнению с предыдущим измерением от 06.03.2019 г.

Таблица 5.

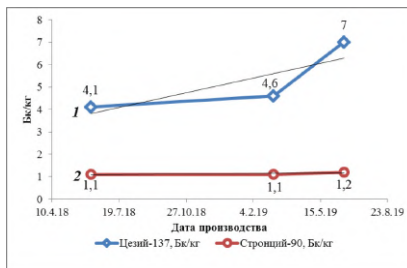
**Удельная активность цезия-137 и стронция-90
в консервированном фруктовом пюре**

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из персиков»	19.06.2019 г.	7,0	Не более 40*	1,2	Не более 25*
	07.06.2018 г.	4,1		1,1	
	06.03.2019 г.	4,6	Не более 37**	1,1	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		5,23±1,55		1,13±0,06	
«Пюре из яблок и персиков»	03.01.2018 г.	6,2	Не более 40*	–	Не более 25*
	04.02.2018 г.	6,2	Не более 37**	–	
	02.11.2017 г.	3,7		–	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		5,37±1,44		–	
«Пюре из чернослива»	03.08.2019 г.	1,7	Не более 40*	1,0	Не более 25*
	18.10.2018 г.	3,7		1,7	
	06.10.2019 г.	1,8	Не более 37**	1,1	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		2,40±1,13		1,27±0,38	
«Пюре из яблок и банана»	11.10.2018 г.	3,7	Не более 40*	1,7	Не более 25*
	04.11.2017 г.	3,7		1,6	
	13.05.2019 г.	3,5	Не более 37**	1,6	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		3,63±0,12		1,63±0,06	

Удельная активность стронция-90 в образце от 06.03.2019 г. равна удельной активности в образце от 17.06.2018 г., а в образце от 19.06.2019 г. повысилась на 9,09% относительно образца за 06.03.2019 г.

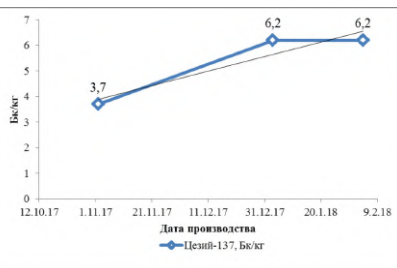
По виду пюре из персиков дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 2,40, коэффициент вариации равен 26,62%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,003, коэффициент вариации равен 5,09%.

Основываясь на таблице 5 и рисунке 5б, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из яблок и персиков» от 03.01.2018 г. выше на 67,57%, чем в образце за 02.11.2017 г., значения в образцах от 04.02.2018 г. и 03.01.2018 г. равны.

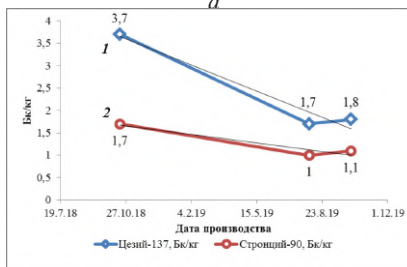


$$1 - y = 0,0065x - 278,29; R^2 = 0,6699;$$

$$2 - y = 0,0002x - 8,0922; R^2 = 0,5114.$$

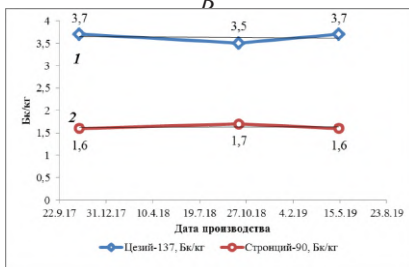


$$y = 0,0285x - 1221; R^2 = 0,8879.$$



$$1 - y = -0,0059x + 257,65; R^2 = 0,9543;$$

$$2 - y = -0,0019x + 85,035; R^2 = 0,9107.$$



$$1 - y = -5E-05x + 5,9751; R^2 = 0,0172;$$

$$2 - y = 3E-05x + 0,4624; R^2 = 0,0172.$$

а – «Пюре персиков», *б* – «Пюре из яблок и персиков»,
в – «Пюре из чернослива», *з* – «Пюре из яблок и банана»

Рис. 5. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в консервированном морсе и соке.

По виду пюре из яблок и персиков дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 2,08, коэффициент вариации равен 26,90%.

Анализ таблицы 5 и рисунка 5б показал, что удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из чернослива» от 03.08.2019 г. снизилась на 54,05% относительно пробы за 18.10.2018 г., а в образце от 06.10.2019 г. повысилась на 5,88% относительно предыдущей пробы от 03.08.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 03.08.2019 г. также снизилась на 41,18% в сравнении с предыдущим образцом за 18.10.2018 г., в пробе от 06.10.2019 г. удельная активность выросла на 10% относительно предыдущего измерения 03.08.2019 г.

По виду пюре из чернослива дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 1,27, коэффициент вариации равен 49,96%. Дисперсия

для значений удельной активности Sr-90 равна 0,14, коэффициент вариации равен 29,89%.

Из таблицы 5 и рисунка 5г видно, что удельные активности цезия-137 в образцах «Пюре из яблок и банана» от 11.10.2018 г. и 04.11.2017 г. имеют идентичные значения, в образце от 13.05.2019 г. выявлено снижение на 5,40% относительно предыдущего образца от 11.10.2018 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 11.10.2018 г. повысилась на 6,25% в сравнении с предыдущим образцом за 04.11.2017 г., в пробе от 13.05.2019 г. удельная активность снизилась на 5,88% относительно предыдущего измерения 11.10.2018 г.

По виду пюре из чернослива дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,01, коэффициент вариации равен 3,18%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,003, коэффициент вариации равен 3,54%.

Согласно таблице 6 и рисунка 6а, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из банана и клубники со сливками» от 18.07.2019 г. снизилась на 45,0% по сравнению с пробой за 29.06.2019 г., а в образце от 03.09.2019 г. снизилась на 45,45% сравнивая с образцом за 18.07.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 18.07.2019 г. повысилась на 80,0% сравнивая с образцом за 29.06.2019 г., а в образце от 03.09.2019 г. снизилась на 38,89% по сравнению с образцом от 18.07.2019 г.

По виду пюре из банана и клубники со сливками дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 2,01, коэффициент вариации равен 57,52%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,19, коэффициент вариации равен 33,53%.

Согласно таблице 6 и рисунку 6б, удельная активность цезия-137 в образце Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт» от 20.06.2019 г. снизилась на 50,0%, сравнивая с образцом за 22.08.2018 г.; в образце от 14.07.2019 г. повысилась на 72,73% относительно от 22.08.2018 г.; в образце от 30.08.2019 г. удельная активность равна значению 20.06.2019 г.; в образце от 06.11.2019 г. значение снизилось на 63,16% по сравнению с пробой от 30.08.2019 г.; в образце от 01.09.2019 г. значение повысилось на 207,14% по сравнению с предыдущим измерением пробы от 06.11.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 20.06.2019 г. повысилась на 18,18% относительно образца за 22.08.2018 г.; в образце от 14.07.2019 г. она снизилась на 23,08%, чем в образце от 22.08.2018 г.; в образце от 30.08.2019 г.

Таблица 6.

**Удельная активность цезия-137 и стронция-90
в консервированном фруктово-молочном пюре**

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из банана и клубники со сливками»	03.09.2019 г.	1,2	Не более 40*	1,1	Не более 25*
	18.07.2019 г.	2,2		1,8	
	29.06.2019 г.	4,0	Не более 37**	1,0	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		2,47±1,42		1,3±0,44	
«Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт»	01.09.2019 г.	4,3	Не более 40*	1,2	Не более 25*
	06.11.2019 г.	1,4		1,6	
	30.08.2019 г.	3,8		1,2	
	14.07.2019 г.	3,8	Не более 37**	1,0	Не более 1,85**
	20.06.2019 г.	2,2		1,3	
	22.08.2018 г.	4,4		1,1	
Среднее значение по виду		3,32±1,23		1,23±0,21	
«Пюре из яблок и банана с творогом и сливками»	04.06.2019 г.	2,7	Не более 40*	1,4	Не более 25*
	15.04.2019 г.	2,2		1,1	
	17.10.2018 г.	3,7	Не более 37**	1,7	Не более 1,85**
Среднее значение по виду		2,87±0,76		1,40±0,30	

Удельная активность выше на 20%, чем в образце от 20.06.2019 г.; в образце от 06.11.2019 г. удельная активность выросла на 33,33% по сравнению с образцом от 30.08.2019 г.; в образце от 01.09.2019 г. она снизилась на 25% в сравнении с пробой за 06.11.2019 г.

По виду пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 1,51, коэффициент вариации равен 37,00%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,04, коэффициент вариации равен 16,75%.

Согласно таблице 6 и рисунка 6в, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из яблок и банана с творогом и сливками» от 15.04.2019 г.

снизилась на 40,54% относительно пробы за 17.10.2018 г., удельная активность образца 04.06.2019 г. выше на 22,73% по сравнению с предыдущим образцом от 15.04.2019 г.

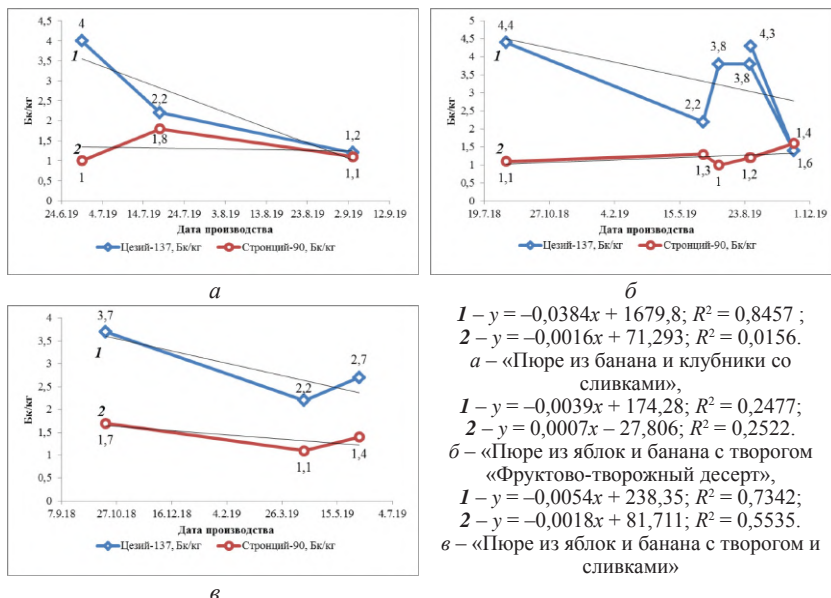


Рис. 6. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в консервированном фруктово-молочном пюре

Удельная активность стронция-90 в образце от 15.04.2019 г. снизилась на 35,29% по сравнению с образцом за 17.10.2018, а в образце от 04.06.2019 г. повысилась на 27,27% по сравнению с образцом от 15.04.2019 г.

По виду пюре из яблок и банана с творогом и сливками дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,58, коэффициент вариации равен 26,64%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,09, коэффициент вариации равен 21,43%.

Удельные активности цезия-137 варьировали от 1,2 Бк/кг в «Пюре из говядины» и «Пюре из банана и клубники со сливками» до 7,0 в «Пюре из персиков», что, на наш взгляд, обусловлено уменьшением содержания радионуклида при его миграции в пищевых цепочках: растение → животное [25], а также технологическими особенностями приготовления продукта.

Статистический анализ показал, что наименьший коэффициент вариации был в «Пюре из чернослива» – 3,18%, а наибольшее в «Пюре из сёмги» – 75%. Высокий коэффициент вариации в «Пюре из сёмги», по-видимому, обусловлен разнообразием кормовой базы для сёмги [15]. Низкое значение коэффициента вариации в «Пюре из чернослива» вызвано однородностью условий произрастания чернослива.

Выводы

1. Проанализированная продукция детского питания, произведенная в ООО «Белфуд Продакшн» (рыбные консервы, мясные консервы, консервированный морс и сок, консервированное фруктовое пюре, консервированное фруктовое-молочное пюре) соответствует республиканскому нормативному акту ГН 10-117-99, а также нормативу ЕАЭС ТР ТС 021/2011 по уровню удельных активностей изотопов Цезия-137 и Стронция-90.

2. Наибольшая удельная активность Цезия-137 – 7 Бк/кг – отмечена в виде «Пюре из персиков». Наименьшая удельная активность Цезия-137 – 1,2 Бк/кг – зарегистрирована в следующих наименованиях: «Пюре из банана и клубники со сливками», «Пюре из говядины».

3. Наименьшая удельная активность Стронция-90 (1 Бк/кг) наблюдалась в видах «Пюре из чернослива», «Пюре из банана и клубники со сливками» и «Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт», а наибольшая (1,85 Бк/кг) в виде «Сок яблочно-шиповниковый».

4. В соответствии с убыванием удельной активности Цезия-137 изученные образцы детского питания можно выстроить в следующий ряд: «Пюре из мяса цыплят» – $5,47 \pm 1,35$ Бк/кг, «Пюре из яблок и персиков» – $5,37 \pm 1,44$ Бк/кг, «Пюре из персиков» – $5,23 \pm 1,55$ Бк/кг, «Пюре из хека» – $4,63 \pm 1,86$ Бк/кг, «Пюре из яблок и банана» – $3,63 \pm 0,12$ Бк/кг, «Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт» – $3,32 \pm 1,23$ Бк/кг, «Сок яблочно-шиповниковый» – $3,10 \pm 2,00$ Бк/л, «Пюре из яблок и банана с творогом и сливками» – $2,87 \pm 0,76$ Бк/кг, «Пюре из сёмги» – $2,80 \pm 2,10$ Бк/кг, «Пюре из индейки» – $2,50 \pm 0,62$ Бк/кг, «Пюре из банана и клубники со сливками» – $2,47 \pm 1,42$ Бк/кг, «Пюре из чернослива» – $2,40 \pm 1,13$ Бк/кг, «Пюре из говядины» – $2,03 \pm 0,99$ Бк/кг, «Морс из черники и голубики «Лесные ягоды» – $1,70 \pm 0,17$ Бк/л, соответственно. Удельная активность Цезия-137 колебалась в пределах 1,70–5,47 Бк/кг.

5. Все исследованные образцы детского питания можно также выстроить в ряд по убыванию удельной активности Стронция-90: «Сок яблочно-шиповниковый» – $1,72 \pm 0,19$ Бк/л, «Пюре из говядины» – $1,66 \pm 0,18$

Бк/кг, «Пюре из яблок и банана» – $1,63 \pm 0,06$ Бк/кг, «Пюре из хека» – $1,60 \pm 0,26$ Бк/кг, «Пюре из сёмги» – $1,57 \pm 0,06$ Бк/кг, «Пюре из индейки» – $1,53 \pm 0,29$ Бк/кг, «Пюре из мяса цыплят» – $1,40 \pm 0,2$ Бк/кг, «Пюре из яблок и банана с творогом и сливками» – $1,40 \pm 0,30$ Бк/кг, «Морс из черники и голубики «Лесные ягоды» – $1,30 \pm 0,26$ Бк/л, «Пюре из банана и клубники со сливками» – $1,30 \pm 0,44$ Бк/л(кг), «Пюре из чернослива» – $1,27 \pm 0,38$ Бк/кг, «Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт» – $1,23 \pm 0,21$ Бк/кг, «Пюре из персиков» – $1,13 \pm 0,06$ Бк/кг, соответственно. Коледания удельной активности Стронция-90 были в рамках 1,13–1,72 Бк/кг.

Заключение комитета по этике. Не применимо.

Информированное согласие. Не применимо.

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

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки. Публикация подготовлена в рамках Государственного задания ФГБУН Центр исследования проблем безопасности РАН на 2021 г. и на плановый период 2022 и 2023 гг. «Исследования проблем обеспечения национальной безопасности Российской Федерации в современных условиях, в том числе в сферах функционирования государственной системы управления, обеспечения территориальной целостности России, противодействия экстремизму и терроризму, обеспечения экономической и научно-технологической безопасности» (код работы – № 0006-2021-0005).

Список литературы

1. Гигиенические нормативы №10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)». Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26 апреля 1999 г. № 16. Минск: Главный государственный санитарный врач Республики Беларусь. 1999. 5 с.
2. ГОСТ 32163-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90»: Утв. постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 11 ноября 2014 г. № 50 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 января 2016 г. Минск: Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. 2014. 12 с.

3. Положение о системе контроля радиоактивного загрязнения: Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 04.05.2015 № 372. Минск: Совет Министров Республики Беларусь. 2015. 7 с.
4. МВИ. МН 1181-2011 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности стронция-90, цезия-137 и калия-40 на гамма-бета-спектрометре МКС-АГ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов цезия-137 и калия-40 на гамма-спектрометре типа ЕL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства и других объектах окружающей среды»: Утв. БелГИМ от 17.11.2011. Минск: БелГИМ. 2011. 31 с.
5. МВИ 114-94 «Методика экспрессного радиометрического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов цезия в воде, почве, продуктах питания, продукции животноводства и растениеводства радиометрами РКГ-01, РКГ-02, РКГ-02С, РКГ-03»: утв. Минсельхозпродом от 10.06.1994. Минск: Минсельхозпрод, 1994. 24 с.
6. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011 (с изменениями на 8 августа 2019 года): Принят 09.12.2011, вступ. в силу 01.07.2013. Комиссия Таможенного союза. 2011. 242 с.
7. Радиобиология: Вчера, сегодня, завтра: курс лекций / [И.Э. Бученков и др.] // Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет». Минск: ИВЦ Минфина. 2018. 255 с.
8. Радиобиология: Медико-экологические проблемы / С.А. Маскевич [и др.] // Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет». Минск: ИВЦ Минфина. 2019. 255 с.
9. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учебное пособие / Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2012. 140 с.
10. Тепляков Б.И. Сельскохозяйственная радиология. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. 230 с.
11. Якименко А.В., Якименко В.П. Радиологическое состояние мясных продуктов детского питания производства торгового знака «Маленькое счастье» // 6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». Збірник матеріалів / Ред. О. Мороз. Львов, 2020. С. 50.

12. Ahmed A.Q. Natural radioactivity in Cerelac baby food samples commonly used in Iraq / A.Q. Ahmed, A.A. Mohsen, A. Al-Khayyat et al. // *Plant Archives* / ed. R.S. Yadav. Etawah, 2019. Vol. 19, No. 1. P. 1057–1061.
13. An K.A. Assessment of microbial and radioactive contaminations in Korean cold duck meats and electron-beam application for quality improvement / K.A. An, Y. Jo, M.S. Arshad, et al. // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2017. Vol. 37, No. 2. P. 297–304. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.297>
14. Beard B.L., Johnson C. M. Strontium isotope composition of skeletal material can determine the birthplace and geographic mobility of humans and animals // *Journal of Forensic Sciences*. 2000. Vol. 45, No. 5. P. 1049–1061.
15. Brandhoff, P. Operation and performance of a national monitoring network for radioactivity in food / P. Brandhoff, M. Bourgondien, C. Onstenk, et al. // *Food Control*. 2016. Vol. 64. P. 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.008>
16. Burger A., Lichtscheidl I. Stable and radioactive cesium: A review about distribution in the environment, uptake and translocation in plants, plant reactions and plants' potential for bioremediation // *Science of The Total Environment* / Ed. Damia Barcelo. 2018. Vol. 618. P.1459–1485. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.298>
17. Burger A., Lichtscheidl I. Strontium in the environment: review about reactions of plants towards stable and radioactive strontium isotopes // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 653. P. 1458–1512. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.312>
18. Desideria D. Assessment of radioactivity in Italian baby food / D. Desideria, P. Battisti, I. Giardina, et al. // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 279. P. 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.030>
19. Engstedt O. Strontium (Sr) uptake from water and food in otoliths of juvenile pike (*Esox lucius* L.) / O. Engstedt, P. Koch-Schmidt, P. Larsson // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2012. Vol. 418–419. P. 69–74.
20. Hachinohe M. Distribution of radioactive cesium (^{134}Cs plus ^{137}Cs) in rice fractions during polishing and cooking / M. Hachinohe, T. Okunishi, S. Hagiwara, et al. // *Journal of Food Protection*. 2015. Vol. 78, No. 3. P. 561–566. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-14-275>
21. Harb S. Natural radioactivity concentration and annual effective dose in selected vegetables and fruits // *Journal of Nuclear and Particle Physics* / ed. Ionel Lazanu. Bucharest, 2015. Vol. 5, No. 3. P. 70–73.
22. Jerome S.M. Certified reference, intercomparison, performance evaluation and emergency preparedness exercise materials for radionuclides in food / S.M.

- Jerome, K. Inn, U. Wätjen, et al. // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2015. Vol. 303. P. 1771–1777. <https://doi.org/10.1007/s10967-014-3724-7>
23. Jo Melnyka L. Absorption of strontium by foods prepared in drinking water / L. Jo Melnyka, M.J. Donohuea, M. Phamb, et al. // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2019. Vol. 53. P. 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.01.001>
24. Miura T. Validation of measurement comparability of NaI (TI) scintillation detectors for radioactive cesium in brown rice sample by interlaboratory comparison / T. Miura, M. Hachinohe, A. Yunoki, et al. // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2020. 326. P. 1225–1231. <http://doi.org/10.1007/s10967-020-07373-5>
25. Miyake Radioactivity survey of commercial baby foods / Miyake, Sadaaki, Higasaka, et al. // *Radioisotopes (Tokyo)*. 2007. Vol. 56, No. 9. P. 567–572.
26. Nabeshi H. Surveillance of radioactive cesium in foods / H. Nabeshi, T. Tsutsumi, A. Ikarashi, et al. // *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*. 2019. Vol. 54, No. 2. P. 131–150. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.131>
27. Nabeshi H. Variation in amount of radioactive cesium before and after cooking dry shiitake and beef / H. Nabeshi, T. Tsutsumi, A. Hachisuka, et al. // *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*. 2013. Vol. 54, No. 1. P. 65–70. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.65>
28. Pan J. Analysis of radioactive strontium-90 in food by Čerenkov liquid scintillation counting / J. Pan, K. Emanuele, E. Maher, et al. // *Applied Radiation and Isotopes*. 2017. Vol. 126. P. 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.01.034>
29. Pappalardo A.M. Fish-based baby food concern – from species authentication to exposure risk assessment / A.M. Pappalardo, Ch. Copat, A. Raffa, et al. // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 3961. <https://doi.org/10.3390/molecules25173961>
30. Wang W.X. Modeling radiocesium bioaccumulation in a marine food chain / W.X. Wang, C. Ke, K.N. Yu // *Marine Ecology Progress Series* / Ed. Myron A. Peck. 2000. Vol. 208. P. 41–50. <https://dx.doi.org/10.3354/meps208041>
31. Wätjen U. Results of an international comparison for the determination of radionuclide activity in bilberry material / U. Wätjen, T. Altzitzoglou, A. Ceccatelli, et al. // *Applied Radiation and Isotopes*. 2012. Vol. 70. P. 1843–1849. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.02.018>
32. Yasunari, T. J. Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011. Vol. 108. P. 19530–19534. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112058108>

References

1. *Gigienicheskie normativy №10-117-99 «Respublikanskiye dopustimyye urovni sodержaniya radionuklidov tseziya-137 i strontsiya-90 v pishchevykh produktakh i pit'evoy vode (RDU-99)»* [Hygienic Standards No. 10-117-99 «Republican allowable levels of cesium-137 and strontium-90 radionuclides in food and drinking water (RDU-99)»]. Appr. by Regulation of Chief State Sanitary Doctor of the Republic of Belarus April 26, 1999 No.16. Minsk: Chief State Sanitary Doctor of the Republic of Belarus, 1999, 5 p.
2. *GOST 32163-2013 «Produkty pishchevye. Metod opredeleniya sodержaniya strontsiya Sr-90»: utv. postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta po standartizatsii Respubliki Belarus' ot 11 noyabrya 2014 g. № 50 neposredstvenno v kachestve gosudarstvennogo standartarta Respubliki Belarus' s 1 yanvarya 2016 g.* [State Standard 32163-2013 «Food products. Method for determination of strontium Sr-90 content»: approved by Resolution of the State Committee for Standardization of the Republic of Belarus of November 11, 2014 № 50 directly as a state standard of the Republic of Belarus from January 1, 2016]. Minsk: State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, 2014, 12 p.
3. *Polozhenie o sisteme kontrolya radioaktivnogo zagryazneniya* [Regulations on the radioactive contamination control system]. Appr. by the Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of 04.05.2015 No. 372]. – Minsk: Council of Ministers of the Republic of Belarus, 2015, 7 p.
4. *MVI. MN 1181-2011 «Metodika vypolneniya izmereniy ob'emnoy i udel'noy aktivnosti strontsiya-90, tseziya-137 i kaliya-40 na gamma-beta-spektrometre MKS-AT1315, ob'emnoy i udel'noy aktivnosti gamma-izluchayushchikh radionuklidov tseziya-137 i kaliya-40 na gamma-spektrometre tipa EL 1309 (MKG-1309) v pishchevykh produktakh, pit'evoy vode, pochve, sel'skokhozyaystvennom syr'e i kormakh, produktsii lesnogo khozyaystva i drugikh ob'ektakh okruzhayushchey sredy»* [Measurement procedure MH 1181-2011 «Methods of measurement of volumetric and specific activity of strontium-90, cesium-137 and potassium-40 on gamma-beta spectrometer MKS-AT1315, the volumetric and specific activity of gamma-emitting radionuclides of cesium-137 and potassium-40 on gamma spectrometer type EL 1309 (MKG-1309) in food, drinking water, soil, agricultural raw materials and feed, forestry products and other objects of the environment»]. Appr. by the Belarusian State Institute of Metrology of 17.11.2011. Minsk: Belarusian State Institute of Metrology, 2011, 31 p.
5. *MVI 114-94 «Metodika ekspressnogo radiometricheskogo opredeleniya po gamma-izlucheniyu ob'emnoy i udel'noy aktivnosti radionuklidov tseziya v vode, pochve, produktakh pitaniya, produktsii zhivotnovodstva i rastenievodstva ra-*

- diometrami RKG-01, RKG-02, RKG-02S, RKG-03*] [Measurement procedure 114-94 «Methods of express radiometric determination by gamma-radiation of volume and specific activity of cesium radionuclides in water, soil, food, live-stock, and crop products with radiometers RKG-01, RKG-02, RKG-02S, RKG-03»]. Appr. by Ministry of Agriculture and Food of 10.06.1994. Minsk: Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, 1994, 24 p.
6. *O bezopasnosti pishchevoy produktsii: TR TS 021/2011 (s izmeneniyami na 8 avgusta 2019 goda)* [On food safety: TR TS 021/2011 (as amend. on August 8, 2019)]: Adopt. on 09.12.2011, ent into force on 01.07.2013. Commission of the Customs Union, 2011, 242 p.
 7. *Radiobiologiya: Vchera, segodnya, zavtra: kurs lektsiy /* [Radiobiology: Yesterday, today, tomorrow: A course of lectures] I.E. Buchenkov and others. Educational Institution «International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov». Belarusian State University, Institution of Education «Grodno State Medical University». Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance, 2018, 255 p.
 8. *Radiobiologiya: mediko-ekologicheskie problemy* [Radiobiology: Medico-Ecological Problems] S.A. Maskevich (ed.) and others. International State Ecological Institute was named after A.D. Sakharov. Belarusian State University, Institution of Education «Grodno State Medical University». Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance, 2019, 255 p.
 9. Sidelev S.I. *Matematicheskie metody v biologii i ekologii: vvedenie v elementarnuyu biometriyu* [Mathematical methods in biology and ecology: Introduction to elementary biometry]. Yaroslavl: Yaroslavl State University, 2012, 140 p.
 10. Teplyakov B.I. *Sel'skokhozyaystvennaya radiologiya* [Agricultural radiology]. Novosibirsk: Publishing house of the Novosibirsk State Agrarian University, 2013, 230 p.
 11. Yakimenko A.V., Yakimenko V.P. *Radiologicheskoe sostoyanie myasnykh produktov detskogo pitaniya proizvodstva trgovogo znaka «Malen'koe schast'ye»* [Radiological state of meat products for children's food produced by the trademark «Little Happiness»]. *6th International Congress «Sustainable Development: protection of the environment. Energy conservation. Balanced use of nature. Collection of materials.* (Ed. O. Moroz). Lviv, 2020, p. 50.
 12. Ahmed A.Q., Mohsen A.A., A. Al-Khayyat et al. Natural radioactivity in Cerealic baby food samples commonly used in Iraq. *Plant Archives* (Ed. R S.Yadav). Etawah, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 1057–1061.
 13. An K.A., Jo Y., Arshad M.S., et al. Assessment of microbial and radioactive contaminations in Korean cold duck meats and electron-beam application for

- quality improvement. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2017, vol. 37, no. 2, pp. 297–304. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.297>
14. Beard B.L., Johnson C. M. Strontium isotope composition of skeletal material can determine the birthplace and geographic mobility of humans and animals. *Journal of Forensic Sciences*, 2000, vol. 45, no. 5, pp. 1049–1061.
 15. Brandhoff P., Bourgondiën M., Onstenk C., et al. Operation and performance of a national monitoring network for radioactivity in food. *Food Control*, 2016, vol. 64, pp. 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.008>
 16. Burger A., Lichtscheidl I. Stable and radioactive cesium: A review about distribution in the environment, uptake and translocation in plants, plant reactions and plants' potential for bioremediation. *Science of The Total Environment* (Ed. Damia Barcelo), 2018, vol. 618, pp. 1459–1485. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.298>
 17. Burger A., Lichtscheidl I. Strontium in the environment: review about reactions of plants towards stable and radioactive strontium isotopes. *Science of The Total Environment*, 2019, vol. 653, p. 1458–1512. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.312>
 18. Desideria D., Battisti P., Giardina I., et al. Assessment of radioactivity in Italian baby food. *Food Chemistry*, 2019, vol. 279, pp. 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.030>
 19. Engstedt O., Koch-Schmidt P., Larsson P. Strontium (Sr) uptake from water and food in otoliths of juvenile pike (*Esox lucius* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2012, vol. 418–419, pp. 69–74.
 20. Hachinohe M., Okunishi T., Hagiwara S., et al. Distribution of radioactive cesium (^{134}Cs plus ^{137}Cs) in rice fractions during polishing and cooking. *Journal of Food Protection*, 2015, vol. 78, no. 3, pp. 561–566. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-14-275>
 21. Harb S. Natural radioactivity concentration and annual effective dose in selected vegetables and fruits. *Journal of Nuclear and Particle Physics* (Ed. Ionel Lazanu). Bucharest, 2015. Vol. 5, No. 3. P. 70–73.
 22. Jerome S.M., Inn K., Wätjen U., et al. Certified reference, intercomparison, performance evaluation and emergency preparedness exercise materials for radionuclides in food. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2015, vol. 303, pp. 1771–1777. <https://doi.org/10.1007/s10967-014-3724-7>
 23. Jo Melnyka L., Donohue M.J., Phamb M., et al. Absorption of strontium by foods prepared in drinking water. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2019, vol. 53, pp. 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.01.001>
 24. Miura T., Hachinohe M., Yunoki A., et al. Validation of measurement comparability of NaI (Tl) scintillation detectors for radioactive cesium in brown rice sample

- by interlaboratory comparison. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2020, vol. 326, pp. 1225–1231. <http://doi.org/10.1007/s10967-020-07373-5>
25. Miyake, Sadaaki, Higasa, et al. Radioactivity survey of commercial baby foods. *Radioisotopes* (Tokyo), 2007 vol. 56, no. 9, pp. 567–572.
26. Nabeshi H., Tsutsumi T., Ikarashi A., et al. Surveillance of radioactive cesium in foods. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 2019, vol. 54, no. 2, pp. 131–150. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.131>
27. Nabeshi H., Tsutsumi T., Hachisuka A., et al. Variation in amount of radioactive cesium before and after cooking dry shiitake and beef. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 2013, vol. 54, no. 1, pp. 65–70. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.65>
28. Pan J., Emanuele K., Maher E., et al. Analysis of radioactive strontium-90 in food by Čerenkov liquid scintillation counting. *Applied Radiation and Isotopes*, 2017, vol. 126, pp. 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.01.034>
29. Pappalardo A.M., Copat Ch., Raffa A., et al. Fish-based baby food concern – from species authentication to exposure risk assessment. *Molecules*, 2020, vol. 25, p. 3961. <https://doi.org/10.3390/molecules25173961>
30. Wang W.X., Ke C., Yu K.N. Modeling radiocesium bioaccumulation in a marine food chain. *Marine Ecology Progress Series* (Ed. Myron A. Peck), 2000. vol. 208, pp. 41–50. <https://dx.doi.org/10.3354/meps208041>
31. Wätjen U., Altitzoglou T., Ceccatelli A., et al. Results of an international comparison for the determination of radionuclide activity in bilberry material. *Applied Radiation and Isotopes*, 2012, vol. 70, pp. 1843–1849. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.02.018>
32. Yasunari T. J. Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2011, vol. 108, pp. 19530–19534. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112058108>

ДААННЕ ОБ АВТОРАХ

Батян Анатолий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой экологической медицины и радиобиологии *Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ*
ул. Долгобродская, 23/1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь
info@iseu.by

Кравченко Вячеслав Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии

*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ
ул. Долгобродская, 23/1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь
info@iseu.by*

Якименко Анастасия Викторовна, магистр

*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ
ул. Долгобродская, 23/1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь
info@iseu.by*

Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
ул. Некрасова, 11, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация
besserk1974@mail.ru*

Кузина Лидия Борисовна, аспирант 4-го года обучения, научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр исследования проблем безопасности РАН
ул. Некрасова, 11, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация; ул. Гарибальди, 21Б, г. Москва, 117335, Российская Федерация
lidia.b.kuzina@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Anatoly N. Batyan, Dr.Sc. (medicine), Professor, Head of the Department of Environmental Medicine and Radiobiology

International Sakharov Environmental Institute of Belarussian State University

23/1, Dolgobrodskaya Str., Minsk, 220070, Republic of Belarus

info@iseu.by

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2041-5575>

Vyacheslav A. Kravchenko, Ph.D. (biology), Docent, Associate Professor of the Department of Environmental Medicine and Radiobiology
International Sakharov Environmental Institute of Belarussian State University
23/1, Dolgobrodskaya Str., Minsk, 220070, Republic of Belarus
info@iseu.by
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1079-8661>

Anastasia V. Yakimenko, M.S.
International Sakharov Environmental Institute of Belarussian State University
23/1, Dolgobrodskaya Str., Minsk, 220070, Republic of Belarus
info@iseu.by
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9041-1310>

Vladimir V. Litvyak, Dr.Sc. (engineering), PhD (chemistry), Docent, Leading Researcher, «ARRI of starch products - Gorbatov FSC of food systems»
Russian Academy of Sciences
11 Nekrasova Str., village Kraskovo, Lyuberetsky District, Moscow region, 140051, Russian Federation
besserk1974@mail.ru

Lidia B. Kuzina, M.S., 4rd-year postgraduate student, researcher of modified starch technology department
«ARRI of starch products - Gorbatov FSC of food systems»
Russian Academy of Sciences; Center of research of problems of safety of the Russian academy of sciences
11 Nekrasova Str., village Kraskovo, Lyuberetsky District, Moscow region, 140051, Russian Federation; 21-b Garibaldi Str., Moscow, 119335, Russian Federation
lidia.b.kuzina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9299-4422>

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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	полуторный
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 УКАЗА-
НИЯ 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

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

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

- МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ,
УРОВНЯ ТРЕВОГИ И ДЕПРЕССИИ У ПАЦИЕНТОВ
**О.Л. Москаленко, О.В. Смирнова, Э.В. Каспаров,
И.Э. Каспарова** 11

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ
И ВИНТОВЫХ НИКЕЛЬ-ТИТАНОВЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ
ИМПЛАНТАТОВ С ПРОНИЦАЕМОЙ ПОРИСТОСТЬЮ
В КОМБИНАЦИИ С СЕТЧАТЫМ ТОНКОПРОФИЛЬНЫМ
НИКЕЛИДОМ ТИТАНА
**А.А. Радкевич, Г.М. Стынкэ, И.В. Синюк,
Ю.В. Чижов, Р.Х. Мамедов, П.Г. Варламов** 29

- ЛЕЧЕНИЕ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ
ПОСЛЕ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ БЛЕФАРОПЛАСТИКИ
**Р.А. Пахомова, Т.Ф. Кочетова, Н.Г. Калашникова,
В.О. Токмакова** 49

- СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ЗУБНЫХ ЩЕТОК РАЗЛИЧНОГО ТИПА
У ДЕТЕЙ В ПЕРИОД СМЕННОГО ПРИКУСА
Н.Б. Петрухина, О.А. Борискина, Д.И. Шевляков 70

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА
И УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ НА ОПЫТНОЙ
ПЛАНТАЦИИ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ
**С.А. Кабанова, М.А. Данченко, А.Н. Кабанов,
И.С. Кочегаров, С.А. Скотт** 88

ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ СЕКТОР: ТОЧКИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СИМБИОЗА Д.К. Сучков, Г.Д. Гоголев, Н.К. Гаврильева, А.В. Григорьев	105
ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ SENTINEL-2 А.И. Павлова	119
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ Е.В. Семинченко	132
ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ Е.Ф. Амирова, Н.К. Гаврильева, А.В. Григорьев, И.В. Соргутов	144
НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ	
К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.А. БЕРНШТЕЙНА: НОВОЕ ЗНАНИЕ В ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ Р.М. Гимазов	156
МЕТОДЫ СИНТЕЗА НИТРОПИРИДИНОВ Е.В. Иванова, М.Б. Никишина, Л.Г. Мухторов, И.В. Шахкельдян, Ю.М. Атрощенко	177
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ σ -АДДУКТОВ 2-R-5,7 ДИНИТРОБЕНЗОКСАЗОЛОВ Л.Г. Мухторов, О.И. Бойкова, Е.В. Иванова, М.Б. Никишина, Л.В. Переломов, Ю.М. Атрощенко	201
ЭКСПОРТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ГОСУДАРСТВ, ВХОДЯЩИХ В АССОЦИАЦИЮ СТРАН ИЗГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ (АСЕАН) И.А. Аксенов, П.Н. Афонин, Е.В. Шаназарова	217

МЕДИКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛАТИНСКОГО ЯЗЫКА В СОВРЕМЕННОМ МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ С.М. Мальцева, Н.В. Быстрова, А.А. Воронкова, Д.А. Строганов, А.В. Хижная	229
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПСИХОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕНЩИН СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА 35–45 ЛЕТ И.П. Шлес, Н.В. Минникаева, Г.Ю. Сименюк	245
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ РИСКИ: УСЛОВИЯ ПРАВОМЕРНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО УГОЛОВНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА Н.А. Огнерубов, Р.В. Зелепукин, В.М. Большакова	266
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТИЗ ПРИ ОБЖАЛОВАНИИ В СУДЕБНОМ ПОРЯДКЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО ИТОГАМ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЕННО-ВРАЧЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ П.Ю. Наумов, В.М. Большакова, А.И. Землин, И.В. Холиков	283
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИОРГАННОГО СОСУДИСТОГО РУСЛА МЕТОДАМИ ПРОЦЕДУРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВА О. Зенин, Ю.Н. Косников, Э.С. Кафаров	307
QSAR МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОГРИБКОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛА А.Л. Осипов, В.П. Трушина	324
ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ АПК РЕГИОНА Р.Б. Габдулхаков, А.Л. Полгарыхин, О.М. Цуканова, Ю.М. Авдеев ...	339
К ВОПРОСУ О РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНЫХ АКТИВНОСТЕЙ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ОТДЕЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ А.Н. Батян, В.А. Кравченко, А.В. Якименко, В.В. Литвяк, Л.Б. Кузина	362
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	391

CONTENTS

INTERNAL MEDICINE

- METABOLIC SYNDROME: ASSESSMENT
OF QUALITY OF LIFE, ANXIETY AND DEPRESSION IN PATIENTS
**O.L. Moskalenko, O.V. Smirnova, E.V. Kasparov,
I.E. Kasparova** 11

PUBLIC HEALTH AND PREVENTIVE MEDICINE

- FEATURES OF THE INTERACTION OF BONE TISSUES
AND SCREW DENTAL IMPLANTS MADE OF TITANIUM
NICKELIDE WITH PERMEABLE POROSITY IN COMBINATION
WITH FINE-PROFILE MESH TITANIUM NICKELIDE
**A.A. Radkevich, G.M. Stynke, I.V. Sinyuk, Yu.V. Chizhov,
R.H. Mammadov, P.G. Varlamov** 29

- TREATMENT OF UNDESIRABLE CONSEQUENCES AFTER
AESTHETIC BLEPHAROPLASTY
**R.A. Pakhomova, T.F. Kochetova, N.G. Kalashnikova,
V.O. Tokmakova** 49

- COMPARATIVE EVALUATION
OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF TOOTHBRUSHES
OF VARIOUS TYPES IN CHILDREN DURING THE PERIOD
OF REPLACEMENT BITE
N.B. Petrukhina, O.A. Boriskina, D.I. Shevlyakov 70

AGRICULTURAL SCIENCES

- QUANTITATIVE INDICATORS OF THE MEDICINAL
HERBS GROWTH AND YIELD ON AN EXPERIMENTAL
PLANTATION IN NORTHERN KAZAKHSTAN
**S.A. Kabanova, M.A. Danchenko, A.N. Kabanov,
I.S. Kochegarov, S.A. Scott** 88

CIRCULAR ECONOMY AND AGRICULTURAL SECTOR: POINTS OF CONTACT AND PROSPECTS OF SYMBIOSIS D.K. Suchkov, G.D. Gogolev, N.K. Gavrileyva, A.V. Grigoriev	105
---	-----

APPLICATION OF VEGETATION INDECES FOR DOGITAL SOIL MAPPING BASED ON SENTINEL-2 SPACE IMAGES A.I. Pavlova	119
---	-----

EFFICIENCY OF CROP ROTATIONS IN THE LOWER VOLGA CONDITIONS E.V. Seminchenko	132
--	-----

DIGITALIZATION IN AGRICULTURE: PROBLEMS OF IMPLEMENTATION E.F. Amirova, N.K. Gavrileyva, A.V. Grigoriev, I.V. Sorgutov	144
---	-----

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

TO THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF N.A. BERNSTEIN: NEW KNOWLEDGE IN THE THEORY OF CONSTRUCTION OF MOVEMENTS R.M. Gimazov	156
--	-----

METHODS OF NITROPYRIDINE SYNTHESIS E.V. Ivanova, M.B. Nikishina, L.G. Mukhtorov, I.V. Shahkeldyan, Yu.M. Atroshchenko	177
---	-----

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

INVESTIGATION OF THE FORMATION REACTION OF σ -ADDUTS OF 2-R-5,7-DINITROBENZOXAZOLES L.G. Mukhtorov, O.I. Boykova, E.V. Ivanova, M.B. Nikishina, L.V. Perelomov, Yu.M. Atroshchenko	201
--	-----

EXPORT OF AGRICULTURAL PRODUCTS FROM THE STATES OF THE ASSOCIATION OF SOUTH-EASTERN ASIAN COUNTRIES (ASEAN) I.A. Aksenov, P.N. Afonin, E.V. Shanazarova	217
---	-----

MEDICAL AND PEDAGOGICAL ASPECTS OF LEARNING LATIN IN MODERN MEDICAL UNIVERSITY S.M. Maltseva, N.V. Bystrova, A.A. Voronkova, D.A. Stroganov, A.V. Khizhnaya	229
STUDYING THE INFLUENCE OF HEALTH-IMPROVING TRAINING WITH DIFFERENT INTENSITY ON THE PSYCHOPHYSICAL STATE OF MIDDLE-AGED WOMEN OF 35–45 YEARS OLD I.P. Schlee, N.V. Minnikaeva, G.Yu. Simenyuk	245
OCCUPATIONAL MEDICAL RISKS: CONDITIONS OF LEGITIMACY IN THE CONTEXT OF CURRENT CRIMINAL LAW N.A. Ognerubov, R.V. Zelepukin, V.M. Bolshakova	266
CONCEPTUAL ASPECTS OF PRODUCING A MEDICAL EXAMINATION IN JUDICIAL APPEAL OF CONCLUSIONS HAS BEEN IMPLEMENTED ON THE RESULTS OF A MILITARY EXPERTISE P.Yu. Naumov, V.M. Bolshakova, A.I. Zemlin, I.V. Kholikov	283
MODELING INTRAORGAN VASCULATURE USING PROCEDURAL AND MATHEMATICAL SPACE TRANSFORMATIONS O. Zenin, Yu.N. Kosnikov, E.S. Kafarov	307
QSAR MODELING OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF 1,2,4-TRIAZOLE DERIVATIVES A.L. Osipov, V.P. Trushina	324
REGIONAL COMPETITIVENESS ASSESSMENT: PROSPECTS FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION R.B. Gabdulkhakov, A.L. Poltarykhin, O.M. Tsukanova, Yu.M. Avdeev	339
TO THE QUESTION OF RADIATION SAFETY: STUDY OF SPECIFIC ACTIVITIES OF STRONTIUM-90 AND CESIUM-137 IN SELECTED BABY FOOD PRODUCTS A.N. Batyan, A.V. Yakimenko, V.A. Kravchenko, V.V. Litvyak, L.B. Kuzina	362
RULES FOR AUTHORS	391

Подписано в печать 30.12.2021. Дата выхода в свет 30.12.2021. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 28,64. Тираж 5000 экз. Свободная цена. Заказ SJLSA136/021. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.