

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201601 ISSN 0236-2910 (Print), 2313-0636 (Online)

Том 26, № 1. 2016



Vol. 26, no. 1. 2016

Основан в январе 1990 г.  
Выходит один раз в квартал  
16+

Founded in January 1990  
Issued quarterly

**ВЕСТНИК  
МОРДОВСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**MORDOVIA UNIVERSITY BULLETIN**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
SCHOLARLY JOURNAL**

**DOI: 10.15507/0236-2910**

**Учредитель и издатель –**  
федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального  
образования «Мордовский  
государственный университет  
им. Н. П. Огарёва»

**Founder and Publisher –**  
Federal  
state-financed  
academic  
institution of  
higher education  
“Ogarev Mordovia  
State University”

**E-mail:** [vestnik\\_mrsu@mail.ru](mailto:vestnik_mrsu@mail.ru); **http://**[vestnik.mrsu.ru](http://vestnik.mrsu.ru)

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК)

При цитировании ссылка на журнал «Вестник Мордовского университета» обязательна. Полное или частичное воспроизведение в СМИ материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

Журнал индексируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ), а также международных базах данных EBSCO, Index Copernicus и ResearchBib

Журнал является членом Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Cross Ref

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС77-54869 от 26.07.2013 г.

Подписной индекс в каталогах агентств «Роспечать» и «МК-периодика» – **70539**

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**  
430005, Россия, Республика Мордовия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68  
Телефон, факс: +7 (8342) 48-14-24

**Founder, publisher and editorial house address:**  
68, Bolshevistskaya St., 430005, Saransk,  
Republic of Mordovia, Russia  
Phone, fax: +7 (8342) 48-14-24

© ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», 2016



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Вдовин Сергей Михайлович** – *главный редактор*, ректор ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук, gestor@mrsu.ru (Саранск, Россия)

**Маргулис Виктор Александрович** – *главный научный редактор*, заведующий кафедрой теоретической физики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор физико-математических наук, профессор, margulisva@mrsu.ru (Саранск, Россия)

**Полутин Сергей Викторович** – *заместитель главного редактора*, директор НИИ регионологии ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор социологических наук, профессор, polutin.sergei@yandex.ru (Саранск, Россия)

**Гордина Светлана Викторовна** – *ответственный секретарь*, кандидат педагогических наук, vestnik\_mrsu@mail.ru (Саранск, Россия)

**Сенин Петр Васильевич** – *научный руководитель*, проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Саранск, Россия)

**Ватолкина Наталья Шамильевна** – *координатор международного совета*, начальник управления международных связей ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук, доцент, kafedra507@yandex.ru (Саранск, Россия)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Агеев Фаиль Таипович** – руководитель научно-диспансерного отдела НИИ кардиологии им. Мясникова А. Л. ФГБУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

**Алексеева Екатерина Иосифовна** – заведующий ревматологическим отделением ФГБУ «Научный центр здоровья детей РАМН», декан педиатрического факультета ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава России», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

**Анисимов Владимир Николаевич** – член-корреспондент Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова Росмедтехнологий (Санкт-Петербург, Россия)

**Балькова Лариса Александровна** – директор медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)

**Дианов Евгений Михайлович** – академик Российской академии наук, директор ФГБУН «Научный центр волоконной оптики Российской академии наук, доктор физико-математических наук», профессор (Москва, Россия)

**Еровиченков Александр Анатольевич** – профессор кафедры инфекционных болезней Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

**Ерофеев Владимир Трофимович** – член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, декан архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)

**Железникова Ольга Евгеньевна** – директор Института электроники и светотехники ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)

**Игумнов Леонид Александрович** – директор Научно-исследовательского института механики, заведующий кафедрой численного моделирования физико-механических процессов механико-математического факультета ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», доктор физико-математических наук, профессор (Нижний Новгород, Россия)

**Калашников Владимир Иванович** – заведующий кафедрой технологии строительных материалов и деревообработки ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», доктор технических наук, профессор (Пенза, Россия)

**Калинин Ариан Павлович** – член-корреспондент Российской академии медицинских наук, профессор кафедры эндокринологии ФУВ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

**Кечемайкин Владимир Николаевич** – директор Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук (Саранск, Россия)

**Котляров Андрей Александрович** – декан медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет» (МИФИ) Обнинского института атомной энергетики (ИАТЭ), доктор медицинских наук, профессор (Обнинск, Россия)



- Котин Александр Владимирович** – заведующий кафедрой механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)
- Лишманов Юрий Борисович** – член-корреспондент Российской академии медицинских наук, заместитель директора по НИР ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» СО РАМН, доктор медицинских наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-3928-7462, Researcher ID: F-5940-2014, Scopus Author ID: 35611250600 (Томск, Россия)
- Макаров Леонид Михайлович** – руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России на базе ФГБУЗ ЦДКБ Федерального Медико-Биологического Агентства, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)
- Мидленко Владимир Ильич** – директор Института медицины, экологии и физической культуры ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», доктор медицинских наук, профессор (Ульяновск, Россия)
- Микаева Светлана Анатольевна** – профессор кафедры ПР-4 «Электротехника и электроника» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники», доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)
- Нишев Константин Николаевич** – директор Института физики и химии ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
- Прытков Юрий Николаевич** – директор Аграрного института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
- Скрябин Владимир Александрович** – профессор кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», доктор технических наук, профессор (Пенза, Россия)
- Чучаев Иван Иванович** – декан факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
- Ямашкин Анатолий Александрович** – заведующий кафедрой землеустройства и ландшафтного планирования ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор географических наук, профессор (Саранск, Россия)

#### МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- Аллахвердиев Сурхай Рагим оглы** – профессор кафедры лесной индустрии Бартынского государственного университета, доктор биологических наук, профессор (Бартын, Турция)
- Бобрышев Юрий Вениаминович** – старший научный сотрудник кафедры анатомии медицинского факультета Университета Нового Южного Уэльса, доктор биологических наук, профессор (Сидней, Австралия)
- Булгаков Алексей Григорьевич** – профессор Института строительного дела Дрезденского технического университета, доктор технических наук, профессор (Дрезден, Германия)
- Бурбулис Наталия** – директор Института биологии и биотехнологии растений, научный руководитель лаборатории Агробиотехнологии при Университете им. Александра Стулгинскиса, доктор биомедицинских наук, профессор (Каунас, Литва)
- Ганс Гуски** – член сообщества патологии г. Потсдама, доктор медицинских наук, профессор (Берлин, Германия)
- Духовскис Павел Викентьевич** – заведующий лабораторией физиологии растений Института садоводства и овощеводства Литовского научного центра аграрных и лесных наук, действительный член АН Литвы, хабилитированный доктор, профессор (Бабтай, Литва)
- Кусмарцев Федор Васильевич** – декан физического факультета Университета Лафборо, кандидат физико-математических наук (Лафборо, Великобритания)
- Лайко Ирина Михайловна** – старший научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства конопли опытной станции лубяных культур Института сельского хозяйства Северо-востока Национальной академии аграрных наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Глухов, Украина)
- Радованович Милан Милошевич** – высший научный сотрудник Географического института «Јован Свјис» Сербской академии наук и искусств, доктор географических наук, профессор (Белград, Сербия)
- Сосунов Александр Алексеевич** – Колумбийский университет, департамент нейрохирургии, доктор медицинских наук, профессор (Нью-Йорк, США)



## EDITORIAL BOARD

**Sergey Vdovin** – *Editor in chief*, Rector of Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Economics), rector@mrsu.ru (Saransk, Russia)

**Viktor Margulis** – *Science editor in chief*, head of Theoretical Physics chair of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor, margulisva@mrsu.ru (Saransk, Russia)

**Sergey Polutin** – *Deputy editor in chief*, Director of Research Institute of Regional Studies under Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Sociology), professor, polutin.sergei@yandex.ru (Saransk, Russia)

**Svetlana Gordina** – *Executive editor*, Ph.D. (Pedagogy), vestnik\_mrsu@mail.ru (Saransk, Russia)

**Petr Senin** – *Scientific supervisor*, vice rector for science and research, Dr.Sci. (Engineering), professor, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Saransk, Russia)

**Natalya Vatolkina** – *International council coordinator*, Ph.D. (Economics), head of International Office, docent, kafedra507@yandex.ru (Saransk, Russia)

## EDITORIAL COUNCIL

**Fail Ageyev** – head of Research and Prophylaxis division of Myasnikov Cardiology Research Institute of Federal State Institution of Russian Cardiological research-and-production complex of Federal Agency for Public Health and Human Services, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

**Yekaterina Alekseyeva** – head of rheumatologic department of Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Centre of Children Health”, dean of Pediatrics department of Sechenov First Moscow State Medical University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

**Vladimir Anisimov** – member-correspondent of Russian Academy of Sciences, head of Oncogenesis department of Petrov Oncology Research Institute, Dr.Sci. (Medicine), professor (St. Petersburg, Russia)

**Larisa Balykova** – director of Medical Institute of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)

**Ivan Chuchayev** – dean of Mathematics and Information Technology faculty of Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)

**Yevgeniy Dianov** – academician of Russian Academy of Sciences, director of Fiber Optics Research Center of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Moscow, Russia)

**Leonid Igumnov** – director of Research Institute of Mechanics, head of Numerical Simulation of Physical and Mechanical Processes chair of Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Nizhniy Novgorod, Russia)

**Vladimir Kalashnikov** – head of Construction Material Technology and Woodwork chair of Penza State University of Architecture and Building, Dr.Sci. (Engineering), professor (Penza, Russia)

**Arian Kalinin** – member-correspondent of Russian Academy of Medical sciences, professor of Endocrinology chair of Moscow Regional Clinical Research Institute “MONIKI”, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

**Vladimir Kechemaykin** – director of Ruzayevka campus of Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Economy) (Saransk, Russia)

**Aleksandr Kotin** – head of Mechanization of Agriproduct Processing of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)

**Andrey Kotlyarov** – dean of Medical faculty of National Research Nuclear University MEPhI, Dr.Sci. (Medicine), professor (Obninsk, Russia)

**Yuriy Lishmanov** – member-correspondent of Russian Academy of Medical sciences, deputy director of Federal State Budgetary Scientific Institution “Research Institute for Cardiology”, Dr.Sci. (Medicine), professor, ORCID ID: 0000-0002-3928-7462, Researcher ID: F-5940-2014, Scopus Author ID: 35611250600 (Tomsk, Russia)

**Leonid Makarov** – head of Syncopal conditions and Cardiac Arrhythmia in Children and Juveniles of Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

**Vladimir Midlenko** – director of Medicine, Ecology and Physical Education of Ulyanovsk State University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Ulyanovsk, Russia)

**Svetlana Mikayeva** – professor of Electrotechnics and Electronics chair of Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Science, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)



**Konstantin Nishchev** – director of Institute of Physics and Chemistry of Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)

**Yuriy Prytkov** – director of Institute of Agriculture of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)

**Vladimir Skryabin** – professor Machine Engineering Technology chair of Penza State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Penza, Russia)

**Anatoliy Yamashkin** – head of Land Utilization and Landscape Design chair of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Geography), professor (Saransk, Russia)

**Vladimir Yerofeyev** – member-correspondent of Russian Academy of architecture and Construction sciences, dean of Architectural And Civil Engineering faculty of Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)

**Aleksandr Yerovichenkov** – professor of Infectious Diseases chair of Sechenov First Moscow State Medical University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

**Olga Zheleznikova** – director of Institute of Electronics and Light Engineering of Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)

#### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Surhay Allahverdi** – head of Forest Industry chair of Bartin University, Dr.Sci. (Biology), professor (Bartın, Turkey)

**Yuriy Bobryshev** – senior research associate of School of Medical), Faculty of Medicine, University of New South Wales, Dr.Sci. (Biology), professor (Sydney, Australia)

**Aleksey Bulgakov** – professor of Faculty of Architecture of Dresden University of Technology, Dr.Sci. (Engineering), professor (Dresden, Germany)

**Natalya Burbulis** – director of Institute of Rural Culture, research adviser of Agrobiotechnology laboratories of Aleksandras Stulginskis University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Kaunas, Lithuania)

**Gans Guski** – Potsdam Pathology community member, Dr.Sci. (Medicine), professor (Berlin, Germany)

**Pavel Duchovskis** – head of Plant Physiology Laboratories of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, fellow of Lithuanian Academy of sciences, Dr. habil., professor (Babtai, Lithuania)

**Fedor Kusmartsev** – dean of Institute Physics Loughborough University, Ph.D. (Phys.-Math.) (Loughborough, Great Britain)

**Irina Layko** – senior research associate, head of Hemp Breeding and Seedage of experimental station of textile plants of Institute of Bast Crops of the National Academy of (Agricultural) of Ukraine, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Glukhov, Ukraine)

**Milan Radovanovich** – director of Geographic institute “Jovan Cvijic” of Serbian academy of sciences and arts, Dr.Sci. (Geography) professor (Belgrad, Serbia)

**Aleksandr Sosunov** – Columbia University, department of neurosurgery, Dr.Sci. (Medicine), professor (New York, USA)

**ИНСТИТУТ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ПУБЛИКАЦИЙ****Медицина**

- Балашов Владимир Павлович*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Бибнева Тамара Николаевна*, кандидат медицинских наук (Москва, Россия)  
*Власов Алексей Петрович*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Герасимова Наталья Геннадьевна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Гончарова Людмила Никитична*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Давыдкин Василий Иванович*, кандидат медицинских наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Еремينا Елена Юрьевна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Инчина Вера Ивановна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Камаев Игорь Александрович*, доктор медицинских наук, профессор (Нижегород, Россия)  
*Кораблева Наталья Николаевна*, кандидат медицинских наук, доцент (Сыктывкар, Россия)  
*Лежанкина Нина Юрьевна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Мозеров Сергей Алексеевич*, доктор медицинских наук, профессор (Обнинск, Россия)  
*Моисеева Инесса Яковлевна*, доктор медицинских наук, профессор (Пенза, Россия)  
*Мосина Лариса Михайловна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Новикова Людмила Владимировна*, кандидат медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Павелкина Вера Федоровна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Пиксин Иван Никифорович*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Плотникова Надежда Алексеевна*, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Степаненко Ирина Семеновна*, кандидат медицинских наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Сухоруков Владимир Сергеевич*, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
*Ураков Александр Ливиевич*, доктор медицинских наук, профессор (Ижевск, Россия)

**Биология**

- Десяткин Аркадий Анатольевич*, кандидат биологических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Кадималиев Давуд Али оглы*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Кузнецов Вячеслав Александрович*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Лукаткин Александр Степанович*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Силаева Татьяна Борисовна*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Трофимов Владимир Александрович*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Шляхтин Геннадий Викторович*, доктор биологических наук, профессор (Саратов, Россия)

**Математика, физика и химия**

- Андреев Александр Сергеевич*, доктор физико-математических наук, профессор (Ульяновск, Россия)  
*Васин Виктор Алексеевич*, доктор химических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Зюзин Александр Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Лозунов Михаил Владимирович*, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Рябочкина Полина Анатольевна*, доктор физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Смолянов Андрей Григорьевич*, кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Томилин Олег Борисович*, кандидат химических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Шорохов Алексей Владимирович*, доктор физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Щенников Владимир Николаевич*, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)

**Технические науки**

- Амелькина Светлана Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Аириятлов Альберт Аббасович*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Богатов Андрей Дмитриевич*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Горбунов Алексей Алексеевич*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Животовский Григорий Альбертович*, доктор технических наук, доцент (Нижегород, Россия)  
*Ивлиев Сергей Николаевич*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Камаев Валерий Анатольевич*, доктор технических наук, профессор (Волгоград, Россия)  
*Коваленко Ольга Юрьевна*, доктор технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Кокинов Андрей Михайлович*, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Кудаев Сергей Петрович*, кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Митин Эдуард Валерьевич*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Панфилов Степан Александрович*, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Римшин Владимир Иванович*, доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)  
*Федоренко Анатолий Степанович*, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Чугунов Михаил Владимирович*, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Шичков Леонид Петрович*, доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

**Науки о Земле. Сельскохозяйственные науки**

- Вельматов Анатолий Павлович*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Емельянов Сергей Владимирович*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Ершнев Александр Павлович*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Зенкин Александр Сергеевич*, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Ивойлов Александр Васильевич*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Каверин Александр Владимирович*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Масляев Валерий Николаевич*, кандидат географических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Матяев Владимир Иванович*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Носонов Артур Модестович*, доктор географических наук, доцент (Саранск, Россия)  
*Смолин Николай Васильевич*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)  
*Тельцов Леонид Петрович*, доктор естественных наук, профессор (Саранск, Россия)


**INSTITUTE OF PUBLICATIONS PEER REVIEWING**
**Medicine**

- Vladimir Balashov*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Tamara Bebneva*, Ph.D. (Medicine) (Moscow, Russia)  
*Vasily Davydkin*, Ph.D. (Medicine), docent (Saransk, Russia)  
*Natalya Gerasimova*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Lyudmila Goncharova*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Vera Inchina*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Igor Kamayev*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Nizhniy Novgorod, Russia)  
*Natalya Korableva*, Ph.D. (Medicine), docent (Syktyvkar, Russia)  
*Nina Leshchankina*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Inessa Moiseyeva*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Penza, Russia)  
*Larisa Mosina*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Sergey Mozerov*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Obninsk, Russia)  
*Lyudmila Novikova*, Ph.D. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Vera Pavelkina*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Ivan Piksin*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Nadezhda Plotnikova*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Irina Stepanenko*, Ph.D. (Medicine), docent (Saransk, Russia)  
*Vladimir Sukhorukov*, PDr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)  
*Aleksandr Urakov*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Izhevsk, Russia)  
*Aleksey Vlasov*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)  
*Yelena Yeremina*, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)

**Biology**

- Arkadiy Devyatkin*, Ph.D. (Biology), docent (Saransk, Russia)  
*Davud Kadimaliyev*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Yyacheslav Kuznetsov*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksandr Lukatkin*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Gennadiy Shlyakhtin*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Tatyana Silayeva*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)  
*Vladimir Trofimov*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)

**Mathematics, Physics and Chemistry**

- Aleksandr Andreyev*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Ulyanovsk, Russia)  
*Mikhail Logunov*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)  
*Polina Ryabochkina*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)  
*Vladimir Shchennikov*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksey Shorokhov*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)  
*Andrey Smolyanov*, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)  
*Oleg Tomilin*, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)  
*Viktor Vasin*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksandr Zyuzin*, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)

**Engineering science**

- Svetlana Amelkina*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Albert Ashryatov*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Andrey Bogatov*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Mikhail Chugunov*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Anatoliy Fedorenko*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksey Gorbunov*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Sergey Ivliyev*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Valeriy Kamayev*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Volgograd, Russia)  
*Andrey Kokinov*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)  
*Olga Kovalenko*, Dr.Sci. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Sergey Kudayev*, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)  
*Eduard Mitin*, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)  
*Stepan Panfilov*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)  
*Vladimir Rimshin*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)  
*Leonid Shichkov*, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)  
*Grigoriy Zhivotovskiy*, Dr.Sci. (Engineering), docent (Nizhniy Novgorod, Russia)

**Earth science. Agricultural science**

- Aleksandr Ivoylov*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksandr Kaverin*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Valeriy Maslyayev*, Ph.D. (Geography), docent (Saransk, Russia)  
*Vladimir Matyayev*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Artur Nosonov*, Dr.Sci. (Geography), docent (Saransk, Russia)  
*Nikolay Smolin*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Leonid Teltsov*, Nat.Sc.Dr., professor (Saransk, Russia)  
*Anatoliy Velmatov*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Sergey Yemelyanov*, Ph.D. (Agriculture), docent (Saransk, Russia)  
*Aleksandr Yeryashev*, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)  
*Aleksandr Zenkin*, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)



### Научный журнал «Вестник Мордовского университета»

принимает не опубликованные ранее научные статьи и дискуссионные материалы научного характера (а также хронику, рецензии и обзоры) кандидатов и докторов наук, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов (в соавторстве).

Наименование и содержание рубрик журнала соответствуют отраслям науки и группам специальностей научных работников, согласно Номенклатуре специальностей научных работников:

01.04.00 Физика

05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

14.01.00 Клиническая медицина

14.03.00 Медико-биологические науки

Журнал осуществляет научное рецензирование (двустороннее слепое) всех поступающих в редакцию материалов с целью экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в издательстве и редакции в течение 5 лет.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ.

Редакция журнала направляет копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении соответствующего запроса.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК).

Журнал индексируется в базах данных:  
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)  
EBSCO  
Index Copernicus  
ResearchBib

Журнал является членом Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Cross Ref

Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная







## “Mordovia University Bulletin” journal

accepts scholarly articles and debatable academic materials not published before from holders of the following degrees: Ph.D., Dr.Sci., lecturer, post-graduate student and senior student (co-authored).

The titles and contents of the journal sections correspond to fields of science and specialty groups of scientists, according to the Nomenclature of scientific specialties:

- 01.04.00 Physics
- 05.13.00 Computer Science and Computer Facilities and Management
- 05.20.00 Agroengineering System Processes and Machines
- 14.01.00 Clinical Medicine
- 14.03.00 Medicobiological Sciences

All reviewers are acknowledged experts in the areas they are responsible for. Reviews are stored in the publishing house and publishing office during 5 years.

Editorial staff sends to the authors of the submitted materials copies of reviews or a substantiated refusal.

Editorial staff of the journal forwards copies of reviews in Ministry of Education and Science of the Russian Federation by request.

The journal is included in the “List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, where should be published the main results of dissertations for the degrees of Doctor and Candidate of sciences” (list of VAK).

The journal is indexed by databases:  
Russian Science Citation Index (RSCI)  
EBSCO  
Index Copernicus  
ResearchBib

The journal is a member of Cross Ref and ASEP

All the materials of the “Mordovia University Bulletin” journal are available under Creative Commons “Attribution” 4.0 license



**СОДЕРЖАНИЕ****ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

- Мирный А. Ю., Гайков Е. А., Зубов А. О.** Зависимость сжимаемости несвязных грунтов от степени однородности гранулометрического состава .....12
- Ширяев В. Д., Анощенко Е. В., Бикмурзина Р. Р.**  
Поочередное преследование с тремя участниками (случай поточечной встречи) .....20

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

- Афонькина В. А., Захахатнов В. Г., Майоров В. И., Попов В. М.**  
К вопросу управления процессом комбинированной сушки зерна .....32
- Иншаков А. П., Федотов Ю. Б., Десяев С. С., Байков Д. В.** Проблема мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств .....40

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

- Петрова И. Ю., Пучкова А. А.** Методика проведения патентного анализа с целью поиска аналогов и прототипов полученных технических решений .....50
- Скворцов А. Н., Савельев А. П., Глотов С. В.**  
Расчет акустической эффективности переносного акустического экрана .....58

**КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА**

- Антипова В. Н., Сергутова Н. П., Легавина М. Н.** Половой диморфизм клиники подагры (по материалам ревматологических отделений клиник г. Саранск) .....70
- Аламанкин Д. С., Плотникова Н. А.** Изучение патофизиологических особенностей старения кожи у мужчин с помощью кутометра и УЗИ .....82
- Блинов Д. С., Чернова Н. Н., Балькова О. П., Ляпина С. А., Смирнова О. А., Китаева Л. И.** Сравнительный анализ показателей здоровьесохраняющего поведения студентов младших и старших курсов вузов .....90

**КАРДИОЛОГИЯ**

- Давыдкин В. И., Романов М. Д., Ерзин М. Ф., Ковалев А. А., Махров В. В., Тарасова Ю. Н., Шумкин В. Н., Тулгаева М. А., Названов С. М., Бетяев А. А.** Результаты неотложной коронароангиографии и ангиостентирования при остром коронарном синдроме .....98
- Чекашкина Е. Е., Назаркина М. Г., Лещанкина Н. Ю., Столярова В. В., Шмырева М. В.** Вариабельность сердечного ритма у беременных женщин с желудочковой экстрасистолией .....122
- Гончарова Л. Н., Дегаева Т. А., Сергутова Н. П.**  
Анализ полиморфизма гена метилентетрагидрофолатредуктазы у больных артериальной гипертонией в Республике Мордовия .....134



## *CONTENTS*

### *PHYSICS AND MATHEMATICS*

- Mirnyy A. Yu., Gaykov Ye. A., Zubov A. O.** Non-cohesive soils' compressibility and uneven grain-size distribution relation .....12
- Shiryayev V. D., Anoshchenkova Ye. V., Bikmurzina R. R.**  
Alternative pursuit with three participants (the case of pointwise meeting) .....20

### *MECHANICAL ENGINEERING*

- Afonkina V. A., Zakhakhatnov V. G., Mayerov V. I., Popov V. M.**  
On the question of process control combined grain drying .....32
- Inshakov A. P., Fedotov Yu. B., Desyayev S. S., Baykov D. V.**  
The problem of monitoring and balancing of vehicle batteries .....40

### *AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION*

- Petrova I. Yu., Puchkova A. A.** The use of the patent analysis method for finding analogues and prototypes of received technical solutions .....50
- Skvortsov A. N., Savelyev A. P., Glotov S. V.**  
Calculation of acoustic efficiency of portable acoustic screen .....58

### *CLINICAL MEDICINE*

- Antipova V. N., Sergutova N. P., Legavina M. N.** Sexual dimorphism of gout clinic (adapted from the materials of the rheumatology departments of Saransk hospitals) .....70
- Alamankin D. S., Plotnikova N. A.** Studing pathophysiological features of skin aging in men through using the cutometer and ultrasound .....82
- Blinov D. S., Chernova N. N., Balykova O. P., Lyapina S. A., Smirnova O. A., Kitayeva L. I.** The comparative analysis of health saving behaviours of junior and senior higher schools students .....90

### *CARDIOLOGY*

- Davydkin V. I., Romanov M. D., Yerzin M. F., Kovalev A. A., Makhrov V. V., Tarasova Yu. N., Shumkin V. N., Tultayeva M. A., Nazvanov S. M., Betyayev A. A.**  
The results of urgent coronary angiography and stenting in the acute coronary syndrome .....98
- Chekashkina Ye. Ye., Nazarkina M. G., Leshchankina N. Yu., Stolyarova V. V., Shmyreva M. V.** Heart rate variability in pregnant women with ventricular extrasystoles .....122
- Goncharova L. N., Degayeva N. P., Sergutova N. P.**  
The analysis of methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism in the patients with arterial hypertension in the Republic of Mordovia .....134

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ /  
PHYSICS AND MATHEMATICS**

УДК 533.21:624.13

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201601.012-019

**ЗАВИСИМОСТЬ СЖИМАЕМОСТИ НЕСВЯЗНЫХ  
ГРУНТОВ ОТ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ  
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА****А. Ю. Мирный, Е. А. Гайков, А. О. Zubov***ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
(г. Москва, Россия)*

В статье излагаются результаты лабораторных исследований фаз сжатия несвязных грунтов различного гранулометрического состава.

*Материалы и методы*

Фото- и видеоматериалы, демонстрирующие различные механизмы микроперемещения частиц в грунтах с различным гранулометрическим составом, были получены с помощью экспериментальной конструкции грунтового лотка с возможностью микросъемки.

*Результаты исследования*

В статье представлены результаты анализа компрессионных испытаний, разделение пластических и упругих составляющих деформаций в которых позволяет сделать вывод об изменении фаз сжатия. Кроме этого, отмечается, что плотность сложения коррелирует с деформационными характеристиками только в пределах одного и того же гранулометрического состава. На основании результатов испытаний делается вывод о недостаточности критерия коэффициента уплотнения для оценки сжимаемости несвязных грунтов и необходимости его дополнения сведениями об однородности гранулометрического состава.

*Обсуждение и заключения*

Учет неоднородности гранулометрического состава позволит уточнить технологические требования к выполнению искусственных земляных сооружений, обратных засыпок, песчаных подушек. Дальнейшие работы в данном направлении могут использоваться при актуализации нормативных документов, в частности СП 45.13330.2012.

**Ключевые слова:** компрессионное сжатие, гранулометрический состав, несвязный грунт, коэффициент уплотнения, сжимаемость, искусственное основание

**Благодарности:** Авторы выражают благодарность рецензенту – доктору технических наук, профессору М. Г. Зерцалову за внимательное отношение к статье и ценные замечания.

**Для цитирования:** Мирный А. Ю., Гайков Е. А., Zubov А. О. Зависимость сжимаемости несвязных грунтов от степени однородности гранулометрического состава // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 12–19. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.012-019



## NON-COHESIVE SOILS' COMPRESSIBILITY AND UNEVEN GRAIN-SIZE DISTRIBUTION RELATION

A. Yu. Mirnyy, Ye. A. Gaykov, A. O. Zubov

*National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow, Russia)*

This paper presents the results of laboratory investigation of soil compression phases with consideration of various granulometric composition.

### *Materials and Methods*

Experimental soil box with microscale video recording for compression phases studies is described. Photo and video materials showing the differences of microscale particle movements were obtained for non-cohesive soils with different grain-size distribution.

### *Results*

The analysis of the compression tests results and elastic and plastic deformations separation allows identifying each compression phase. It is shown, that soil density is correlating with deformability parameters only for the same grain-size distribution. Basing on the test results the authors suggest that compaction ratio is not sufficient for deformability estimating without grain-size distribution taken into account.

### *Discussion and Conclusions*

Considering grain-size distribution allows refining technological requirements for artificial soil structures, backfills, and sand beds. Further studies could be used for developing standard documents, SP45.13330.2012 in particular.

**Keywords:** compression, grain-size distribution, non-cohesive soil, compaction ratio, artificial foundation

**Acknowledgements:** The authors thank reviewer Prof. M.G. Zertsalov Dr.Sc. (Engineering) for constructive and elaborated comments on the manuscript

**For citation:** Mirnyy AYu, Gaykov YeA, Zubov AO. Non-cohesive soils' compressibility and uneven grain-size distribution relation. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):12-19. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.012-019

### **Введение**

В настоящее время основным технологическим требованием при выполнении обратных засыпок, грунтовых подушек, отсыпке земляных сооружений является значение коэффициента уплотнения, указанное в СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». В данном нормативном документе отмечается, что соблюдение требований к величине коэффициента уплотнения является достаточным для обеспечения проектных значений механических параметров, в первую очередь деформируемости. Коэффициент уплотнения выражается отношением достигнутой при уплотнении плотности скелета к максимальной плотности, установленной при лабораторных испытаниях методом стандартного уплотнения:

$$k_{com} = \frac{\rho_d}{\rho_{d,max}} \quad (1)$$

### **Обзор литературы**

В некоторых случаях достижение проектного значения коэффициента уплотнения связано со значительными технологическими сложностями [1]. Это объясняется использованием для выполнения обратных засыпок грунтов различного гранулометрического состава. Однако следует отметить, что в нормативных документах не приводится указаний к выбору гранулометрического состава: для большинства сооружений его предлагается подбирать в соответствии с проектом. Исключениями являются только намывные сооружения, гранулометрический состав которых должен быть постоянным во всем объеме сооружения.

**Целью исследования** является выявление механизмов влияния гранулометрического состава на деформационные параметры несвязного грунта и разработка рекомендаций по его выбору для устройства земляных сооружений.

Известно, что поведение несвязных грунтов определяется в первую очередь их гранулометрическим составом. В исследованиях российских и зарубежных авторов [2–3] рассматривается его влияние на максимально возможную плотность, сжимаемость, прочностные характеристики несвязного грунта. Для абсолютного большинства объектов промышленного и гражданского строительства наибольшее значение имеет сжимаемость грунтов основания, позволяющая определить степень осадки сооружения. В случаях планомерного возведения грунтовой насыпи высокая плотность на контакте с сооружением необходима также для обеспечения достойного качества дальнейших работ, например, бетонирования.

Механизм сжимаемости дискретных сред, в частности грунтов, основывается на изменении объема пор скелета, образованного твердыми частицами [4]. Независимо от вида напряженного состояния и грунта при сжатии происходит постепенное уплотнение структуры последнего и увеличение количества контактов между частицами [5]. Традиционно в механике грунтов процесс уплотнения грунта включает в себя 3 этапа: 1) сокращение расстояния и увеличение количества контактов между частицами; 2) взаимное смещение частиц и их перераспределение в толще грунта; 3) стабилизация структуры и дальнейшее уплотнение за счет деформирования самих частиц [6]. Размеры пор при этом не превышают размеры каждой отдельной частицы.

Для грунтов с неоднородным гранулометрическим составом ярко выражена промежуточная фаза сжатия, называемая фазой сдвигов. На этом

этапе в уплотненной структуре грунта происходит потеря устойчивости отдельных мелких частиц и их мгновенное перемещение в крупные поры, в результате чего структура грунта лавинообразно изменяется. Наличие и количество таких пор зависит в первую очередь от гранулометрического состава грунта. Если он достаточно однородный, частицы компонуется таким образом, что поры имеют размер меньше характерного размера частицы. Деформирование при этом происходит за счет сжатия самих частиц, а их смещение в структуре имеет небольшое значение. Если же в гранулометрическом составе представлены частицы разных размеров, то поры между наиболее крупными из них могут быть заполнены более мелкими [7].

#### **Материалы и методы**

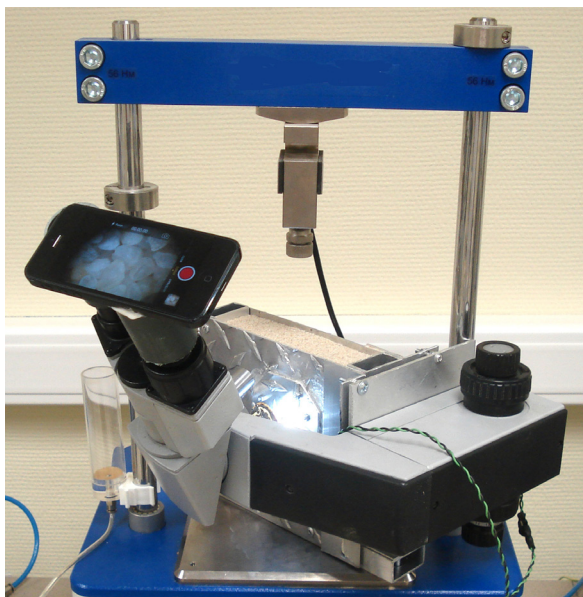
Отметим, что структура некоторых грунтов отличается высокой начальной пористостью, благодаря чему можно наблюдать описанные процессы в грунтовом лотке с прозрачными стенками и увеличительным устройством. Для проверки данной гипотезы на базе НОЦ «Геотехника» НИУ МГСУ был собран плоский грунтовый лоток размером 150x150x40 мм из алюминиевого профиля прямоугольного сечения 40x20x2 мм. В качестве штампа использовался отрезок профиля того же сечения, жесткость которого являлась достаточной для равномерной передачи давления на грунт в лотке. Лоток был зафиксирован на основании нагрузочного устройства; в одной из боковых стенок лотка имелось отверстие малого размера, закрытое стеклом таким образом, чтобы внутренняя поверхность стенки оставалась гладкой.

К грунтовому лотку крепился микроскоп, объектив которого был расположен напротив отверстия в стенке. Необходимость наблюдения частиц в отраженном свете потребовала также установки подсвечивающего



устройства. Данная конструкция позволила наблюдать перемещение частиц при нагружении лотка от 40 до 400 крат. Несмотря на то, что использованный микроскоп не позволял наблюдать стереоизображение, размер частиц был достаточно мал по срав-

нению с глубиной резкости используемого объектива, и все отснятые материалы позволили получить полное представление о положении каждой частицы в наблюдаемом пространстве. Общий вид плоского лотка представлен на рис. 1.



Р и с. 1. Общий вид плоского лотка с возможностью микросъемки  
F i g. 1. General view of a soil box with a microscale video recording

В связи с тем, что данная установка является демонстрационным прибором и не предназначена для измерений каких-либо величин в ходе исследований, необходимость соблюдения высоких требований к жесткости грунта отсутствовала. Испытания проводились с использованием песка максимально рыхлого сложения при незначительных величинах нормального давления, в связи с чем боковое давление грунта было несущественным, и трение о стенки прибора не оказало влияния на результат испытания.

#### Результаты исследования

Процесс исследования включал в себя поэтапное нагружение грунтов различного гранулометрического состава в лоток и постоянную виде-

офиксаций изображения в микроскопе. В течение эксперимента скорость записи была увеличена для упрощения анализа полученных данных. В результате дальнейшего изучения видеофайлов было установлено, что при сжатии однородных гранулометрических составов перекомпоновки частиц не происходит. Даже при максимально рыхлой укладке на этапе начала испытания твердые частицы сразу формируют достаточно устойчивый скелет, и в дальнейшем происходит только его уплотнение. Случаи резкого перемещения отдельных частиц носят несистематический характер.

В качестве иллюстрации приведены фотографии однородного и неоднородного гранулометрического со-

става, сделанные на начальном этапе работы (рис. 2). Хорошо видно, что в неоднородном гранулометрическом составе поры значительно крупнее и могут вмещать в себя более мелкие частицы; в однородном размер пор соизмерим с размерами частиц, но не превышает их.

В неоднородном гранулометрическом составе было хорошо заметно постоянное взаимное смещение частиц на всех этапах нагружения. Это объясняется тем, что в нем высока вероятность возникновения пор, размеры которых превышают размеры самых мелких частиц.



а)



б)

Р и с. 2. Гранулометрический состав: а) однородный; б) неоднородный  
F i g. 2. Grain-size distribution: a) even; б) uneven

Тем не менее рассмотрение данного явления с точки зрения микромеханики не позволяет оценить его количественно. Разница в проявлении фаз сжатия в грунтах с различным гранулометрическим составом может быть выявлена путем разделения упругих и пластических деформаций. Известно, что в грунтах преобладают пластические деформации, вызванные сдвиговыми усилиями и изменениями структуры. Упругие деформации определяются только упругой работой скелета грунта и высокой жесткостью частиц. При разгрузке происходит восстановление структуры грунта до деформаций за счет релаксации горизонтальных напряжений. У грунтов с однородным гранулометрическим составом значительно менее выражены пластические деформации в фазе сдвигов, т. е. перекомпоновки частиц не происходит. Даже при минимальной начальной плотности их скелет имеет устойчивую структуру и работает упруго. В грунтах с неоднородным гранулометрическим составом независимо от входящих в него фракций упругие деформации выражены

в меньшей степени, а пластические развиваются равномерно в ходе всего нагружения, что указывает на постоянные изменения структуры грунта [8].

По результатам компрессионных испытаний [9] были установлены значения модулей общей деформации при первичном нагружении и при разгрузке [10]. Из таблицы видно, что несмотря на меньшую начальную плотность и сопоставимые значения коэффициентов уплотнения, грунты с однородным гранулометрическим составом в среднем имеют более высокие значения модуля деформации.

#### Обсуждение и заключения

На основании представленных результатов лабораторных испытаний сделаем вывод о недостаточности использования коэффициента уплотнения для оценки качества искусственного сооружения без учета гранулометрического состава. В зависимости от степени его однородности при сопоставимых значениях коэффициента уплотнения разница в деформационных характеристиках достигает двух раз.





Для учета этого явления рекомендации по величине коэффициента уплотнения могут быть дополнены примечанием, которое позволяет

вводить понижающий коэффициент в случаях возведения искусственного сооружения из грунта с однородным гранулометрическим составом ( $C_u < 3$ ).

Таблица

Table

**Характерный размер частиц и плотность грунтов**  
**Characteristic particle size and density of soils**

	Фракция несвязного грунта / Fraction of cohesive soil			
	0,10–0,25 мм	0,25–0,50 мм	0,50–1,00 мм	Смесь / Mixture 0,10–1,00 мм
Плотность скелета в начале испытания / Density of skeleton at the beginning of test, г/см <sup>3</sup>	1,46	1,48	1,55	1,75
Максимальная плотность скелета / Maximum density of skeleton, г/см <sup>3</sup>	1,71	1,71	1,76	2,03
Коэффициент уплотнения / Compaction factor	0,85	0,86	0,88	0,86
Модуль общей деформации / Module common strain, МПа	12,40	51,60	33,90	23,20
Модуль деформации при разгрузке / Modulus of deformation during unloading, МПа	119,00	212,00	190,00	173,20

На основании результатов проведенных исследований сформулируем рекомендации к выбору гранулометрического состава материала земляных сооружений и насыпок. В случаях, когда принципиальное значение для сооружения имеет масса и суффозионная устойчивость (насыпи, дамбы, обратные насыпки котлованов), следует использовать грунты с неоднородным гранулометрическим составом, содержащим фракции различного размера в равных пропорциях. Однако если требуются упругая

работа насыпи и высокие фильтрационные характеристики (насыпи под автомобильные и железные дороги, подготовка дна котлована), следует использовать однородные гранулометрические составы, обеспечивающие стабильную структуру грунта и высокие значения модуля деформации.

Введение подобных примечаний в нормативные документы позволит избежать завышения технологических требований и повысить эффективность использования грунта как материала для искусственных сооружений.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. **Махмутов М. М., Сахапов Р. Л.** О качестве уплотнения грунтов земляного полотна // Известия Казан. гос. архитектурно-строительного ун-та. 2015. № 2. С. 289–294. URL: [http://izvestija.kgasu.ru/files/2\\_2015/2\\_2015.pdf](http://izvestija.kgasu.ru/files/2_2015/2_2015.pdf).
2. **Тер-Мартirosян З. Г.** Механика грунтов : учеб. пособие для вузов. М. : АСВ, 2009. 550 с.
3. **Тер-Мартirosян З. Г., Мирный А. Ю.** Влияние неоднородности грунтов на их механические свойства // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2013. № 6. С. 2–7. URL: <http://ofing.ru/index.php?page=home.pdf>.
4. **Mc Dowell G. R., Bolton M. D.** Micromechanics of elastic soil // Japanese Geotechnical Society. 2001. Vol. 41 (6). P. 147–152. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1995/41/6/41\\_6\\_147/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1995/41/6/41_6_147/_pdf).
5. **Santamarina J. C.** Soil Behaviour at the Microscale: Particle Forces. Atlanta GA : MIT, 2001. URL: [http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Santamarina\\_2002yu.pdf](http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Santamarina_2002yu.pdf).
6. **Тер-Мартirosян З. Г., Мирный А. Ю.** Effect of nonhomogeneity of soils on their mechanical properties // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2014. Vol. 50, № 6. С. 223–231. doi: 10.1007/s11204-014-9238-z
7. **Потапов А. Д., Платов Н. А., Лебедева М. Д.** Песчаные грунты. М. : АСВ, 2009. 256 с.
8. **Тер-Мартirosян З. Г., Мирный А. Ю., Джаро М. Н.** Определение прочностных характеристик несвязных грунтов при компрессионных испытаниях / Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2012. № 3. С. 1–6. URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/TerMartirosyanMirnyJaro-2012\\_3\(23\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/TerMartirosyanMirnyJaro-2012_3(23).pdf).
9. **Чаповский Е. Г.** Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М. : Недра, 1975. 303 с.
10. **Мирный А. Ю., Тер-Мартirosян А. З.** Подбор гранулометрического состава песчано-гравийных смесей для песчаных подушек и насыпей // Жилищное строительство. 2014. № 9. С. 43–46. URL: <http://rifsm.ru/editions/journals/2/2014/545>.

*Поступила 23.11.2015 г.*

*Об авторах:*

**Мирный Анатолий Юрьевич**, доцент кафедры механики грунтов и геотехники Института гидротехнического и энергетического строительства ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26), кандидат технических наук, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8030-2302>, [reg@osonnor.ru](mailto:reg@osonnor.ru)

**Гайков Егор Александрович**, студент 4 курса ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3091-0828>, [yegorgaikov@yandex.ru](mailto:yegorgaikov@yandex.ru)

**Зубов Александр Олегович**, студент 4 курса ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4909-228X>, [finist94@yandex.ru](mailto:finist94@yandex.ru)

*Вклад соавторов:*

А. Ю. Мирный сформулировал теоретические положения статьи, провел обзор литературы, обобщил итоги реализации коллективного проекта.

Е. А. Гайков и А. О. Зубов занимались сборкой экспериментальной установки, проводили лабораторные исследования.

**REFERENCES**

1. Makhmutov MM, Sakhapov RL. O kachestve uplotneniya gruntov zemlyanogo polotna [About quality of soil compaction subgrade]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo*



*universiteta* = Kazan State Architectural University Bulletin. 2015; 2:289-294. Available from: [http://izvestija.kgasu.ru/files/2\\_2015/2\\_2015.pdf](http://izvestija.kgasu.ru/files/2_2015/2_2015.pdf). (In Russ.)

2. Ter-Martirosyan ZG. Mekhanika gruntov: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Soil Mechanics: a manual for high schools]. Moscow: ASV; 2009. (In Russ.)

3. Ter-Martirosyan ZG, Mirnyy AYu. Vliyaniye neodnorodnosti gruntov na ikh mekhanicheskiye svoystva [Effect of nonhomogeneity of soils on their mechanical properties]. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov* = Environmental Science and Engineering. 2013; 6:2-7. Available from: <http://ofmg.ru/index.php?page=home.pdf>. (In Russ.)

4. Mc Dowell GR, Bolton MD. Micromechanics of elastic soil. Japanese Geotechnical Society. 2001; 41(6):147-152. Available from: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1995/41/6/41\\_6\\_147/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1995/41/6/41_6_147/_pdf).

5. Santamarina JC. Soil Behaviour at the Microscale: Particle Forces. Atlanta GA: MIT, 2001. Available from: [http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Santamarina\\_2002yy.pdf](http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Santamarina_2002yy.pdf).

6. Ter-Martirosyan ZG, Mirnyy AYu. Effect of nonhomogeneity of soils on their mechanical properties. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2014; 50(6):223-231. doi: 10.1007/s11204-014-9238-z

7. Potapov AD, Platov NA, Lebedeva MD. Peschanyye grunty [Sandy soils]. Moscow: ASV; 2009. (In Russ.)

8. Ter-Martirosyan ZG, et al. Opredeleniye prochnostnykh kharakteristik nesvyaznykh gruntov pri kompressionnykh ispytaniyakh [Determination of strength characteristics of soil associated with compression test]. *Internet-vestnik VolgGASU* = Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Internet Bulletin. 2012; 3:1-6. Available from: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/TerMartirosyanMirnyyJaro-2012\\_3\(23\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/TerMartirosyanMirnyyJaro-2012_3(23).pdf). (In Russ.)

9. Chapovskiy YeG. Laboratornyye raboty po gruntovedeniyu i mekhanike gruntov [Laboratory work on soil science and soil mechanics]. Moscow: Nedra, 1975. (In Russ.)

10. Mirnyy AYu, Ter-Martirosyan AZ. Podbor granulometricheskogo sostava peschano-graviynykh smesey dlya peschanykh podushyek i nasypey [Selection of particle size distribution of sand and gravel to sand and mounds of pillows]. *Zhilishchnoye stroitelstvo* = Housing construction. 2014; 9:43-46. Available from: <http://rifsm.ru/editions/journals/2/2014/545>. (In Russ.)

*Submitted 23.11.2015*

*About the authors:*

**Anatoliy Mirnyy**, associate professor of Soil Mechanics and Geotechnics chair, Institute of hydraulic engineering and power construction, Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8030-2302>**, [reg@oconnor.ru](mailto:reg@oconnor.ru)

**Yegor Gaykov**, student of State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3091-0828>**, [yegorgaikov@yandex.ru](mailto:yegorgaikov@yandex.ru)

**Aleksandr Zubov**, student of State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4909-228X>**, [finist94@yandex.ru](mailto:finist94@yandex.ru)

*Authors' contributions:*

A. Yu. Mirnyy formulated a theoretical framework, reviewed the literature, and summarized the results of the collective project.

Ye. A. Gaykov and A. O. Zubov assembled the experimental setup, and performed laboratory tests.



## ПООЧЕРЕДНОЕ ПРЕСЛЕДОВАНИЕ С ТРЕМЯ УЧАСТНИКАМИ (СЛУЧАЙ ПОТОЧЕЧНОЙ ВСТРЕЧИ)

**В. Д. Ширяев, Е. В. Анощенко, Р. Р. Бикмурзина**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Вопросы поочередного преследования группы уклоняющихся игроков рассматривались в ряде работ. Так, в исследованиях [1–3] решение задачи было найдено в предположении о том, что очередность встреч выбирается в начальный момент времени (программно), а игроки движутся по прямым линиям. В работе [4] приведено решение поставленной задачи с использованием подхода Р. Айзекса, а в [5] рассмотрены возможности выбора очередности встреч как программно, так и позиционно. В данной статье рассматривается простая дифференциальная игра на плоскости преследователя  $P$  и коалиции двух убегающих  $E = \{E_1, E_2\}$ . Движения всех игроков предполагаются безынерционными; преследователь  $P$  превосходит по скорости каждого из убегающих; всем игрокам известны цели, физические возможности, а также точное местоположение друг друга в каждый момент игры. Платой коалиции  $E$  (преследователя  $P$ ) служит (минус) суммарное время, затраченное преследователем  $P$  на поточечную встречу с  $E_1$  и  $E_2$  (под встречей подразумевается совпадение местоположений преследователя и преследуемого). Выбор порядка преследования в начальный момент предполагается заданным (программный выбор очередности встреч). В работе найдена граница зоны безопасности второго из убегающих игроков. При решении задачи использовался также геометрический подход. Полученная система уравнений решалась с помощью систем компьютерной алгебры, в частности «Wolfram Mathematica». Определив границу зоны безопасности второго из убегающих игроков, можно аналогичным рассмотренному методом исследовать игру между преследователем  $P$  и тремя преследуемыми, действующими согласованно (при этом первый из преследуемых игроков исключается из игры).

**Ключевые слова:** простое преследование, правило параллельного сближения, окружность Аполлония, зона безопасности, огибающая семейства, коалиция, стратегия

**Для цитирования:** Ширяев В. Д., Анощенко Е. А., Бикмурзина Р. Р. Поочередное преследование с тремя участниками (случай поточечной встречи) // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 20–31. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.020-031

## ALTERNATE PURSUIT WITH THREE PARTICIPANTS (THE CASE OF POINTWISE MEETING)

**V. D. Shirayev, Ye. V. Anoshchenko, R. R. Bikmurzina**  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

The issues connected with alternate pursuit of escapees group are considered in a number of papers. So in papers [1–3] the solution of the problem has been found in the assumption that the next meeting is selected at the initial time (by the program) and the players are moving straight. In paper [4] the solution of the task using the approach of R. Isaacs is given. In paper [5] the choice opportunities of the next meeting (both software and positional) are considered. The article deals with a simple differential game on the pursuer plane  $P$  and the coalition of two escapees  $E = \{E_1, E_2\}$ . The movement of all the players are assumed as inertialess. The pursuer speed  $P$  exceeds the speed of each of the escapees. The targets, physical abilities and the exact location of each other in any moment of the

© Ширяев В. Д., Анощенко Е. В., Бикмурзина Р. Р., 2016



game are known to all players. The price of the coalition (the pursuer  $P$ ) is (minus) the total time spent by the pursuer  $P$  on the pointwise meeting with  $E_1$  and  $E_2$ . A coincidence of pursuer and escapee location is meant under the meeting. The choice at the initial time of the persecution is supposed as given (software selectable regular meeting). The limit of the security zone of the second escapee has been found. A geometric approach is used in the problem solving. The resulting system of equations is solved numerically by means of computer algebra, in particular through the Wolfram Mathematics. After defining the boundary of the second escapee security zone one can study the game between the pursuer  $P$  and three escapees acting in concord (the first escapee is eliminated from the game).

**Keywords:** simple persecution, generally parallel convergence, circle of Apollonius, security zone, coalition, strategy

**For citation:** Shiryayev VD, Anoshchenkova YeV, Bikmurzina RR. Alternate pursuit with three participants (the case of pointwise meeting). *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):20-31. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.020-031

Решению простейшей дифференциальной игры поочередного преследования коалиции двух убегающих игроков посвящены работы [1; 3–7]. В нашей статье исследуется игра на плоскости преследователя  $P$  и двух убегающих –  $E_1$  и  $E_2$ . Рассмотрим границу зоны безопасности второго из преследуемых игроков.

Отметим, что убегающие игроки действуют согласованно, т. е. составляют коалицию  $E = \{E_1, E_2\}$ . Выигрыш игрока  $E$  определяется как время встречи  $P$  с последним из убегающих игроков, выигрыш  $P$  – как величина выигрыша  $E$  с обратным знаком. Под встречей подразумевается совпадение местоположений игроков  $P$  и  $E_i$  (здесь и далее:  $i = 1, 2$ ).

Предположим, что в каждый момент времени преследователь  $P$  имеет информацию о своем местоположении, а также местоположении и направлении скорости игрока  $E_i$ . Игрок  $E$ , в свою очередь, имеет информацию о своем местоположении и местоположении игрока  $P$ .

Пусть  $u$  – линейная скорость игрока  $P$ ,  $v_i$  – линейная скорость убегающего  $E_i$ ,  $u > v_i$ . Будем полагать, что игроки движутся с максимальными скоростями и для простоты считать, что  $u = 1$ ,  $v_1 < 1$ ,  $v_2 < 1$ . Решение игры строится в предположении, что преследователь  $P$  в момент

времени  $t = 0$  выбирает один из следующих способов поведения [1; 6; 8]:

1) использует правило параллельного сближения ( $II$ -стратегия), преследуя сначала  $E_1$ , затем  $E_2$ ;

2) использует правило параллельного сближения ( $II$ -стратегия), преследуя сначала  $E_2$ , затем  $E_1$ .

Среди данных предположений найдем наилучший ответ убегающей коалиции  $E$ , который подразумевает максимизацию времени преследования.

Предположим, что в момент времени  $t = 0$  игрок  $P$  принимает решение преследовать сначала  $E_1$ , а затем  $E_2$ .

Введем систему координат  $xOy$ , центр которой совпадает с начальным положением преследователя  $P$ , а ось абсцисс ориентирована в направлении начального положения игрока  $E_1$ . Координаты точки  $P - P^0(0; 0)$ , точки  $E_1 - E_1^0(b; 0)$ , точки  $E_2 - E_2^0(c; d)$  (верхними индексами будем отмечать положения игроков в соответствующие моменты времени). Границей зоны безопасности игрока  $E_1$  является окружность Аполлония ( $C_1$ ) с радиусом  $r_1$  и центром в точке  $(a; 0)$  [7–8; 10]:

$$r_1 = \frac{v_1}{1-v_1^2} b; \quad a = \frac{1}{1-v_1^2} b. \quad (1)$$

Обозначим точку встречи игроков  $P$  и  $E_1$ :  $P^1(x_1; y_1)$ . Координаты  $x_1, y_1$  определяются соотношениями:

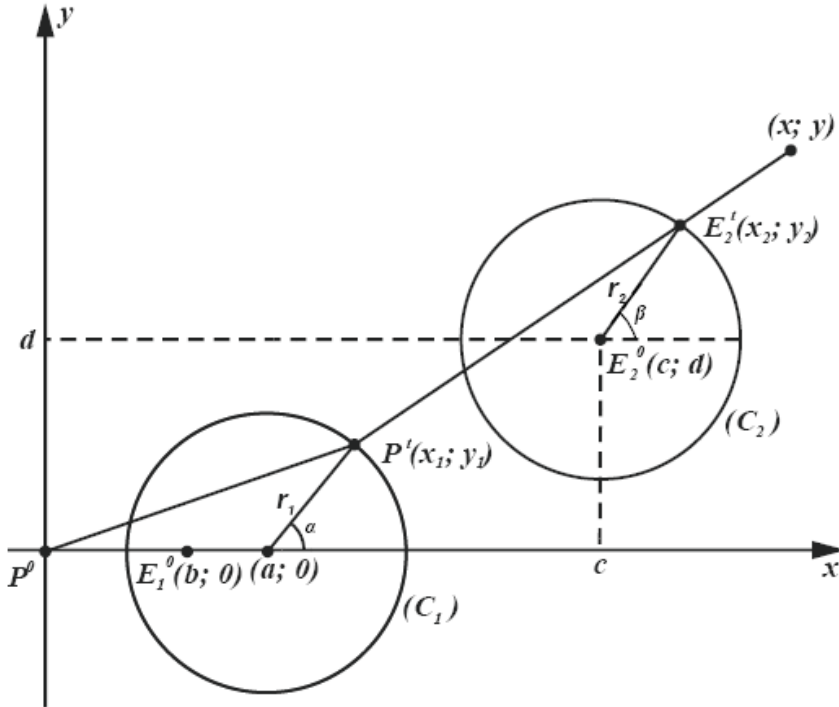


$$x_1 = a + r_1 \cos \alpha; \quad y_1 = r_1 \sin \alpha. \quad (2)$$

ку круга с центром в точке  $E_2$  и следующим радиусом:

За время  $t_1$  (момент встречи  $P$  и  $E_1$ ) игрок  $E_2$  может попасть в любую точ-

$$r_2 = v_2 t_1 = v_2 \sqrt{x_1^2 + y_1^2}. \quad (3)$$



Р и с. 1. Построение границы зоны безопасности игрока  $E_2$   
 F i g. 1. Building a border security zone  $E_2$  player

Зафиксируем  $E_2$  в точке  $E_2^1(x_2; y_2)$  окружности  $(C_2)$ . Координаты  $x_2$  и  $y_2$  определяются по формулам:

$$\begin{aligned} x_2 &= c + r_2 \cos \beta; y_2 = d + r_2 \sin \beta; \\ x_2 &= c + r_2 \cos \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $0 \leq \beta < 2\pi, \beta = const$ .

Граница зоны безопасности игрока  $E_2$  для начальных местоположений  $P^0, E_2^1$  – окружность Аполлония:

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha, \beta) &= \sqrt{(x-a-r_1 \cos \alpha)^2 + (y-r_1 \sin \alpha)^2} - \\ &= \frac{\sqrt{(x-c-r_2 \cos \beta)^2 + (y-d-r_2 \sin \beta)^2}}{v_2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Пусть точка  $E_2^1$  «пробегает» всю окружность  $(C_2)$ , т. е.  $0 \leq \beta < 2\pi$ . Найдем

$\bigcup_{0 \leq \beta < 2\pi} \varphi(\alpha, \beta)$ , т. е. огибающую семейства (5).



$$\begin{cases} \varphi(\alpha, \beta) = \sqrt{(x-a-r_1 \cos \alpha)^2 + (y-r_1 \sin \alpha)^2} - \frac{\sqrt{(x-c-r_2 \cos \beta)^2 + (y-d-r_2 \sin \beta)^2}}{v_2} = 0, \\ \frac{\partial \varphi(\alpha, \beta)}{\partial \beta} = \frac{(x-c-r_2 \cos \beta)r_2 \sin \beta - (y-d-r_2 \sin \beta)r_2 \cos \beta}{v_2 \sqrt{(x-c-r_2 \cos \beta)^2 + (y-d-r_2 \sin \beta)^2}} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Для этого рассмотрим следующую систему [3; 9]:

Из второго уравнения системы (6) следует:

$$\begin{aligned} (x-c-r_2 \cos \beta)r_2 \sin \beta - \\ - (y-d-r_2 \sin \beta)r_2 \cos \beta = 0, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} (x-c-r_2 \cos \beta)r_2 \sin \beta = \\ = (y-d-r_2 \sin \beta)r_2 \cos \beta. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{y-d}{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}; \\ \cos \beta &= \frac{x-c}{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Подставив равенства (7) в первое уравнение системы (6) и преобразовав полученное выражение получим:

$$\begin{aligned} \sqrt{\left( x-c-r_2 \frac{x-c}{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}} \right)^2 + \left( y-d-r_2 \frac{y-d}{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}} \right)^2} = \\ = \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{(a+r_1 \cos \alpha)^2 + (r_1 \sin \alpha)^2}, \end{aligned}$$

$$\varphi(\alpha) = \sqrt{(x-a-r_1 \cos \alpha)^2 + (y-r_1 \sin \alpha)^2} -$$

$$- \left| \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{(a+r_1 \cos \alpha)^2 + (r_1 \sin \alpha)^2} \right| = 0$$

или

$$\varphi(\alpha) = \sqrt{(x-a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2(x-a)r_1 \cos \alpha - 2yr_1 \sin \alpha} -$$

$$- \left| \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha} \right| = 0. \quad (8)$$



Таким образом, при

$$\frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} > \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha}$$

$$\varphi(\alpha) = \sqrt{(x-a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2r_1[(x-a)\cos \alpha + y\sin \alpha]} - \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} + \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha} = 0,$$

а при

$$\frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} < \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha}$$

$$\varphi(\alpha) = \sqrt{(x-a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2r_1[(x-a)\cos \alpha + y\sin \alpha]} + \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha} = 0.$$

Пусть теперь точка  $P^i$  «пробега- т. е. огибающую семейства (8). Путем ет» всю окружность Аполлония ( $C_p$ ), преобразований, аналогичным рассмо- т. е.  $0 \leq \alpha < 2\pi$ . Найдем  $\bigcup_{0 \leq \alpha < 2\pi} \varphi(\alpha)$ , тренным выше, получим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi(\alpha) = \sqrt{(x-a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2r_1[(x-a)\cos \alpha + y\sin \alpha]} - \\ - \left| \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha} \right| = 0, \\ \frac{d\varphi(\alpha)}{d\alpha} \frac{1}{r_1} = \frac{(x-a)\sin \alpha - y\cos \alpha}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2r_1[(x-a)\cos \alpha + y\sin \alpha]}} - \\ - \frac{a \cdot \text{sign} \left( \frac{\sqrt{(x-c)^2 + (y-d)^2}}{v_2} - \sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha} \right) \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + r_1^2 + 2ar_1 \cos \alpha}} = 0. \end{array} \right.$$

Перепишем ее в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{R} - |M| = 0, \\ \left( (x-a)\sin \alpha - y\cos \alpha \right) - \text{sign}(M) \sin \alpha \sqrt{\frac{R}{Q}} = 0, \end{array} \right. \quad (10)$$





где

$$R = (x - a)^2 + y^2 + r_1^2 - 2r_1[(x - a)\cos\alpha + y\sin\alpha]; Q = 1 + v_1^2 + 2v_1\cos\alpha;$$

$$M = \frac{\sqrt{(x - c)^2 + (y - d)^2}}{v_2} - a\sqrt{Q}.$$

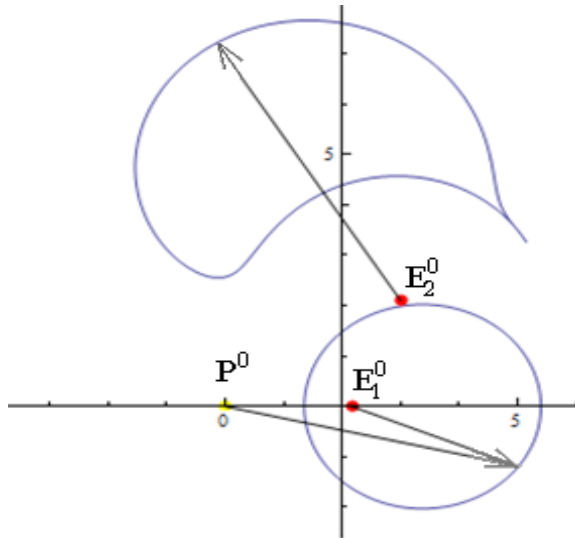
Стремление избавиться от радикалов путем возведения в квадрат приводит к громоздкой системе уравнений четвертой степени, решение которой допустимо только численно с последующей непростой процедурой отсеивания сопутствующих корней, поэтому подобный метод в данном случае бесперспективен.

Задача может быть решена напрямую с помощью средств компьютерной алгебры (например, как в данной статье, системой «Wolfram Mathematica»). Стратегия коалиции  $E$  состоит в выборе того, под каким углом будет убежать игрок  $E_j$ . Очевидно, что после этого выбора определяется точка и время встречи игроков  $P$  и  $E_j$ . В этом

случае оптимальной стратегией игрока  $E_2$  является удаление от этой точки с максимальной скоростью по прямой линии.

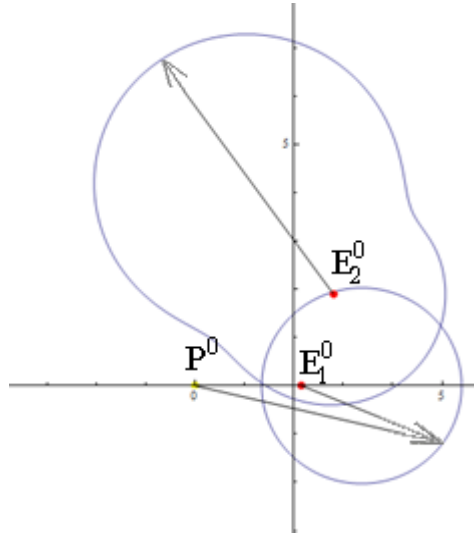
Построение границ зон безопасности было проведено с использованием функции «Parametric Plot», нахождение оптимального угла – с помощью «Maximize».

На рис. 2–10 представлены границы зон безопасности игроков  $E_1$  и  $E_2$ . На рис. 2 показаны направления движений игроков для обеспечения максимизации времени поимки  $E$ . На остальных рисунках направления движения игроков отличаются от оптимальных. Для примера были выбраны  $v_1 = 0,6$ ;  $v_2 = 0,4$ .



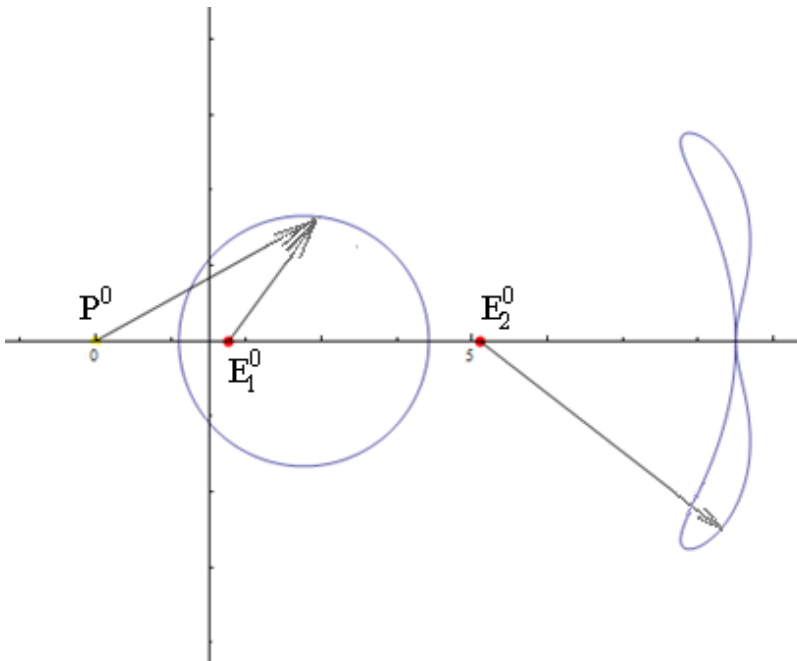
Р и с. 2. Расположение игрока  $E_2^0$  вблизи окружности Аполлония (вне окружности)

F i g. 2. The player  $E_2^0$  position near the circle of Apollonius (out of the circle)



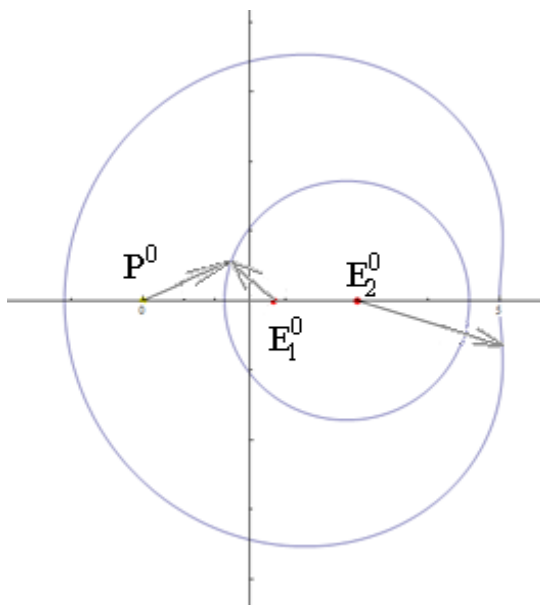
Р и с. 3. Расположение игрока  $E_2^0$  вблизи окружности Аполлония (внутри окружности)

F i g. 3. The player  $E_2^0$  position near the circle of Apollonius (inside the circle)

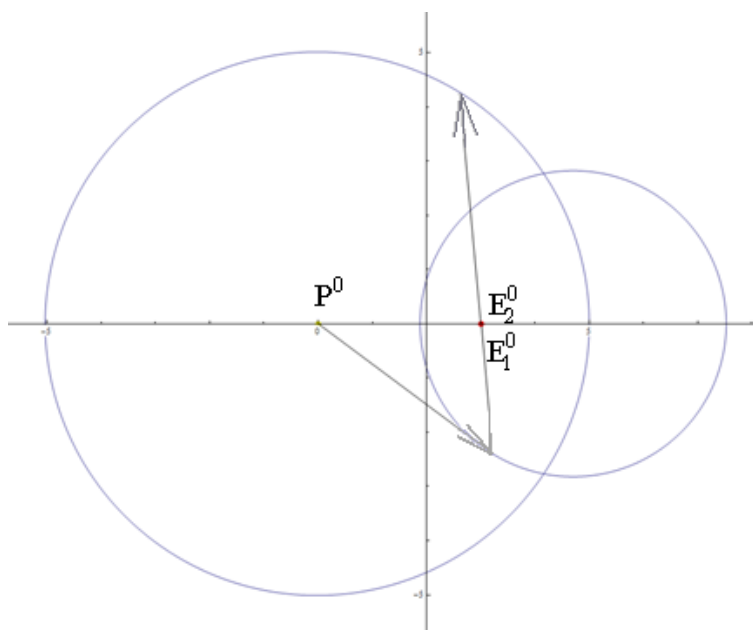


Р и с. 4. Расположение  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  на одной прямой ( $E_2^0$  – вне окружности Аполлония)

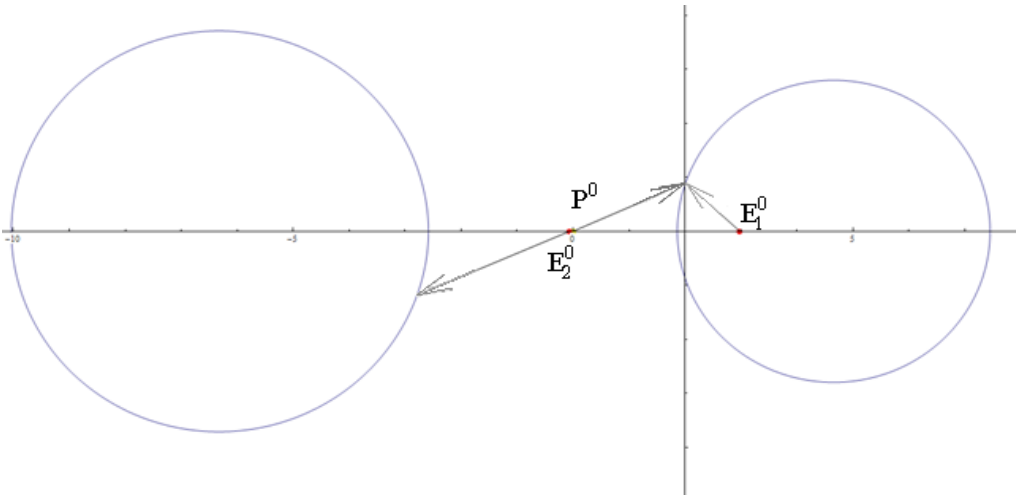
F i g. 4.  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  are located on the same line,  $E_2^0$  is situated out of the circle of Apollonius



Р и с. 5. Расположение  $P^0, E_1^0, E_2^0$  на одной прямой ( $E_2^0$  – внутри окружности Аполлония)  
 F i g. 5.  $P^0, E_1^0, E_2^0$  are located on the same line,  $E_2^0$  is situated inside the circle of Apollonius

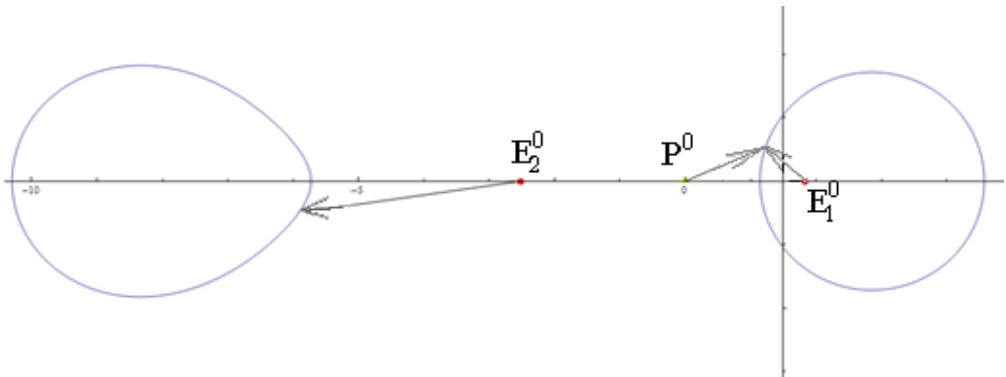


Р и с. 6. Начальные местоположения  $E_1^0 = E_2^0$   
 F i g. 6. Initial location  $E_1^0 = E_2^0$



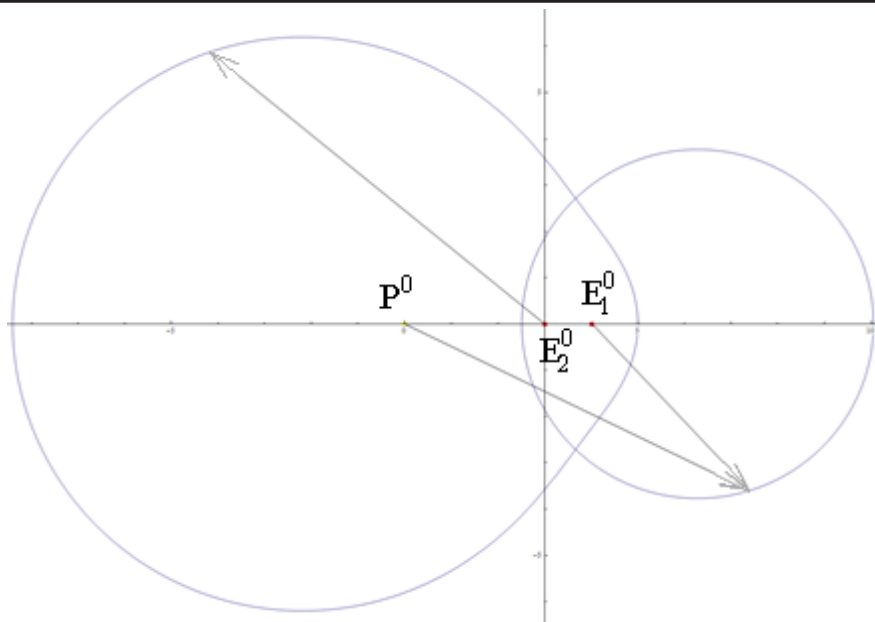
Р и с. 7. Расположение  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  на одной прямой ( $E_2^0$  – вблизи  $P^0$ )

F i g. 7.  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  are located on the same line,  $E_2^0$  is situated near  $P^0$



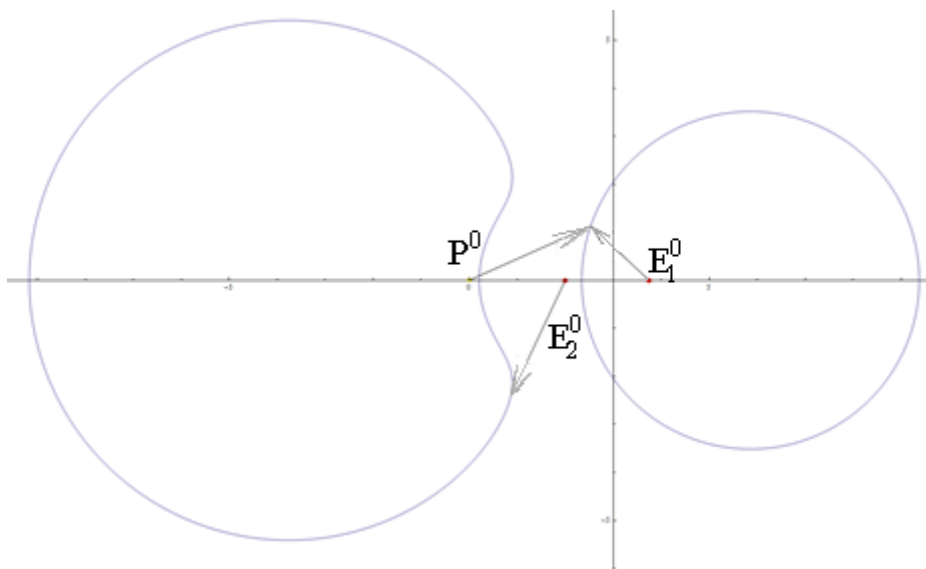
Р и с. 8. Расположение  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  на одной прямой ( $P^0$  – между  $E_1^0$  и  $E_2^0$ )

F i g. 8.  $P^0$ ,  $E_1^0$ ,  $E_2^0$  are located on the same line,  $P^0$  is situated between  $E_1^0$  and  $E_2^0$



Р и с. 9. Расположение  $P^0, E_1^0, E_2^0$  на одной прямой ( $E_2^0$  – между  $E_1^0$  и  $P^0$  внутри окружности Аполлония)

F i g. 9.  $P^0, E_1^0, E_2^0$  are located on the same line,  $E_2^0$  is situated between  $E_1^0$  and  $P^0$  inside the circle of Apollonius



Р и с. 10. Расположение  $P^0, E_1^0, E_2^0$  на одной прямой ( $E_2^0$  – между  $E_1^0$  и  $P^0$  за окружностью Аполлония)

F i g. 10.  $P^0, E_1^0, E_2^0$  are located on the same line,  $E_2^0$  is situated between  $E_1^0$  and  $P^0$  out of the circle of Apollonius



На рис. 2–3 точка  $E_2^0$  расположена достаточно близко к границе зоны безопасности игрока  $E_1^0$ , поэтому часть границы зоны безопасности игрока  $E_2^0$  близка к окружности. Причиной этого является то, что местоположение  $E_2^0$  на границе зоны безопасности представляет собой точку разрыва, поскольку при выборе направления  $E_1$  к  $E_2$  направление движения игрока  $E_2$  однозначно выбрать невозможно.

Определив границу зоны безопасности второго из убегающих игроков,

можно аналогично рассмотренному исследовать игру между преследователем  $P$  и тремя преследуемыми  $E_1, E_2, E_3$  [2], действующими согласованно (фактически исключив из игры первого из преследуемых игроков). Кроме того, предложенный метод может быть использован при решении простейшей дифференциальной игры поочередного преследования коалиции двух убегающих игроков в случае  $R$ -встречи ( $R > 0$ ) с первым игроком и поточечной встречи – со вторым.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петросян Л. А., Ширяев В. Д. Групповое преследование одним преследователем нескольких преследуемых // Вестник ЛГУ (Сер. «Математика, механика и астрономия»). 1980. № 13. С. 50–57.
2. Ширяев В. Д. О задачах простого преследования с четырьмя участниками // Математическое моделирование сложных систем. СПб, 1999. С. 52–53.
3. Ширяев В. Д., Нестерова Т. Н. Задача поочередного преследования со многими участниками // Методы возмущений в гомологической алгебре и динамика систем. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. С. 111–120.
4. Шевченко И. И. О поочередном преследовании // Автоматика и телемеханика. 1981. № 11. С. 54–59. URL: <http://www.mathnet.ru/links/56042ca7de6dcc2aca19b4094cf18822/at6041.pdf>.
5. Абрамянц Т. Г., Маслов Е. П., Рубинович Е. Я. Простейшая дифференциальная игра поочередного преследования // Автоматика и телемеханика. 1980. № 8. С. 5–15. URL: <http://www.mathnet.ru/links/18b651a96ec80bd34126bef353968bc9/at7146.pdf>.
6. Петросян Л. А., Ширяев В. Д. Простое преследование одним преследователем двух преследуемых // Некоторые вопросы дифференциальных и интегральных уравнений и их приложения. Якутск, 1978. С. 103–108.
7. Ширяев В. Д., Куляшова Н. М., Виноградова О. О. Геометрический подход к решению игр простого преследования со многими участниками. Деп. ВИНТИ № 1254 – В 98 от 22.04.1998 г. 26 с.
8. Петросян Л. А., Томский Г. В. Геометрия простого преследования. Новосибирск: Наука, 1983. 144 с.
9. Ширяев В. Д., Анощенкова Е. В. Игра с «линией жизни»: случай поточечной встречи // Вестник Мордовского университета. 2014. № 1–2. С. 139–147. URL: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/articles/38-14-12/205-10-15507-vmu-025-201502-64>.
10. Ширяев В. Д. Бескоалиционная дифференциальная игра простого преследования // Управление, надежность, навигация. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1984. С. 33–41. URL: <http://istina.msu.ru/collections/2883707>.

Поступила 23.10.2015 г.

Об авторах:

**Ширяев Виктор Дмитриевич**, профессор кафедры фундаментальной информатики факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0497-3769>, [shiryayevvd@mail.ru](mailto:shiryayevvd@mail.ru)

**Анощенкова Екатерина Васильевна**, старший преподаватель кафедры фундаментальной информатики факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7256-6634>, [anoshchenkovaev@mail.ru](mailto:anoshchenkovaev@mail.ru)



**Бикмурзина Равиля Ряшитовна**, доцент кафедры фундаментальной информатики факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат педагогических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7651-6340>**, [bravilya@mail.ru](mailto:bravilya@mail.ru)

## REFERENCES

1. Petrosyan LA, Shirayev VD. Gruppovoye presledovaniye odnim presledovatelem neskol'kikh presleduyemykh [Group pursuit with one pursuer and pursued more]. *Vestnik LGU ("Matematika, mekhanika i astronomiya")* = LGU Bulletin: Mathematics, Mechanics and Astronomy. 1980; 13:50-57. (In Russ.)
2. Shirayev VD. O zadachakh prostogo presledovaniya s chetyrmya uchastnikami [On tasks of simple pursuit with four participants]. *Matematicheskoye modelirovaniye slozhnykh system* = Mathematical modeling of complex systems. St. Petersburg; 1999:52-53. (In Russ.)
3. Shirayev VD, Nesterova TN. Zadacha poocherednogo presledovaniya so mnogimi uchastnikami [The task of alternately persecution with many participants]. *Metody vozmushcheniy v gomologicheskoy algebre i dinamika system* = Methods of perturbations in homological algebra and dynamics of systems. Saransk: Mordovia Univ. Publ.; 2004:111-120. (In Russ.)
4. Shevchenko II. O poocherednom presledovanii [About alternate persecution]. *Avtomatika i telemekhanika* = Automation and Remote Control. 1981; 11:54-59. Available from: <http://www.mathnet.ru/link/s/56042ca7de6dcca19b4094cf18822/at6041.pdf>. (In Russ.)
5. Abramyants TG, Maslov YeP, Rubinovich YeYa. Prosteyshaya differentsialnaya igra poocherednogo presledovaniya [The simplest differential game alternately persecution]. *Avtomatika i telemekhanika* = Automation and Remote Control. 1980; 8:5-15. Available from: <http://www.mathnet.ru/links/18b651a96ec80bd34126bef353968bc9/at7146.pdf>. (In Russ.)
6. Petrosyan LA., Shirayev VD. Prostoye presledovaniye odnim presledovatelem dvukh presleduyemykh [Simple one pursuer pursuit of two persecuted]. *Nekotoryye voprosy differentsialnykh i integralnykh uravneniy i ikh prilozheniya* = Some questions of differential and integral equations and their applications. Yakutsk; 1978:103-108. (In Russ.)
7. Shirayev VD, Kulyashova NM, Vinogradova OO. Geometricheskii podkhod k resheniyu igr prostogo presledovaniya so mnogimi uchastnikami [Geometric approach to simple pursuit of games with many participants]. *VINITI no. 1254-V98, 22.04.1998*. (In Russ.)
8. Petrosyan LA, Tomskiy GV. Geometriya prostogo presledovaniya [Geometry of simple pursuit]. Novosibirsk: Nauka; 1983. (In Russ.)
9. Shirayev VD, Anoshchenkova YeV. Igra s "liniye zhizni": sluchay potochechnoy vstrechi ["Life line" game. Line of pursuit meeting]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2014; 1-2:139-147. Available from: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/articles/38-14-12/205-10-15507-vmu-025-201502-64>. (In Russ.)
10. Shirayev VD. Beskoalitsionnaya differentsialnaya igra prostogo presledovaniya [Noncooperative simple pursuit differential game]. *Upravleniye, nadezhnost, navigatsiya* = Control, safety, navigation. Saransk: Mordovia Univ. Publ.; 1984:33-41. Available from: <http://istina.msu.ru/collections/2883707>. (In Russ.)

Submitted 23.10.2015

About the authors:

**Viktor Shirayev**, professor of Fundamental Informatics chair of Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Physics and Mathematics), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0497-3769>**, [shirayevvd@mail.ru](mailto:shirayevvd@mail.ru)

**Yekaterina Anoshchenkova**, senior lecturer of Fundamental Informatics chair of Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7256-6634>**, [anoshehnkovaev@mail.ru](mailto:anoshehnkovaev@mail.ru)

**Ravilya Bikmurzina**, associate professor of Fundamental Informatics chair of Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7651-6340>**, [bravilya@mail.ru](mailto:bravilya@mail.ru)

Physics and Mathematics

**К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ЗЕРНА****В. А. Афонькина<sup>1</sup>, В. Г. Захахатнов<sup>1</sup>, В. И. Майоров<sup>2</sup>,  
В. М. Попов<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (г. Челябинск, Россия)*<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет» (г. Тюмень, Россия)*

Значительная доля зерна, производимого в регионе Южного Урала, имеет повышенную влажность и нуждается перед закладкой на хранение в сушке. Сушка является энергоемким процессом и составляет около 70 % от общего объема энергозатрат на послеуборочную обработку зерна. Современное зерносушильное оборудование, реализующее высокотемпературную конвективную сушку, обеспечивает затраты теплоты 5 350–5 500 кДж на 1 кг испаренной влаги, что значительно превышает предварительные расчеты. Комбинированная сушка, которая предполагает сочетание стадий высокотемпературной сушки и активного вентилирования зерна, позволяет снизить затраты теплоты до 30 %. Для управления процессом данной сушки необходимо иметь связь конечной влажности зерна с такими параметрами высокотемпературной сушки и активного вентилирования как начальная влажность, температура нагрева зерна и время последующего активного вентилирования. В данной статье такая связь в виде математической модели второго порядка экспериментально была получена для пшеницы (в результате реализации плана Бокса-Бенкина для трех факторов – начальной влажности, температуры нагрева зерна и времени его вентилирования). Эксперимент проводился для неподвижного слоя зерна толщиной 200 мм. Также была получена модель, связывающая энергозатраты с вышеупомянутыми параметрами. Модель для конечной влажности в пределах варьирования факторов может быть использована для создания алгоритма управления комбинированной сушкой. Имея в качестве заданных параметров конечную влажность, начальную влажность и температуру нагрева зерна, микроконтроллер вычисляет время активного вентилирования, необходимое для получения конечной влажности, после чего выгрузной механизм обеспечивает его за счет регулирования скорости выгрузки. Модель энергозатрат дает возможность рассчитать затраты тепловой энергии на сушку при различных значениях исходной влажности, температуры нагрева зерна и времени активного вентилирования.

**Ключевые слова:** комбинированная сушка, влажность, эксперимент, модель, управление

**Для цитирования:** К вопросу управления процессом комбинированной сушки зерна / В. А. Афонькина [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 32–39. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.032-039





## ON THE QUESTION OF PROCESS CONTROL COMBINED GRAIN DRYING

V. A. Afonkina<sup>a</sup>, V. G. Zakhakhatnov<sup>a</sup>, V. I. Mayerov<sup>b</sup>,  
V. M. Popov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>South Ural State Agrarian University (Chelyabinsk, Russia)

<sup>b</sup>Tyumen State University (Tyumen, Russia)

A large part of the grain produced in the South Urals has high humidity and needs to be dried before storage. Drying is an energy-intensive process and is about 70 % of the total energy consumption for post-harvest processing of grain. Modern grain drying equipment, implements high-convection drying, and heat provides cost 5 350–5 500 kJ per 1 kg of evaporated moisture, which is well above the theoretical calculations. Combined drying, which involves high-temperature drying step and aeration enables to reduce heat costs up to 30 %. To control the combined drying process it is necessary that final grain moisture relates to such parameters of high-temperature drying and aeration as the initial moisture content, the temperature of grain and the time subsequent aering. The paper describes the said relation as a mathematical model of the second order obtained experimentally for wheat. The model has been derived from the implementation of Box-Benkin plan for three factors – the initial grain moisture, temperature and time of grain heating and aering. The experiment was conducted for a 200 mm thick fixed grain bed. We also have got a model relating energy consumption to the said parameters. The model of the final grain moisture within the variation of factors can be used to create a control algorithm for combined drying. Taking as the set parameters final moisture, initial moisture and grain heating temperature, a microcontroller calculates the time for active aering necessary to obtain final grain moisture and an unloading mechanism provides the necessary time through regulating the discharge rate. The model makes it possible to calculate the energy usage for drying at different values of initial moisture, temperature and time of grain heating and aering.

**Keywords:** combined drying, moisture content, experiment, model, management

**For citation:** Afonkina VA, Zakhakhatnov VG, Mayerov VI, Popov VM. On the question of process control combined grain drying. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):32-39. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.032-039

В силу климатических условий Южный Урал входит в зону рискованного земледелия, о чем свидетельствует ситуация, сложившаяся, например, в 2014 г. (часть зерновых культур пришлось убирать при наличии снежного покрова). Почти все зерно, выращиваемое в данном регионе, нуждается в сушке, которая является достаточно энергоемким процессом и, по некоторым оценкам, занимает до 70 % от общего объема энергозатрат на послеуборочную обработку зерна, что значительно увеличивает его себестоимость.

Очевидно, что для снижения себестоимости послеуборочной обработки зерна необходимо повышать коэффи-

циент полезного действия (КПД) зерносушильного оборудования. Как отмечают ряд авторов, даже самые современные устройства ведущих мировых производителей имеют низкий КПД: затраты теплоты на испарение 1 кг влаги в них составляют 5 350–5 500 кДж, что в 7–8 раз превышает аналогичный показатель в т. н. «идеальной сушилке». В настоящее время наиболее распространенным является конвективный высокотемпературный способ сушки. Различные меры по снижению энергозатрат повышают стоимость сушильного оборудования, не приводя к значительному увеличению КПД. Снижение энергозатрат в рассматри-

ваемом процессе до 30 % может быть достигнуто при комбинированном способе сушки [1–2], когда зерно, нагретое в процессе высокотемпературной сушки доводится до кондиционной влажности через стадию квазиизотермического активного вентилирования при низкой скорости воздуха.

Исследования, проведенные для процесса высокотемпературной сушки в шахтной сушилке, показывают, что сушилка представляет собой сложный многосвязный объект с распределенными параметрами, который описывается несколькими передаточными функциями. Основным возмущающим фактором для данного процесса является колебание влажности зерна, а регулирующим – количество тепла, подводимое к зерну в процессе сушки, которое обуславливает температуру его нагрева [3–4]. Удельные свойства зерна непрерывно изменяются в процессе сушки, что приводит к необходимости разделять сушилку на соответствующие зоны и осуществлять позонное регулирование с введением обратных связей для каждого контура [5].

При проведении подобных исследований предполагается, что процесс управления сушкой заключается в регулировании температуры зерна посредством изменения температуры теплоносителя, а также времени нахождения зерна в зоне нагрева. При этом окончанием сушки является достижение зерном заданной влажности. В случае комбинированной сушки высокотемпературная стадия должна соответствовать этапу максимальной скорости обезвоживания и обеспечить снятие химически не связанной влаги [6]. Очевидно, что параметры высокотемпературного этапа обуславливают параметры стадии активного вентилирования. По этой причине для управления комбинированной сушкой необходимо рассматривать обе группы в рамках одного процесса. В связи с этим определенным интерес пред-

ставляет получение математической модели, связывающей характеристики высокотемпературной сушки и последующего активного вентилирования, в частности, начальной влажности и температуры нагрева зерна. Такая модель, а также модель, устанавливающая зависимость энергозатрат от вышеперечисленных технологических параметров, были получены по методике планирования эксперимента.

Поскольку известно, что скорость сушки зерна носит нелинейный характер [7], было принято решение об использовании модели второго порядка. В ходе эксперимента необходимо варьировать влажность зерна, что вызывает определенные трудности. В целях их преодоления был выбран план Бокса-Бенкина, достоинством которого, кроме возможности минимизации количества экспериментов, является допустимость варьирования факторов только на 3 уровнях.

Экспериментальная установка представляла собой термоизолированный цилиндр с внутренним диаметром 80 мм, через который подавался нагретый воздух (его температура автоматически поддерживалась с помощью нагревателя и регулятора «ТРМ1»). Температура отработанного теплоносителя, наружного воздуха и образца зерна, усредняемого по 3 точкам, измерялась с помощью прибора «УКТ136»; влажность отработанного теплоносителя и наружного воздуха – прибором «ДТ-625»; влажность зерна – с помощью «Фауна-М». Исследования проводились для неподвижного слоя зерна толщиной 200 мм и скорости теплоносителя 0,6 м/с. Данные величины были выбраны в ходе предварительных экспериментов [8–9] из условия получения приемлемых градиентов температуры (3 °С в установившемся режиме) и влажности (не более 2 %) в слое. Поскольку эксперимент производился с неподвижным слоем зерна, температура теплоносителя составля-



ла 60 °С. Температура нагрева зерна при этом не превышала допустимого значения 55 °С.

С целью минимизации потери тепла, полученного в период нагрева, активное вентилирование осуществлялось наружным воздухом с периодичностью 5 мин и скважностью 0,05. Такое соотношение было выбрано на основе предварительных экспериментов из соображений своевременного удаления влаги из зерна при его минимальном охлаждении: было установлено, что за время паузы влажность в межзерновом пространстве увеличивается до 80 %, а время вентилирова-

ния является достаточным для ее снижения до 20–30 % [Там же].

Для получения модели был реализован план Бокса-Бенкина для 3 факторов: относительной начальной влажности зерна  $X1$ , конечной температуры зерна в стадии нагрева  $X2$  и времени активного вентилирования  $X3$ . В качестве отклика регистрировалась конечная влажность зерна  $Y$  и энергозатраты  $y$ . Диапазоны варьирования факторов приведены в табл. 1.

Матрица планирования и значения полученного отклика приведены в табл. 2.

Таблица 1

Table 1

**Интервалы варьирования факторов**  
**Intervals of variation factors**

Факторы / Factors	$W$ – начальная относительная влажность зерна $X1$ / Initial relative grain humidity $X1$	$T$ , °С – конечная температура нагрева зерна $X2$ / Final grain temperature $X2$	$T$ , мин – время активного вентилирования $X3$ / Period of active venting $X3$
Интервал варьирования / Interval of variation	0,150...0,215...0,280	30...40...50	30,0...45,5...60,0
Кодированные значения факторов / Coded values of factors	-1 0 +1	-1 0 +1	-1 0 +1

Здесь  $Y, Y'$  – экспериментальные и расчетные результаты конечной влажности в относительных единицах соответственно;  $y, y'$  – экспериментальные и расчетные энергозатраты  $\frac{\text{кВт} \times \text{час}}{\text{кг}}$ .

Обработка экспериментальных данных велась по методике, изложенной

в [10]; коэффициенты регрессии рассчитывались методом наименьших квадратов в программе «Mathcad» с применением методики матричной алгебры. В результате расчетов и статистического анализа были получены уравнения регрессии для конечной влажности (1) и энергозатрат на сушку (2).

$$Y = 0,175 + 0,045 * X1 - 0,021 * X2 - 2,41 * 10^{-3} * X3 + 0,01 * X1^2; \quad (1)$$

$$y' = 0,777 - 0,022X1 + 0,12X1 \times X2 - 0,125X1 \times X3 + 0,121X2 \times X3 + 0,25X3^2. \quad (2)$$



Таблица 2  
Table 2

Матрица планирования эксперимента. План Бокса-Бенкина для 3 факторов  
Matrix experiment planning. Box-Benkin plan for 3 factors

№	X0	X1	X2	X3	X1*X2	X1*X3	X2*X3	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	X3 <sup>2</sup>	Влажность / Humidity		Энергозатраты / Energy consumption	
											Y	Y'	y	y'
1	1	+	+	0	1	0	0	1	1	0	0,180	0,192	0,76	0,68
2	1	+	-	0	-1	0	0	1	1	0	0,244	0,234	0,37	0,44
3	1	-	+	0	-1	0	0	1	1	0	0,115	0,102	0,94	0,88
4	1	-	-	0	1	0	0	1	1	0	0,137	0,144	1,03	1,12
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,154	0,157	0,71	0,78
6	1	+	0	+	0	1	0	1	0	1	0,218	0,211	0,80	0,68
7	1	+	0	-	0	-1	0	1	0	1	0,213	0,215	0,94	0,93
8	1	-	0	+	0	-1	0	1	0	1	0,124	0,121	1,51	1,37
9	1	-	0	-	0	1	0	1	0	1	0,122	0,125	1,15	1,12
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,159	0,157	0,78	0,78
11	1	0	+	+	0	0	0	0	1	1	0,129	0,134	1,21	1,15
12	1	0	+	-	0	0	0	0	1	1	0,148	0,138	0,87	0,91
13	1	0	-	+	0	0	0	0	1	1	0,178	0,176	0,79	0,91
14	1	0	-	-	0	0	0	0	1	1	0,185	0,180	0,93	1,15
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,158	0,157	0,83	0,78



Как следует из уравнения (1), наибольшее влияние на конечную влажность оказывает начальная влажность зерна, что согласуется с выводами [2]. Наличие фактора  $XI^2$  свидетельствует о нелинейном характере такого влияния.

Уравнение (2) позволяет рассчитать энергозатраты на сушку при различных значениях начальной влажности, температуре нагрева зерна и времени вентилирования.

### Выводы

Исследования технологии комбинированной сушки пшеницы позволили получить зависимость (1), устанавливающую связь между параметрами высокотемпературной сушки – начальной влажностью, температурой нагрева зерна и временем последующего вентилирования.

Полученная зависимость дает возможность в пределах варьирования факторов построить алгоритм управления процессом сушки для микропроцес-

сорной системы. Для этого достаточно ввести в уравнение (1) начальную и конечную влажность зерна и температуру нагрева, после чего вычислить время активного вентилирования. Конечная влажность, необходимая для закладки на хранение, и допустимая температура нагрева, известна для каждой культуры и может быть введена в алгоритм управления вручную. Начальную влажность рекомендуется измерять в автоматическом режиме на входе в сушилку. Время активного вентилирования также рассчитывается автоматически и обеспечивается соответствующим управлением выгрузным механизмом.

Полученные зависимости (1–2) нуждаются в уточнении для каждой конкретной конструкции сушилки, поскольку были получены для неподвижного слоя зерна. Однако проделанная работа демонстрирует методику, по которой такие модели могут быть получены без затруднений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подгородецкий О. А. К вопросу снижения энергозатрат в технологии двухстадийной сушки // Хранение и переработка зерна. 2013. № 6. С. 35–37. URL: <http://www.agroserver.ru/articles/1147.htm>.
2. Сорочинский В. Ф. Эффективный способ двухстадийной сушки зерна // Комбикормовая промышленность. 1996. № 4. С. 17–18. URL: <http://www.kombi-korma.ru/index.htm>.
3. Регулирование тепловых режимов в сушилках с гравитационным движущимся слоем / Н. М. Андрианов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 4. С. 30–33. URL: <http://www.tismash.ru/archives/12365>.
4. Андрианов Н. М. Исследование шахтной зерносушилки как объекта управления // Успехи современного естествознания. 2004. № 9. С. 86–91. URL: [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7781099](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7781099).
5. Автоматизация технологического процесса сушки зерна / С. К. Манасян [и др.] // Вестник Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2011. № 1. С. 149–152. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-tehnologicheskogo-protsesta-sushki-zerna>.
6. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения / В. Мальтри [и др.] ; сокр. пер. с нем. ; под ред. В. Г. Евдокимова. М. : Машиностроение, 1979. 525 с. URL: <http://www.prosushka.ru/189-sushilnye-ustanovki-selskoxozyajstvennogo.html>.
7. Малин Н. И. Энергосберегающая сушка зерна. М. : Колос, 2004. 240 с. URL: [http://hipzmag.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=258:258&Itemid=16](http://hipzmag.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=258:258&Itemid=16).
8. Захахатнов В. Г., Попов В. М. Результаты эксперимента по оптимизации энергозатрат на сушку рапса // Мат-лы III Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2014. Ч. III. С. 346–351. URL: <http://www.csa.ru/sci/conf/csa-conf/item/conf-liv-3.html>.



9. Захатнов В. Г., Котельников С. Ю., Сычев П. А. Модель управления сушкой зерна комбинированным методом // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 35–38. URL: <http://www.csaa.ru/sci/vestnik/vest-archive/item/vestnik68.html>.

10. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М. : Машиностроение, 1981. 184 с. URL: <http://lib-bkm.ru/load/94-1-0-2233>.

Поступила 27.10.2015 г.

Об авторах:

**Афонькина Валентина Александровна**, старший преподаватель кафедры электротехники и автоматики Института агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75), доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9743-5278>, AfVa82@mail.ru

**Захатнов Виктор Глебович**, доцент кафедры электротехники и автоматики Института агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75), кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2856-9755>, zahvg@inbox.ru

**Майоров Владимир Иванович**, профессор кафедры административного и финансового права Института государства и права ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет» (Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6490-3546>, 1955715@rambler.ru

**Попов Виталий Матвеевич**, профессор электротехники и автоматики Института агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75), доктор технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5773-4839>, ntc-es@mail.ru

## REFERENCES

1. Podgorodetskiy OA. K voprosu snizheniya energozatrat v tekhnologii dvukhstadiynoy sushki [On the question of reducing energy consumption in two-stage drying technology]. *Khraneniye i pererabotka zerna* = Grain storage and processing. 2013; 6:35-37. Available from: <http://www.agroserver.ru/articles/1147.htm>. (In Russ.)

2. Sorochinskiy VF. Effektivnyy sposob dvukhstadiynoy sushki zerna [Effective method of two-stage drying grain]. *Kombikormovaya promyshlennost* = Compound feed industry. 1996; 4:17-18. Available from: <http://www.kombi-korma.ru/index.htm>. (In Russ.)

3. Andrianov NM, et al. Regulirovaniye teplovykh rezhimov v sushilkakh s gravitatsionnym dvizhushchimsya sloyem [Regulation of thermal conditions in the dryer with the gravitational moving bed]. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and agricultural machinery. 2014; 4:30-33. Available from: <http://www.tismash.ru/archives/12365>. (In Russ.)

4. Andrianov NM. Issledovaniye shakhtnoy zernosushilki kak obyekt upravleniya [Research of shaft dryer as a control object]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* = Advances in current natural sciences. 2004; 9:86-91. Available from: [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7781099](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7781099). (In Russ.)

5. Manasyan SK, et al. Avtomatizatsiya tekhnologicheskogo protsessa sushki zerna [Automation of grain drying]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Krasnoyarsk State Agrarian University Bulletin. 2011; 1:149-152. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-tehnologicheskogo-protsessa-sushki-zerna>. (In Russ.)

6. Maltri V, et al. Sushilnyye ustanovki selskokhozyaystvennogo naznacheniya [Dryers for agricultural purposes]. Translated from German. Moscow: Mashinostroyeniye; 1979. Available from: <http://www.prosushka.ru/189-sushilnye-ustanovki-selskoxozyajstvennogo.html>. (In Russ.)

7. Malin NI. Energoberegayushchaya sushka zerna [Energy-efficient drying grain]. Moscow: Kolos; 2004. Available from: [http://hipzmag.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=258:258&Itemid=16](http://hipzmag.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=258:258&Itemid=16). (In Russ.)



8. Zakhakhatnov VG, Popov VM. Rezultaty eksperimenta po optimizatsii energozatrat na sushku rapsa [Experimental results for optimization of energy consumption for drying rape]. In: Svechnikova PG, editor. *Materialy LVIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"* = Conference proceedings "Advances in science for agricultural production". Chelyabinsk: CGAA Publ; 2014. Part III. p. 346-351. Available from: <http://www.csaa.ru/sci/conf/csaa-conf/item/conf-liv-3.html>. (In Russ.)

9. Zakhakhatnov VG, Kotelnikov SYu, Sychev PA. Model upravleniya sushkoy zerna kombinirovannym metodom [The model to control grain drying by the combined method]. *Vestnik CGAA* = CGAA Bulletin. 2014; 68:35-38. Available from: <http://www.csaa.ru/sci/vestnik/vest-archive/item/vestnik68.html>. (In Russ.)

10. Spiridonov A. Planirovaniye eksperimenta pri isslyedovanii tekhnologicheskikh protsessov [Planning experiment in technological processes]. Moscow: Mashinostroyeniye; 1981. Available from: <http://lib-bkm.ru/load/94-1-0-2233>. (In Russ.)

*Submitted 27.10.2015*

*About the authors:*

**Valentina Afonkina**, senior lecturer of Electrical Engineering and Automation chair, Institute of Agricultural Engineers, South Ural State Agricultural University (75, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Russia), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9743-5278>, AfVa82@mail.ru

**Viktor Zakhakhatnov**, associate professor of Electrical Engineering and Automation chair, Institute of Agricultural Engineers, South Ural State Agricultural University (75, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2856-9755>, zahvg@inbox.ru

**Vladimir Mayerov**, professor of Administrative and Financial Law, Institute of State and Law, Tyumen State University (6, Volodarskiy Str., Tyumen, Russia), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6490-3546>, 1955715@rambler.ru

**Vitaliy Popov**, professor of Electrical Engineering and Automation chair, Institute of Agricultural Engineers, South Ural State Agricultural University (75, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5773-4839>, ntc-es@mail.ru

## ПРОБЛЕМА МОНИТОРИНГА И БАЛАНСИРОВКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**А. П. Иншаков, Ю. Б. Федотов, С. С. Десяев, Д. В. Байков**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Применение электрохимических накопителей энергии с каждым годом становится все более распространенным, в связи с чем к ним предъявляются новые требования по увеличению времени питания электрооборудования. В ряде случаев аккумуляторные батареи (АБ) выполняют функции основной электросиловой установки, работающей на соответствующей резервируемой нагрузке и электроприводе транспортного средства. В статье рассматриваются особенности применения АБ в составе электрооборудования мобильной сельскохозяйственной техники. При создании АБ высокой емкости путем соединения нескольких аккумуляторов в последовательные и параллельные цепи возникает ряд особенностей, связанных с разбросом параметров отдельных элементов.

### *Материалы и методы*

Объектом исследования являются способы и средства мониторинга и балансировки АБ, при которых они соединены последовательно и отсутствует возможность или целесообразность их рассоединения для индивидуальной балансировки. При разработке методов и устройств использовались общен지니어ные подходы.

### *Результаты исследования*

Для обеспечения максимального срока эксплуатации АБ было необходимо определить параметры, негативно влияющие на ее энергетические характеристики и срок службы. В ходе исследований была установлена необходимость применения устройств мониторинга и регулирования состояния аккумуляторных батарей, позволяющих решить проблемы расхождения емкостей, внутренних сопротивлений и токов утечки отдельных аккумуляторов. Немаловажным показателем, который следует контролировать при эксплуатации АБ, является его температура. Для обеспечения равномерного заряда отдельных ячеек, независимо от разброса их параметров, совместно с системами мониторинга необходимо применять также системы балансировки АБ.

### *Обсуждение и заключения*

Существуют различные варианты построения АБ, каждый из которых обладает определенными достоинствами и недостатками. В статье приведены примеры пяти систем выравнивания напряжения на отдельных ячейках АБ; определены критерии выбора тока для пассивного способа балансировки с помощью шунтирующих резисторов, а также приведена схема его улучшенного варианта; рассмотрены основные достоинства и недостатки активных методов балансировки; обоснована целесообразность применения активной и пассивной балансировки во время разряда АБ. Сравнительный анализ методов выравнивания напряжения на ячейках аккумуляторных батарей выявил проблемы конденсаторного способа балансировки, решение которых позволит оптимизировать его для электрооборудования мобильной сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** мобильная сельскохозяйственная техника, аккумуляторная батарея, мониторинг состояния, балансировка заряда, бортовое электропитание

**Благодарности:** Авторы выражают свою признательность К. Б. Бурдасову и С. И. Жихареву за ценные консультации, а также анонимному рецензенту журнала, чьи подробные комментарии и рекомендации помогли улучшить статью.





*Для цитирования:* Проблема мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств / А. П. Иншаков [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 40–49. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.040-049

## THE PROBLEM OF MONITORING AND BALANCING OF VEHICLE BATTERIES

**A. P. Inshakov, Yu. B. Fedotov, S. S. Desyayev, D. V. Baykov**  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

The use of electrochemical energy storage units is becoming more common, and they are subject to new requirements for increasing the time of electrical supply for power equipment. In some cases, batteries serve as the main electric power unit working under reserved electric load and on the electric drive of the vehicle. The article discusses the features of using batteries as a part of electrical equipment for the agricultural vehicles. When creating high-capacity batteries through connecting some batteries in series and parallel circuits, there are a number of features caused by variations of the parameters of the elements.

### *Materials and Methods*

The object of research is methods of monitoring and balancing touch batteries are connected in series and there is no possibility or desirability of their disconnection for individual balancing. In the development of methods and devices used in general engineering approaches to the development of technical devices.

### *Results*

It is necessary to find the causes affecting the energy characteristics and service life of the battery to increase it. During research we have found a need for monitoring and control of battery status, which allow solving the problems of divergence of containers, the internal resistance and leakage of individual batteries. Temperature of the battery is an important indicator to control it. Balancing the battery system and monitoring systems are needed to provide a uniform charge of individual cells, regardless of the variation parameters.

### *Discussion and Conclusions*

There are different variants of balancing systems, each of which has its own advantages and disadvantages. The article gives examples of the construction of five alignment systems stress on the individual cells of the battery. The criteria for selection for the current passive balancing method using shunt resistors, and are a diagram of an improved passive way of balancing. Considered and the basic advantages and disadvantages of active methods of balancing. A comparative analysis of methods of balancing the cell voltage batteries found ways to balance the capacitor problems whose solution will provide an optimal method for balancing electrical mobile agricultural machinery.

**Keywords:** mobile agricultural machinery, battery, status monitoring, balancing charge, onboard power supply

**Acknowledgement:** The authors express their gratitude to B. K. Burdasov and S. I. Zhikhareva for valuable advice and also grateful to anonymous reviewer for his helpful review and recommendations and suggestions.

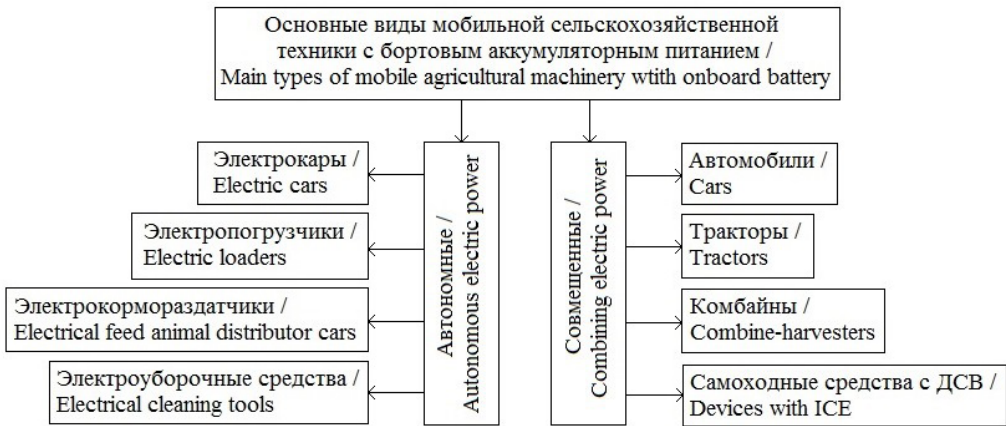
**For citation:** Inshakov AP, Fedotov YuB, Desyayev SS, Baykov DV. The problem of monitoring and balancing of vehicle batteries. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):40-49. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.040-049

## Введение

Аккумуляторы различной емкости находят широкое применение в повседневной жизни людей в качестве источников питания мобильных телефонов, электроинструментов, электровелосипедов, электромобилей и т. д. Мобильные транспортные средства, распространенные в сельскохозяйственном производстве, имеют в составе электрооборудования соответствующие АБ для обеспечения стартерного пуска двигателя внутреннего сгора-

ния и резервного энергообеспечения при неработающем двигателе. В ряде случаев АБ выполняет функции основной электросиловой установки, работающей на соответствующей резервируемой нагрузке и электроприводе транспортного средства [1].

Основные виды транспортных, погрузочно-транспортных и уборочных средств с бортовым аккумуляторным электропитанием, используемых в сельскохозяйственном производстве, представлены на рис. 1.



Р и с. 1. Мобильные средства с бортовым аккумуляторным электропитанием, используемые в сельском хозяйстве

F i g. 1. Mobile vehicles with on-board battery power supply used in agriculture

В составе электрооборудования мобильной сельскохозяйственной техники распространение получили преимущественно свинцово-кислотные аккумуляторы и, в меньшей, щелочные (никель-железные (и никель-кадмиевые) [Там же]. Современные тенденции повышения продолжительности автономной работы мобильной сельскохозяйственной техники вызывают необходимость увеличения емкости накопителей электроэнергии. Значение требуемой мощности химические аккумуляторы достигают путем соединения нескольких аккумуляторов в последовательные и параллельные цепи. При параллельном соединении  $n$  ак-

кумуляторов емкость полученной АБ увеличивается в  $n$  раз, а напряжение при этом соответствует напряжению одной батареи. Для его увеличения аккумуляторные ячейки соединяют последовательно. Проблемой является то, что при эксплуатации электрохимических накопителей энергии, состоящих из групп последовательно соединенных аккумуляторных ячеек, возникает несоответствие параметров отдельных элементов, негативно влияющее на энергетические характеристики и срок службы АБ [1–4].

## Обзор литературы

Причиной этого, как правило, являются индивидуальные особенности ак-

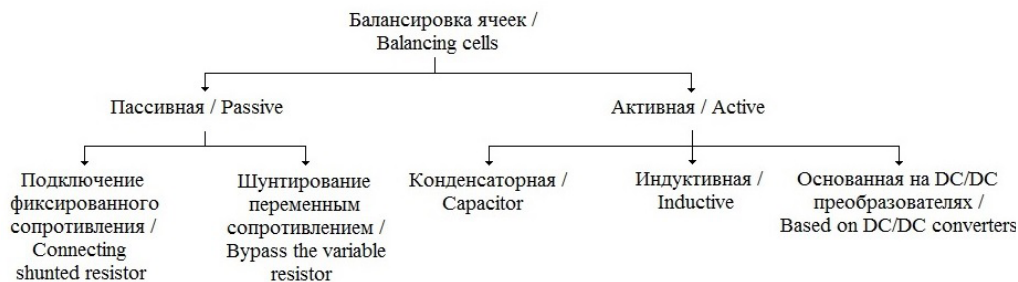


кумуляторов, входящих в ее состав [5–8]. С течением времени несоответствие параметров увеличивается. Стандартные зарядные устройства контролируют только общее напряжение на всей цепочке аккумуляторов и обеспечивают необходимый ток заряда. Расхождение таких параметров аккумуляторов как емкость, внутреннее сопротивление, ток утечки является причиной отличия необходимого времени для заряда накопленной энергии в отдельных аккумуляторах [6]. Например, ячейка с меньшей емкостью заряжается быстрее ячейки с большей емкостью при протекании через них одинакового тока. После достижения 100 % емкости необходимо или прекратить заряд, или заряжать батарею током, равным значению тока утечки, а продолжение заряда приведет к увеличению напряжения на отдельной ячейке выше оптимального и вызовет ускоренную деградацию элемента. В частности, литий-ионные батареи могут безопасно работать только при нормальном напряжении заряда. При превышении значения напряжения заряда 4,30 В в элементе начинается происходить металлизация анода литием, а на катоде – активное выделение кислорода; температура батареи при этом увеличивается [9]. Заметим, что рост данного показателя на каждые 10 °С относительно номинальной температуры снижает срок службы батареи в 2 раза [10–11].

Учитывая все перечисленные выше особенности, сохранение и обеспечение максимального срока службы всей АБ возможно только при постоянном мониторинге и контроле состояния ее отдельных ячеек. Вопросы контроля состояния АБ рассматривались в [6–7; 10–12]. В частности, для решения проблемы с неравномерным зарядом ячеек необходимо применять системы выравнивания (балансировки) АБ, которые поддерживают оптимальное значение напряжения и емкости отдельных элементов электрохимической батареи [6–7; 13]. Такие системы могут быть как автономными, так и управляемыми, в составе и не в составе АБ. Наиболее важным является способ, на котором основано выравнивание. Сложно определить однозначно лучший способ балансировки, поскольку каждый из них обладает рядом достоинств и недостатков. Знание принципов работы, положенных в основу методов балансировки, поможет создать более эффективные системы электропитания транспортных средств.

### Материалы и методы

Объектом исследования являются способы мониторинга и балансировки АБ, соединенных последовательно, при отсутствии возможности или целесообразности их рассоединения для индивидуальной балансировки. Основные способы балансировки представлены на рис. 2.



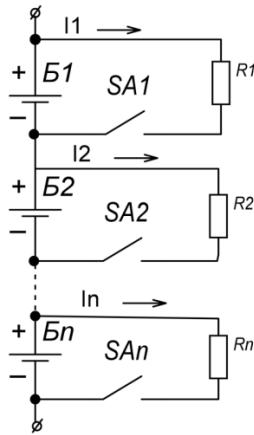
Р и с. 2. Способы балансировки ячеек

F i g. 2. Methods of balancing cells

При разработке методов и устройств используются общетеchnические подходы. На основе анализа и изучения принципов работы систем выравнивания рассмотрены схемотехнические решения, основанные как на одном способе выравнивания заряда, так и на комбинации таких способов.

**Результаты исследования**

Схема системы выравнивания заряда с помощью подключения резистора с фиксированным сопротивлением показана на рис. 3.



Р и с. 3. Выравнивание заряда с помощью шунтирующих резисторов

F i g. 3. Alignment of charge via shunt resistors

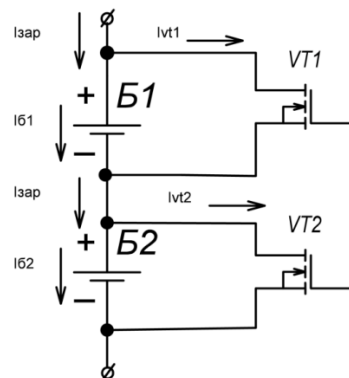
Суть данного метода заключается в шунтировании резистором аккумуляторной ячейки, которая уже зарядилась до 100 %, но при этом не завершился заряд всей АБ. Резисторы  $R1-R3$  при соответствующих ключах ограничивают ток через ячейки и тем самым препятствуют перезаряду батареи. Главным достоинством рассматриваемого метода является простота. В данном случае балансировку целесообразно проводить только в режимах заряда АБ, поскольку подключение дополнительного сопротивления к ячейке АБ во время разряда приведет к неэффективному использованию энергии аккумулятора.

В работе [11] выделяется 3 критерия определения тока, протекающего через шунтирующий резистор: величина дисбаланса ячейки, емкость элемента и время, за которое необходимо провести балансировку. Для АБ, которые часто проходят циклы заряда-разряда, оптимальной является балансировка ячеек от 10 до 20 % от мощности за 1 зарядно-разрядный период. Рассмотрим, например, ячейки с емкостью 2,3 А·ч, которые имеют дисбаланс 20 % и должны быть сбалансированы в течение 1 ч. Ток  $I_{bal}$ , протекающий через шунтирующий резистор, может быть вычислен по формуле:

$$I_{bal} = \frac{K_{dis} \times C_{AB}}{t_b}, \tag{1}$$

где  $K_{dis}$  – величина дисбаланса, %;  $C_{AB}$  – номинальная емкость ячейки АБ, А·ч;  $t_b$  – продолжительность балансировки, ч.

Разновидностью способа, представленного на рис. 3, является вариант шунтирования ячейки, достигшей максимального заряда, резистором не с фиксированным, а с изменяемым сопротивлением [12]. Этого можно добиться, поменяв в схеме рис. 3. резисторы  $R1-R3$  на MOSFET-транзисторы и контролируя их сопротивление с помощью управляющего сигнала (рис. 4).



Р и с. 4. Конфигурация системы уравнения выравнивания напряжения для двух ячеек

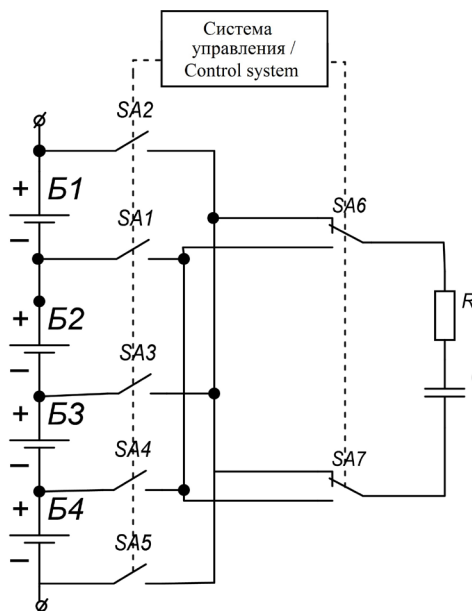
F i g. 4. System configuration equation equalization voltage for two cells



Суть активной балансировки заключается в обеспечении требуемого напряжения на ячейках АБ за счет перераспределения энергии от ячеек

с высоким уровнем заряда к ячейкам с его более низким уровнем.

Один из самых простых способов активной балансировки показан на рис. 5.



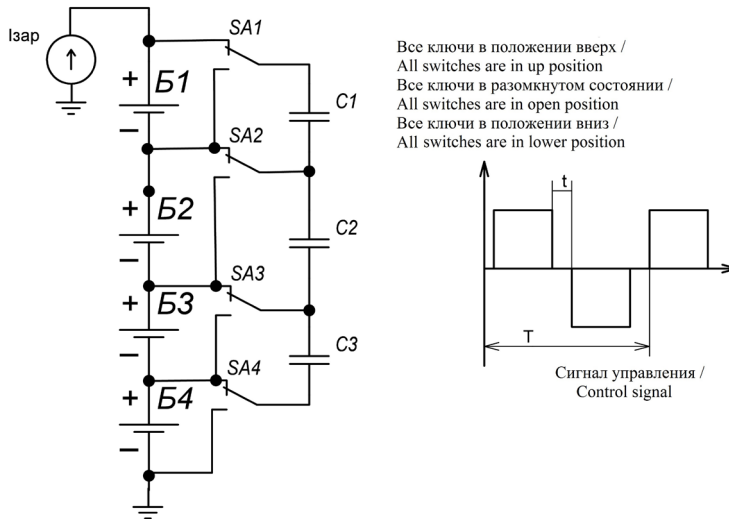
Р и с. 5. Топология балансировки с одним переключающим конденсатором

F i g. 5. Topology balancing with one switched capacitor

Для осуществления выравнивания заряда между ячейками цепочка  $RC$  последовательно подключается ко всем аккумуляторам (рис. 5). Максимальное напряжение на обкладках конденсатора соответствует напряжению наиболее заряженной ячейки, и при следующем подключении цепочки  $RC$  к другому аккумулятору будет передаваться дополнительный заряд от конденсатора. Резистор  $R$  используется для ограничения тока через конденсатор (Там же). Недостатком данного метода является длительное время выравнивания напряжения между ячейками [9; 13]. Возможно также построить систему управления и переключать цепочку  $RC$  только между ячейками с наибольшим и наи-

меньшим напряжениям, и таким образом в некоторых случаях уменьшить время выравнивания, но это потребует дополнительного использования измерительных цепей для каждой ячейки.

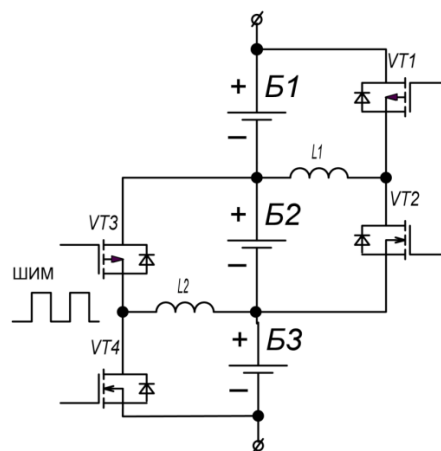
Топология выравнивания, показанная на рис. 6, требует  $(n - 1)$  конденсаторов и  $n$  переключателей для балансировки  $n$  ячеек. Данный метод прост в управлении, поскольку ключи  $SA$  имеют только 3 состояния: когда все переключатели приведены в верхнее положение; когда все переключатели не подключены ни к одной цепи; когда все переключатели переведены в нижнее положение АБ. Система выравнивания, изображенная на рис. 6, производит балансировку быстрее, чем представленная на рис. 5.



Р и с. 6. Схема балансировки подключаемыми конденсаторами  
 F i g. 6. Driving balancing capacitors connected

Еще одним способом выравнивания напряжения в ячейках АБ является использование индуктивностей [9; 12] (рис. 7). Рассматриваемая система балансировки при отличии напряжений соседних ячеек АБ производит перераспределение энергии между ними. При

подаче ШИМ-сигнала на транзистор  $VT1$  происходит накопление энергии в индуктивности  $L1$  и разряд ячейки  $B1$ , после чего энергия от  $L1$  передается в  $B2$  за счет подачи ШИМ-сигнала на  $VT2$ . С помощью  $VT3$ ,  $VT4$  и  $L2$  балансировка производится между  $B2$  и  $B3$ .



Р и с. 7. Схема балансировки батареи индуктивностью  
 F i g. 7. Inductance battery balancing



Недостатком метода является то, что передача энергии из первой ячейки к последней занимает долгое время, а кроме этого, необходимо принимать дополнительные меры по ограничению тока через индуктивности, используя при этом дополнительные обвязывающие цепи и сложную систему управления (Там же).

### Обсуждение и заключения

Применение любой системы балансировки АБ для сельскохозяйственного производства позволит существенно повысить срок службы АБ. Однако пассивная балансировка является менее выгодной из-за неэффективного использования энергии при разряде АБ и потери большого количества энергии в виде тепла при ее

заряде. Балансировка батареи индуктивностью, в свою очередь, сложна в реализации и требует существенных затрат на использование индуктивностей и других магнитных компонентов высокого номинала и сложной системы управления, что приводит к увеличению удельной стоимости АБ. Наиболее оптимальным, с точки зрения сохранения энергии и оптимальной стоимости, являются методы, основанные на перераспределении энергии между ячейками АБ посредством конденсаторов. Для улучшения коэффициента полезного действия в конденсаторных системах балансировки необходимо исключить ограничивающие резисторы и решить проблему возникновения импульсных токов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Тюхтин К. И.** Разработка электротехнологии и преобразователя электроэнергии для регенеративного заряда аккумуляторов мобильной сельскохозяйственной техники : дис. ... канд. тех. наук. М., 2011. URL: <http://tekhnosfera.com/view/338853/d/#?page=1>.
2. **Гусев Ю. П.** Аккумуляторные батареи для систем оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС // Энергоэксперт. 2009. № 4. С. 24–28. URL: [http://energyexpert.ru/component/option,com\\_jdownloads/Itemid,87/task,finish/cid,93/catid,18](http://energyexpert.ru/component/option,com_jdownloads/Itemid,87/task,finish/cid,93/catid,18).
3. Active Battery Balancing for Battery Packs / J. Gallardo-Lozano [et al.] // Electrical, Control and Communication Engineering. 2013. P. 1–6. doi: 10.2478/ecce-2013-0006
4. **Yongjun Y., Xuezhe W., Zechang S.** Assessment of Power Consumption Control Strategy for Battery Management System Using Hardware-In-the-Loop Simulation // IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference. Harbin, 2008. P. 1–6. doi: 10.1109/VPPC.2008.4677485
5. **Аносов В. Н.** Методы и средства повышения эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств : автореф. дис. ... канд. тех. наук. Новосибирск, 2008. URL: [https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/1236/a/file\\_get/117565?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/1236/a/file_get/117565?nomenu=1).
6. **Рыкованов А. С., Беляев С.** Активные и пассивные системы баланса Li-ion аккумуляторных батарей // Компоненты и технологии. 2014. № 3. С. 121–124. URL: <http://techjournals.ru/journ/elektronika/8167-komponenty-i-tehnologii-3-mart-2014.html>.
7. **Рыкованов А. С.** Системы баланса Li-ion аккумуляторных батарей // Силовая электроника. 2009. № 1. С. 52–55. URL: [http://www.power-e.ru/pdf/2009\\_1\\_52.pdf](http://www.power-e.ru/pdf/2009_1_52.pdf).
8. **Moore S., Schneider P.** A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems // Proceedings of the SAE World Congress. 2001. URL: <http://am.delphi.com/pdf/techpapers/2001-01-0959.pdf>.
9. Advanced lithium ion battery charger / M. J. Isaacson [et al.] // Battery Conference on Applications and Advances: The Fifteenth Annual. 2000. P. 193–198. doi: 10.1109/BCAA.2000.838403
10. **Десяев С. С.** Системы мониторинга стационарных аккумуляторных батарей // Новый университет (Сер. «Технические науки»). 2013. № 7. С. 33–36. URL: [http://www.universityjournal.ru/docs/TN\\_7\\_2013.pdf](http://www.universityjournal.ru/docs/TN_7_2013.pdf).



11. Passive and Active Battery Balancing comparison based on MATLAB Simulation / D. Mohamed [et al.] // Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC. 2011. P. 1–7. URL: [http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20140122\\_144859\\_35513\\_M\\_Daowd\\_N\\_Omar\\_P\\_Van\\_Den\\_Bossche\\_J\\_Van\\_Mierlo\\_Passive\\_and\\_Active\\_Battery\\_Balancing\\_comparison\\_based\\_on\\_MATLAB\\_Simulation.pdf](http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20140122_144859_35513_M_Daowd_N_Omar_P_Van_Den_Bossche_J_Van_Mierlo_Passive_and_Active_Battery_Balancing_comparison_based_on_MATLAB_Simulation.pdf).

12. **Lindemark B.** Individual Cell voltage Equalizers (ICE) For Reliable Battery Performance // 13th International Telecommunications Energy Conference. 1991. P. 196–201. doi: 10.1109/INTLEC.1991.172396

13. Comparison and Evaluation of Charge Equalization Technique for Series Connected Batteries / K. Zhi-Guo [et al.] // 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference. 2006. P. 1–6. doi: 10.1109/PESC.2006.1711751

Поступила 16.09.2015 г.

Об авторах:

**Иншаков Александр Павлович**, заведующий кафедрой мобильных энергетических средств Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор технических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3205-2396>, [kafedra\\_mes@mail.ru](mailto:kafedra_mes@mail.ru)

**Федотов Юрий Борисович**, заведующий кафедрой электроники и электротехники Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7978-6784>, [fedotovyb@mail.ru](mailto:fedotovyb@mail.ru)

**Десяев Сергей Сергеевич**, аспирант кафедры электроники и электротехники Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3402-9023>, [serga\\_des@mail.ru](mailto:serga_des@mail.ru)

**Байков Дмитрий Владимирович**, аспирант кафедры мобильных энергетических средств Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2203-5899>, [bdv2304@mail.ru](mailto:bdv2304@mail.ru)

## REFERENCES

1. Tyukhtin KI. Razrabotka elektrotekhnologii i preobrazovatelya elektroenergii dlya regenerativnogo zaryada akkumulyatorov mobilnoy selskokhozyaystvennoy tekhniki [Development of electric technology and regenerative electric power converter for charging batteries of mobile agricultural machinery]: Abstract of Ph.D. thesis (Engineering). Moscow; 2011. Available from: <http://tekhnosfera.com/view/338853/d?#?page=1>. (In Russ.)

2. Gusev YuP. Akkumulyatornyye batarei dlya sistem operativnogo postoyannogo toka podstantsiy YeNES [Batteries for systems operating DC voltage substations ENES]. *Energoekspert* = Energy expert. 2009; 4:24-28. Available from: [http://energyexpert.ru/component/option,com\\_jdownloads/Itemid,87/task,finish/cid,93/catid,18](http://energyexpert.ru/component/option,com_jdownloads/Itemid,87/task,finish/cid,93/catid,18). (In Russ.)

3. Gallardo-Lozano J, et al. Active Battery Balancing for Battery Packs. *Electrical, Control and Communication Engineering*. 2013; 1:1-6. doi: 10.2478/ece-2013-0006

4. Yongjun Y, Xueze W, Zechang S. Assessment of Power Consumption Control Strategy for Battery Management System Using Hardware-In-the-Loop Simulation. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. Harbin; 2008; 1-6. doi: 10.1109/VPPC.2008.4677485

5. Anosov VN. Metody i sredstva povysheniya effektivnosti sistem tyagovogo elektroprivoda avtonomnykh transportnykh sredstv [Methods and tools of improving the efficiency of traction electric drive autonomous vehicles]: Abstract of Ph.D. thesis (Engineering). Novosibirsk; 2008. Available from: [https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/1236/a/file\\_get/117565?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/1236/a/file_get/117565?nomenu=1). (In Russ.)





6. Rykovanov AS, Belyayev S. Aktivnyye i passivnyye sistemy balansa Li-ion akkumulyatornykh batarey [Active and passive balance of Li-ion batteries]. *Komponenty i tekhnologii* = Components and Technologies. 2014; 3:121-124. Available from: <http://techjournals.ru/journ/elektronika/8167-komponenty-i-tehnologii-3-mart-2014.html>. (In Russ.)
7. Rykovanov AS. Sistemy balansa Li-ion akkumulyatornykh batarey [The balance system of Li-ion batteries]. *Silovaya elektronika* = Power electronics. 2009; 1:52-55. Available from: [http://www.power-e.ru/pdf/2009\\_1\\_52.pdf](http://www.power-e.ru/pdf/2009_1_52.pdf). (In Russ.)
8. Moore S, Schneider P. A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems. Proceedings of the SAE World Congress. 2001. Available from: <http://am.delphi.com/techpapers/2001-01-0959.pdf>.
9. Isaacson MJ, et al. Advanced lithium ion battery charger. Battery Conference on Applications and Advances: The Fifteenth Annual. 2000; 193-198. doi: 10.1109/BCAA.2000.838403
10. Desyayev SS. Sistemy monitoringa stacionarnykh akkumulyatornykh batarey [Stationary battery monitoring systems]. *Novyy universitet (Ser. "Tekhnicheskiye nauki")* = New University (Engineering series). 2013; 7:33-36. Available from: [http://www.universityjournal.ru/docs/TN\\_7\\_2013.pdf](http://www.universityjournal.ru/docs/TN_7_2013.pdf). (In Russ.)
11. Mohamed D, et al. Passive and Active Battery Balancing comparison based on MATLAB Simulation. Vehicle Power and Propulsion Conference. 2011; 1-7. Available from: [http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20140122\\_144859\\_35513\\_M\\_Daowd\\_N\\_Omar\\_P\\_Van\\_Den\\_Bossche\\_J\\_Van\\_Mierlo\\_Passive\\_and\\_Active\\_Battery\\_Balancing\\_comparison\\_based\\_on\\_MATLAB\\_Simulation.pdf](http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20140122_144859_35513_M_Daowd_N_Omar_P_Van_Den_Bossche_J_Van_Mierlo_Passive_and_Active_Battery_Balancing_comparison_based_on_MATLAB_Simulation.pdf).
12. Lindemark B. Individual Cell voltage Equalizers (ICE) For Reliable Battery Performance. 13<sup>th</sup> International Telecommunications Energy Conference. 1991; 196-201. doi: 10.1109/INTLEC.1991.172396
13. Zhi-Guo K, et al. Comparison and Evaluation of Charge Equalization Technique for Series Connected Batteries. 37<sup>th</sup> IEEE Power Electronics Specialists Conference. 2006; 1-6. doi: 10.1109/PESC.2006.1711751

*Submitted 16.09.2015*

*About the authors:*

**Aleksandr Inshakov**, head of Mobile Energy Resources chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3205-2396>**, [kafedra\\_mes@mail.ru](mailto:kafedra_mes@mail.ru)

**Yuriy Fedotov**, head of Electronics and Electrical Engineering chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Engineering), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7978-678>**, [fedotovyb@mail.ru](mailto:fedotovyb@mail.ru)

**Sergey Desyayev**, postgraduate student of Electronics and Electrical Engineering chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), (Engineering), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3402-9023>**, [serga\\_des@mail.ru](mailto:serga_des@mail.ru)

**Dmitriy Baykov**, postgraduate student of Mobile Energy Resources chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2203-5899>**, [bdv2304@mail.ru](mailto:bdv2304@mail.ru)

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ /  
AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL  
PROCESSES AND PRODUCTION**

УДК 658.562.3:608.3

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201601.050-057

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПАТЕНТНОГО АНАЛИЗА  
С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА АНАЛОГОВ И ПРОТОТИПОВ  
ПОЛУЧЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

**И. Ю. Петрова<sup>1</sup>, А. А. Пучкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет» (г. Астрахань, Россия)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» (г. Астрахань, Россия)

Исследование посвящено проблеме эффективности патентного анализа, который является одним из необходимых этапов процесса поиска аналогов и прототипов полученных технических решений.

*Обзор литературы*

В статье приведены краткие результаты анализа существующих систем автоматизации поиска необходимой информации по базам данных патентов; выявлены достоинства и недостатки подобных сервисов; дано обоснование целесообразности разработки системы для автоматизации построения поискового запроса на основании данных о сгенерированной модели элемента информационно-измерительных и управляющих систем; приведено описание системы «Интеллект», являющейся примером программных комплексов для поддержки этапа концептуального проектирования.

*Материалы и методы*

В статье представлены некоторые из возможных способов организации процесса поиска патентов-аналогов и специфические особенности поиска аналогов и прототипов для сгенерированной параметрической структурной схемы технического решения, которая является результатом синтеза нового элемента информационно-измерительной и управляющей системы в программном комплексе «Интеллект». Приведено описание предлагаемой методики формирования поискового запроса; дана структура паспорта патента, которые необходимо хранить в базе данных для организации процесса поиска аналогов и прототипов; описаны алгоритмы автоматического добавления патента в базу данных, перерасчета весов при добавлении патента с участием эксперта, определения факта использования в патенте различных физико-технических эффектов; приведены соответствующие математические формулы и диаграммы активности.

*Результаты исследования*

В заключительной части статьи приведен пример результатов опытной эксплуатации разработанной подсистемы, в которой реализована предлагаемая методика, и сделан вывод об эффективности выбранных программных и алгоритмических решений.

**Ключевые слова:** патентный анализ, поиск аналогов, элемент информационно-измерительной системы, концептуальное проектирование, энерго-информационный метод, физико-технический эффект, база данных

**Для цитирования:** Петрова А. Ю., Пучкова А. А. Методика проведения патентного анализа с целью поиска аналогов и прототипов полученных технических решений // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 50–57. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.050-057

© Петрова И. Ю., Пучкова А. А., 2016



## THE USE OF THE PATENT ANALYSIS METHOD FOR FINDING ANALOGUES AND PROTOTYPES OF RECEIVED TECHNICAL SOLUTIONS

I. Yu. Petrova<sup>a</sup>, A. A. Puchkova<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Astrakhan State University of Civil Engineering (Astrakhan, Russia)*

<sup>b</sup>*Astrakhan State University (Astrakhan, Russia)*

The research deals with the issue of the patent analysis efficiency, which is a necessary stage of searching analogues and prototypes to obtain technical solutions. The article presents the results of analyzing the present automation systems for finding necessary information in the patent databases and identifies their advantages and disadvantages. It gives a description of the “Intellect” system, which is an example of software systems for the conceptual design stage support.

### *Materials and Methods*

The article presents some of the possible ways to organize the patents-analogues search process and specific features of searching analogues and prototypes for the generated parametric structure scheme of the technical solution, which is the result of the synthesis of a new information-measuring and control system element in the “Intellect” system. The description of the proposed search query forming method is given. The article gives the structure of the patent passport, which must be stored in a database to organize the process of searching analogues and prototypes. There given a description of algorithms for automatic adding a patent to the database, recalculating the weights while adding a patent by experts, identifying the fact of using different physical and technical effects in a patent.

### *Results*

The final part of the article contains an example of the results of testing the developed subsystem implementing the proposed method. According to the test results it is concluded that the selected software and algorithmic solutions are effective.

**Keywords:** patent analysis, analogue search, information-measuring system element, conceptual engineering, energy-informational method, physically-technical effect, database

**For citation:** Petrova IYu, Puchkova AA. The use of the patent analysis method for finding analogues and prototypes of received technical solutions. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):50-57. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.050-057

### **Введение**

Для создания новых научно-технических разработок необходимо проведение полного анализа уже существующих решений, часто представленных в виде патентов, а также эффективное использование систем автоматизации инновационных процессов (Computer-Aided Innovation – CAI) [1]. Кроме того, при получении патентоспособных решений крайне важным является своевременное оформление на них прав интеллектуальной собственности. Для решения этих задач необходимо использование средств автоматизированного поиска в базах данных (БД) патентной

информации и их интеграция с CAI-системой. Существующие программно-технические средства не реализуют необходимые функции в полном объеме. Следовательно, высокой актуальностью обладают разработки, обеспечивающие эффективность работы с БД патентов.

### **Обзор литературы**

По данным всемирной организации интеллектуальной собственности, с 2009 г. происходит неуклонный рост числа как ежегодно подаваемых патентных заявок, так и ежегодно регистрируемых патентов [2–4]. Например, в 2013 г. было подано 2 567 900 заявок (одобрено – 1 169 900).

Для автоматизации поиска необходимой информации среди настолько большого количества патентов существует ряд сервисов: сайт ФГУ «Федерального института промышленной собственности» [5], «ESPACENET» [6], «United States patent and trademark office» [7], «Google Patents» [8] и др. Их достоинствами являются большой объем обрабатываемых патентов и высокая скорость обработки запроса, но все они имеют один общий существенный недостаток: пользователь вынужден самостоятельно формулировать поисковый запрос. Выполнить эту операцию вручную обычно достаточно затруднительно, особенно на ранних стадиях концептуального проектирования при попытке более точно определить современный уровень техники в некоторой области.

**Целью данной статьи** является повышение эффективности анализа патентной информации при поиске аналогов технических решений.

#### **Материалы и методы**

В настоящее время известен целый ряд программных комплексов для поддержки этапа концептуального проектирования, позволяющих синтезировать физический принцип действия технического устройства. Примером подобного комплекса является система «Интеллект» [9–10]. Она использует энерго-информационную модель цепей (ЭИМЦ) различной физической природы [1; 11], отличительными признаками которой являются представление технического устройства в виде совокупности цепей различной физической природы, взаимодействующих посредством межцепных физико-технических эффектов (ФТЭ); описание физических процессов внутри каждой цепи однотипными уравнениями (критерии ЭИМЦ) с помощью величин-аналогов и параметров-аналогов. Результатом синтеза являются варианты параметрических структурных схем (ПСС), отражающие принцип действия эле-

мента информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС).

Для определения патентоспособности синтезированного решения целесообразным представляется разработка подсистемы, способной самостоятельно формулировать поисковый запрос к БД патентной информации, основываясь на составляющих полученной модели элемента ИИУС.

В общем случае процесс поиска патентов-аналогов по БД может быть организован различными способами. Например, можно указать метод, основанный на частотном анализе встречаемости слов в тексте и удалении общераспространенных слов. Другой метод – выявление осмысленных фраз при анализе текста патента [12]. Также возможны составление регулярных выражений и проверка текстов на соответствие им [13]. Однако для осуществления патентного поиска на основании синтезированной параметрической структурной схемы элемента ИИУС необходим анализ этой схемы с целью определения группы МПК и т. д. Другими словами, целесообразна разработка подсистемы, автоматизирующей не только процесс поиска, но и составление поискового запроса.

#### **Результаты исследования**

В случае использования «Интеллекта» автоматизировать процесс построения запроса предлагается таким образом: для данной системы была создана БД ФТЭ и параметров цепей [14]; синтезированное техническое решение в ней в виде ПСС представляет собой цепочку последовательных преобразований от входа к выходу.

Пополнение БД рассматриваемой подсистемы для патентного анализа и поиска аналогов может осуществляться двумя способами: с помощью эксперта или автоматически. На первом этапе необходима обработка экспертом данных о вводимых патентах с целью определения эталонной базы патентов. При этом заполняется элек-



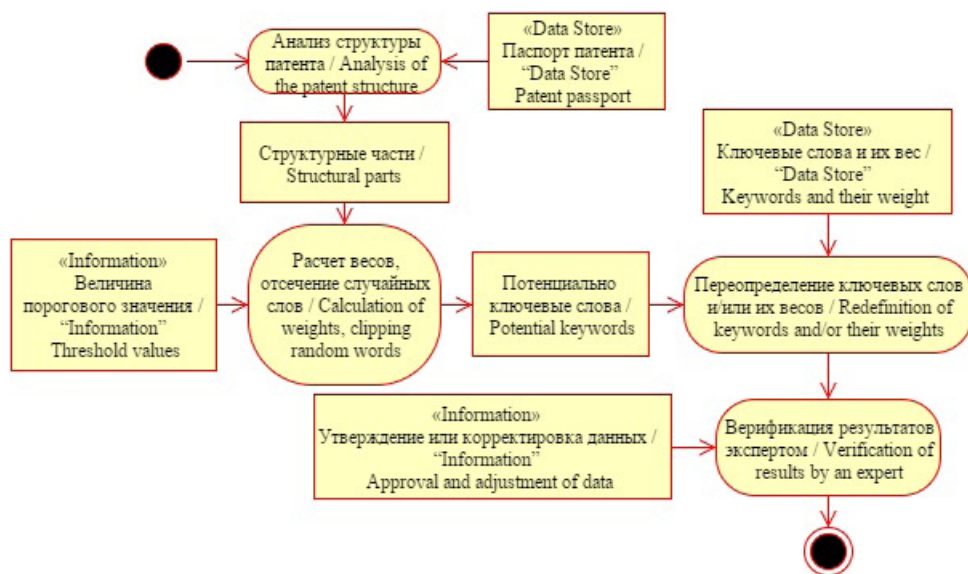
тронный паспорт патента; имеющий следующую структуру: перечень номеров, под которыми зарегистрирован патент; дата его регистрации; преследуемая цель; список авторов; страна-правообладатель; полный исходный текст патента; метод достижения цели; группа/подгруппа МПК; перечень используемых ФТЭ; иллюстрация, поясняющая принцип действия изобретения; ПСС (необязательное поле).

При заполнении экспертом паспорта система производит автоматическое заполнение большинства полей. Эксперт указывает цель и метод ее достижения, а также использованные в патенте ФТЭ. После каждого пополнения БД экспертом в подсистеме должна запускаться процедура обработки данных по множеству ключевых слов в тезаурусе и перерасчета весов каждого из них с учетом появления нового патента в базе. Под весом  $i$ -го ключевого слова в данном случае понимается отношение числа вхождений в текст патентов, относящихся к данному ФТЭ, к числу вхождений этого слова во все патенты, имеющиеся в БД:

$$W_i = \frac{E_i}{\Psi_i}, \quad (1)$$

где  $W_i$  – вес  $i$ -го ключевого слова;  $E_i$  – число вхождений  $i$ -го слова в текст патентов, относящихся к данному ФТЭ;  $\Psi_i$  – число вхождений  $i$ -го слова во все патенты, имеющиеся в БД.

Подобные перерасчеты необходимы для повышения точности и адекватности проведения поисковых запросов. Предлагаемый алгоритм данного процесса выглядит следующим образом: после семантического анализа исходного текста патента с целью выявления отдельных структурных частей (патентная формула, аннотация, цель и т. д.) проводится семантический анализ этих структурных частей и отсеивание слов, не несущих смысловую нагрузку (предлоги, союзы, прилагательные). После определения веса оставшихся слов выявляются ключевые слова, вес которых превышает пороговую величину статистической погрешности. На рис. 1 представлена диаграмма активности при обучении системы, т. е. при наполнении БД ключевых слов.



Р и с. 1. Диаграмма активности процесса обучения системы

F i g. 1. The diagram of the learning process activity

Релевантность определяется как произведение весов ключевых слов и числа их вхождений в текст патента (2). Результаты запросов для всех ФТЭ объединяются и сортируются по релевантности, после чего происходит отбраковка случайных результатов.

$$R_{PTE} = \sum_{i=1}^K E_i * W_i, \quad (2)$$

где  $R_{PTE}$  – релевантность патента отдельному ФТЭ;  $K$  – количество ключевых слов в наборе для этого ФТЭ;  $E_i$  – количество вхождений  $i$ -го слова в текст патента;  $W_i$  – вес  $i$ -го ключевого слова.

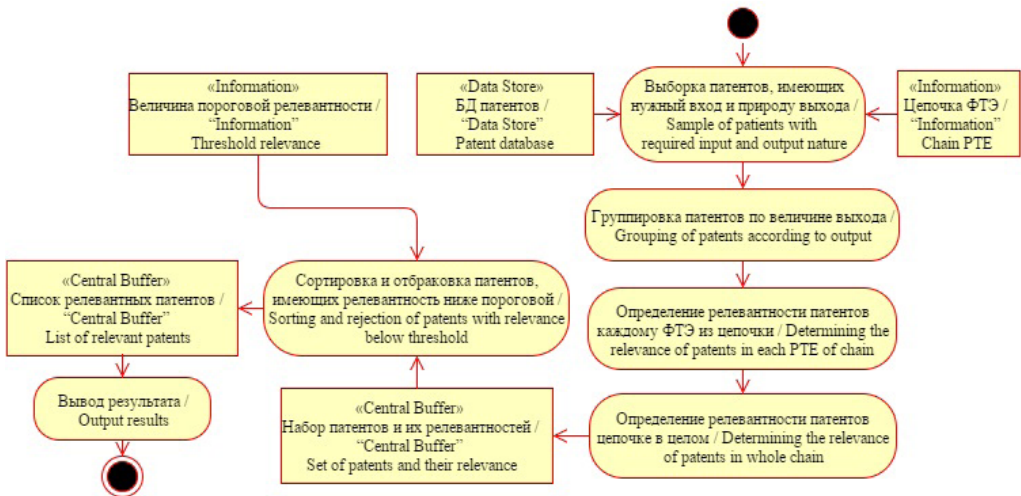
При допущении независимости событий принадлежности патента

к различным ФТЭ, общая релевантность может быть определена по теореме умножения вероятностей (3). В процессе отбраковки отсекаются патенты с общей релевантностью менее пороговой (указывается в настройках запроса).

$$R_{Total} = \prod_{i=1}^P R_i, \quad (3)$$

где  $R_{Total}$  – итоговая релевантность;  $P$  – количество использованных ФТЭ в модели;  $R_i$  – нормализованная релевантность патента  $i$ -му ФТЭ.

На рис. 2 показана диаграмма активности при определении факта использования в патенте некоторой цепочки ФТЭ.

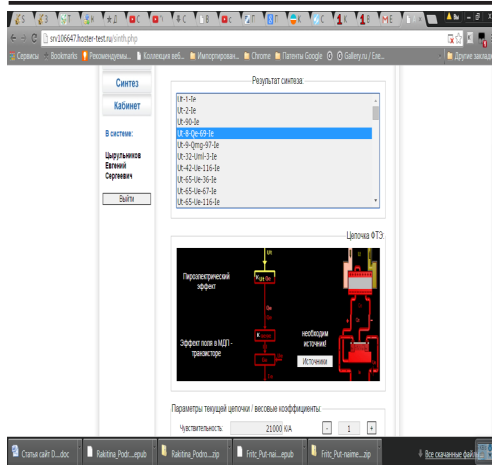


Р и с. 2. Диаграмма активности процесса поиска аналогов  
F i g. 2. The diagram for the activity of the process of searching analogues

Разработанная методика реализована в подсистеме «Patent Search» системы «Интеллект». На данный момент система находится в стадии заполне-

ния БД ключевых слов, и все патенты добавляются с привлечением эксперта.

На рис. 3 приведен пример поиска аналогов.



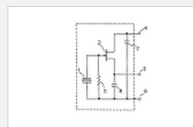
а)

### Результаты поиска аналогов:

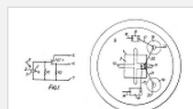
**Параметры цепочки:** Вход: Ut. Выход: Ie

**Использованные ФТЭ:**

- 1) Пьезоэлектрический эффект
- 2) Эффект поля в МДП - транзисторе



**US 5352895 A**  
Использовано ФТЭ: 2 из 2  
Pyroelectric device [Подробнее](#)



**US 4110616 A**  
Использовано ФТЭ: 2 из 2  
Pyroelectric detectors [Подробнее](#)

б)

Р и с. 3. Пример результата поиска аналогов  
F i g. 3. Example of a search result of analogues

В части «а» представлен фрагмент скриншота результатов синтеза датчика температуры в системе «Интеллект». Выбранная цепочка передается в подсистему патентного поиска «Patent Search», производящую поиск аналогов на основании полученной информации о модели. Фрагмент результатов представлен в части «б».

### Заключение

На основании проведенных исследований сделаем вывод о том, что созданная методика автоматизированного поиска аналогов и прототипов сгенерированного элемента ИИУС позволит в значительной степени ускорить

и упростить процесс синтеза новых технических решений за счет исключения необходимости ручного составления поисковых запросов и автоматизации поиска аналогов в патентных базах. Представляется целесообразным дальнейшее пополнение БД патентов и ключевых слов, а также развитие и расширение функциональных возможностей подсистемы «Patent Search», эффективно взаимодействующей с системой «Интеллект». Это позволит с высокой скоростью выделять только те элементы ИИУС, которые с наибольшей вероятностью могут послужить основой для нового изобретения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Zaripova V., Petrova I.** Ontological Knowledge Base of Physical and Technical Effects for Conceptual Design of Sensors // Journal of Physics: Conference Series. 2015. Vol. 588. doi:10.1088/1742-6596/588/1/012031
2. World Intellectual Property Indicators – 2012 Edition [Электронный ресурс]. URL: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo\\_pub\\_941\\_2012.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo_pub_941_2012.pdf) (дата обращения: 15.03.2015).
3. World Intellectual Property Indicators – 2013 Edition [Электронный ресурс]. URL: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo\\_pub\\_941\\_2013.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo_pub_941_2013.pdf) (дата обращения: 15.03.2015).
4. World Intellectual Property Indicators – 2014 Edition [Электронный ресурс]. URL: [http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/wipi/2014/pdf/wipi\\_2014\\_key\\_figures.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/wipi/2014/pdf/wipi_2014_key_figures.pdf) (дата обращения: 15.03.2015).



5. Открытые реестры [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fips.ru/wps/portal/Registers> (дата обращения: 18.03.2015).
6. Espacenet: free access to the database of over 80 million patents [Электронный ресурс]. URL: [http://worldwide.espacenet.com/?locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP) (дата обращения: 18.03.2015).
7. Search for Patents [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uspto.gov/patents/process/search/#heading-1> (дата обращения: 18.03.2015).
8. Google Patent Search [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.com/?tbn=pts> (дата обращения: 18.03.2015).
9. **Зарипова В. М.** Объектно-ориентированная модель базы знаний о физико-технических эффектах для системы концептуального проектирования новых элементов информационно-измерительных систем и систем управления // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 1. С. 162–171. URL: <http://www.hi-tech.aspu.ru/index.php?articleId=282>.
10. **Зарипова В. М., Цырульников Е. С., Подгоров А. А.** Свидетельство о государственной регистрации № 2013616482 от 09.07.2013. URL: <http://www1.fips.ru/Archive/EVM/2013/201303/DOC/RUNW/000/002/013/616/482/document.pdf>.
11. **Zaripova V., Petrova I.** Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits // Communications in Computer and Information Science. 2014. Vol. 466. P. 521–532. doi: 10.1007/978-3-319-11854-3\_45
12. Представление документа в виде вектора для решения задачи поиска по уровню техники в описаниях патентов / М. А. Дыков [и др.] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2014. № 1. С. 148–154. URL: <http://www.hi-tech.aspu.ru/index.php?articleId=787>.
13. **Лапшин В. А., Шехонская Е. А., Перов Д. В.** Пат. Российская Федерация, МПК 2 498 401 С2, опубли. 10.11.2013. URL: <http://allpatents.ru/patent/2498401.html>.
14. **Зарипова В. М., Цырульников Е. С., Киселев А. А.** «Интеллект» для развития навыков инженерного творчества // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2012. № 1. С. 58–61. URL: [http://www.almavest.ru/ru/archive/2012/vypusk1\(yanvar\)/532](http://www.almavest.ru/ru/archive/2012/vypusk1(yanvar)/532).

*Поступила 28.10.2015 г.*

*Об авторах:*

**Петрова Ирина Юрьевна**, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования геотехнического факультета ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет» (Россия, г. Астрахань, ул. Сеченова, д. 2), доктор технических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9717-6904>, [irapet1949@gmail.com](mailto:irapet1949@gmail.com)

**Пучкова Анна Александровна**, аспирант кафедры информационных технологий геотехнического факультета ГАОУ АО ВПО «Астраханский государственный университет» (Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3428-0413>, [aa.puchkova@gmail.com](mailto:aa.puchkova@gmail.com)

## REFERENCES

1. Zaripova V, Petrova I. Ontological Knowledge Base of Physical and Technical Effects for Conceptual Design of Sensors. Journal of Physics: Conference Series. 2015; 588. doi:10.1088/1742-6596/588/1/012031
2. World Intellectual Property Indicators – 2012 Edition [Electronic resource]. Available from: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo\\_pub\\_941\\_2012.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo_pub_941_2012.pdf) (accessed date: 15.03.2015).
3. World Intellectual Property Indicators – 2013 Edition [Electronic resource]. Available from: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo\\_pub\\_941\\_2013.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/941/wipo_pub_941_2013.pdf) (accessed date: 15.03.2015).
4. World Intellectual Property Indicators – 2014 Edition [Electronic resource]. Available from: [http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/wipi/2014/pdf/wipi\\_2014\\_key\\_figures.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/wipi/2014/pdf/wipi_2014_key_figures.pdf) (accessed date: 15.03.2015).





5. Otkrytye reyestry [Public register] [Electronic resource]. Available from: <http://www.fips.ru/wps/portal/Registers> (accessed date: 18.03.2015). (In Russ.)
6. Espacenet: free access to the database of over 80 million patents [Electronic resource]. Available from: [http://worldwide.espacenet.com/?locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP) (accessed date: 18.03.2015).
7. Search for Patents [Electronic resource]. Available from: <http://www.uspto.gov/patents/process/search/#heading-1> (accessed date: 18.03.2015).
8. Google Patent Search [Electronic resource]. Available from: <https://www.google.com/?tbm=pts> (accessed date: 18.03.2015).
9. Zaripova VM. Obyektno-oriyentirovannaya model bazy znaniy o fiziko-tekhnicheskikh effektakh dlya sistemy kontseptualnogo proyektirovaniya novykh elementov informatsionno-izmeritelnykh sistem i sistem upravleniya [Object-oriented model of the knowledge base on the effects of physical and technical systems for conceptual design of new items of information, measuring and control systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlyeniye i vysokiye tekhnologii* = Caspian Journal: Management and High Technology. 2013; 1:162-171. Available from: <http://www.hi-tech.aspu.ru/index.php?articleId=282>. (In Russ.)
10. Zaripova VM, Tsyurulnikov YeS, Podgorov AA. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii № 2013616482 ot 09.07.2013 [Certificate of state registration no. 2013616482 from 07.09.2013]. Available from: <http://www1.fips.ru/Archive/EVM/2013/201303/DOC/RUNW/000/002/013/616/482/document.pdf>. (In Russ.)
11. Zaripova V, Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits. *Communications in Computer and Information Science*. 2014; 466:521-532. doi: 10.1007/978-3-319-11854-3\_45
12. Dykov MA. Predstavleniye dokumenta v vide vektora dlya resheniya zadachi poiska po urovnyu tekhniki v opisaniyakh patentov [Presentation of a document as a vector for solution of prior art search in patent]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlyeniye i vysokiye tekhnologii* = Caspian Journal: Management and High Technology. 2014; 1:148-154. Available from: <http://www.hi-tech.aspu.ru/index.php?articleId=787>. (In Russ.)
13. Lapshin VA, Pshekhonskaya YeA, Perov DV. Patent Rossiyskaya Federatsiya, MPK 2 498 401 C2, opublikovan 10.11.2013 [Patent of the Russian Federation MPK 2 498 401 C2, date 10.11.2013]. Available from: <http://allpatents.ru/patent/2498401.html>. (In Russ.)
14. Zaripova VM, Tsyurulnikov YeS, Kiselev AA. "Intellekt" dlya razvitiya navykov inzhenernogo tvorchestva ["Intelligence" for development the skills of engineering creativity]. *Alma Mater (Vestnik vysshey shkoly)* = Alma Mater (Journal of Higher School). 2012; 1:58-61. Available from: [http://www.almavest.ru/ru/archive/2012/vypusk1\(yanvar\)/532](http://www.almavest.ru/ru/archive/2012/vypusk1(yanvar)/532). (In Russ.)

*Submitted 28.10.2015*

*About the authors:*

**Irina Petrova**, head of Computer Aided Design chair, Faculty of Agriculture, Astrakhan State University of Civil Engineering (2, Sechenova St., Astrakhan, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9717-6904>**, [irapet1949@gmail.com](mailto:irapet1949@gmail.com)

**Anna Puchkova**, postgraduate student of Computer Aided Design chair, Faculty of Agriculture, Astrakhan State University (18, Tatischeva St., Astrakhan, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3428-0413>**, [aa.puchkova@gmail.com](mailto:aa.puchkova@gmail.com)

## РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА

**А. Н. Скворцов, А. П. Савельев, С. В. Глотов**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Одной из актуальных проблем современной экологии является исследование воздействия неблагоприятных факторов среды жизни на физическое развитие и здоровье населения. В статье рассматриваются вопросы, затрагивающие одну из наиболее актуальных проблем современного мира, – загрязнение окружающей среды производственным шумом. Шум является одним из значительных факторов негативного воздействия на человека и окружающую среду, поскольку производственные объекты почти повсеместно оснащены шумящим оборудованием. При этом совместное воздействие шума и других физических факторов на человека может привести к усилению их негативного эффекта. Если уровень энергии шума превышает предельно допустимый уровень (ПДУ), то проводятся шумозащитные мероприятия. Наиболее распространенными проектными решениями в этой области в настоящее время являются звукопоглощающие конструкции, шумозащитные экраны и барьеры, звукоизолирующие кожухи, звукоизолирующие кабины. Одни из них пользуются спросом, другие менее известны. В данной статье рассматривается одно из наиболее распространенных средств защиты от шума – переносной акустический экран. Целью исследования является определение эффективности его звукозащитных свойств. Авторами предлагается вариант акустического экрана, отличающийся от уже используемых легкостью, мобильностью, минимальной ценой и хорошими звукозащитными свойствами. Расчетным путем была произведена оценка акустической эффективности, коэффициента звукопоглощения, коэффициента звукопроводности переносного акустического экрана. Описание алгоритма расчетов и сочетание технических решений обладают практической новизной. Статья имеет исследовательский характер. Итоги исследований указанные в графическом виде, наглядно демонстрируют преимущества предложенного решения снижения уровня шума на объектах агропромышленного комплекса.

**Ключевые слова:** шум, акустический экран, охрана труда, акустическое загрязнение, звукозащитный материал, оборудование, конструкция

**Для цитирования:** Скворцов А. Н., Савельев А. П., Глотов С. В. Расчет эффективности переносного акустического экрана // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 58–69. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.058-069

## CALCULATION OF ACOUSTIC EFFICIENCY OF PORTABLE ACOUSTIC SCREEN

**A. N. Skvortsov, A. P. Savelyev, S. V. Glotov**  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

The research of influence of life environment adverse factors on physical development and health of population is an actual problem of ecology. The aspects of the most actual problems of the modern world, namely environmental industrial noise pollution are considered in the article. Industrial facilities everywhere have noisy equipment. Noise is a significant factors of negative influence on people and environment. Combined effects of noise and of other physical pollutions on people may cause amplification of their negative impact. If the noise pollution level from the object in a residential area exceeds



the permissible levels (MPL), noise protection measures can be initiated. Today, the most common design decisions for noise protection are sound absorbing construction, noise screens and barriers, acousting housings, soundproof cabins. Many of them are popular, others are less known. The article deals with one of the most wide spread means of noise protection – a portable acoustic screen. The aim of the research is to determine the efficiency of portable acoustic screens. It is shown that the installation of such structures can reduce the average value of the sound level. The authors analyzed acoustic screens as device to reduce noise pollution. The authors offer a portable acoustic screen differing from the used easyness, mobility, minimum price and good sound protective properties. Effectiveness, a sound absorption coefficient and sound conductivity coefficient of a portable acoustic screen are evaluated. The descriptions of the algorithm calculations and the combination of technical solutions have practical originality. The results of the research demonstrate the advantages of the proposed solutions for reducing noise levels in the agro-industrial complex.

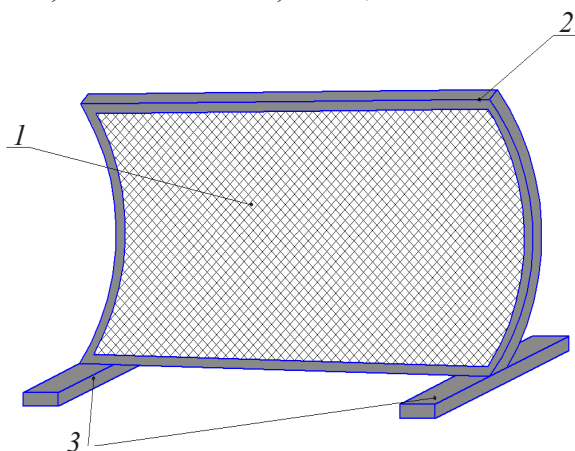
**Keywords:** noise, sound baffle, labor protection, noise pollution, equipment, design

**For citation:** Skvortsov AN, Savelyev AP, Glotov SV. Calculation of acoustic efficiency of portable acoustic screen. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):58-69. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.058-069

Известно, что в быту и промышленности существуют процессы, которые сопровождаются нежелательными шумами и звуками, что предполагает необходимость защиты от них. На ряде промышленных объектов (таких как объекты сельского хозяйства, нефтегазовой отрасли, транспорта и т. д.) проблема такой защиты стоит особенно остро. Вопросам, связанным с данным явлением, посвящены многие работы следующих отечественных и зарубежных ученых: В. И. Заборова, И. И. Ключкина, С. Д. Ковригина, А. Е. Колесникова, Г. Л. Осипова,

М. С. Седова, О. Е. Соломатина, Н. В. Тюриной, П. В. Мурзинова, Е. Е. Аденинской, Н. И. Иванова, В. Ф. Асминина, Л. А. Борисова, М. Azizi, Y. F. Chou, J. S. Lai, H. W. Kuo, M. Bogerl, A. Branco, A. Ottoni, Z. Torabi, Ed. Malcom, J. Crocker, C. Hopkins, B. Giinel, H. Nacihaboglu, A. Kondoz, T. J. Cox, P. D'Antonio и т. д. [1–2; 4–5; 7; 11; 13–25].

Данная статья посвящена расчету акустической эффективности сложной конструкции предлагаемого переносного акустического экрана (АЭ) (рис. 1), используемого в производственном помещении.

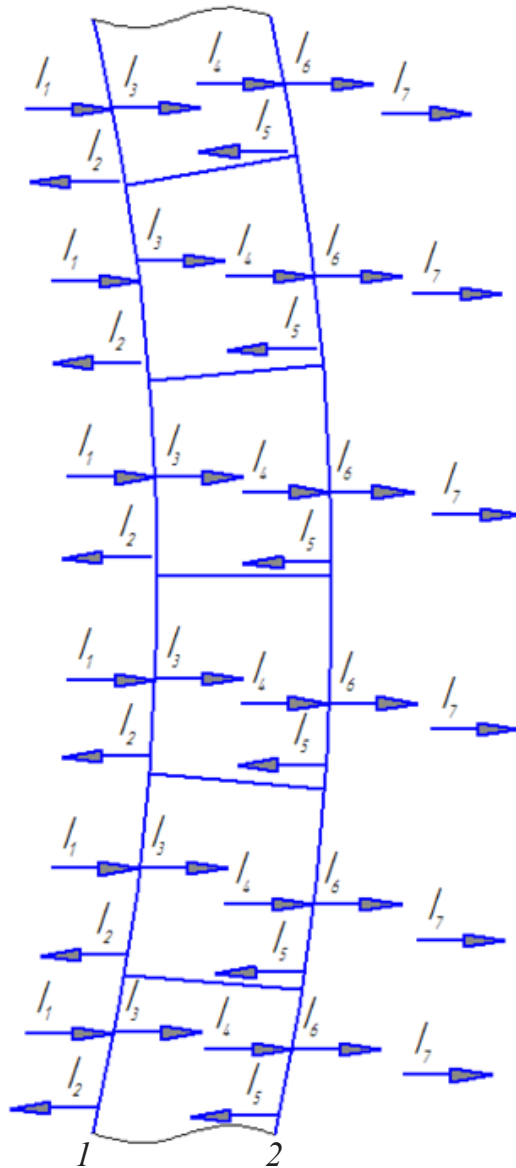


Р и с. 1. Переносной акустический экран (1 – акустический материал; 2 – каркас АЭ; 3 – стойки АЭ)

F i g. 1. Portable acoustic screen (1 – acoustic material; 2 – frame baffle; 3 – stands baffle)



Устройство представляет собой торый устанавливается акустический каркас, изготовленный из прямо- угольных алюминиевых труб, в ко- на рис. 2).



Р и с. 2. Акустический материал (обозначения потоков:  $I_1, I_4$  – поток падения звуковой энергии на листы 1, 2;  $I_2, I_5$  – отраженный от листов 1, 2 поток звуковой энергии;  $I_3, I_6$  – поток звуковой энергии, прошедший через листы 1, 2;  $I_7$  – поток звуковой энергии, ушедшей с листа 2)

F i g. 2. Acoustic material (designate flow:  $I_1, I_4$  – sound energy flux falling on the sheets 1, 2;  $I_2, I_5$  – reflected on sheets 1, 2 flow of sound energy;  $I_3, I_6$  – the flow of sound energy passing through the sheets 1, 2;  $I_7$  – the flow of sound energy from a bygone sheet 2)

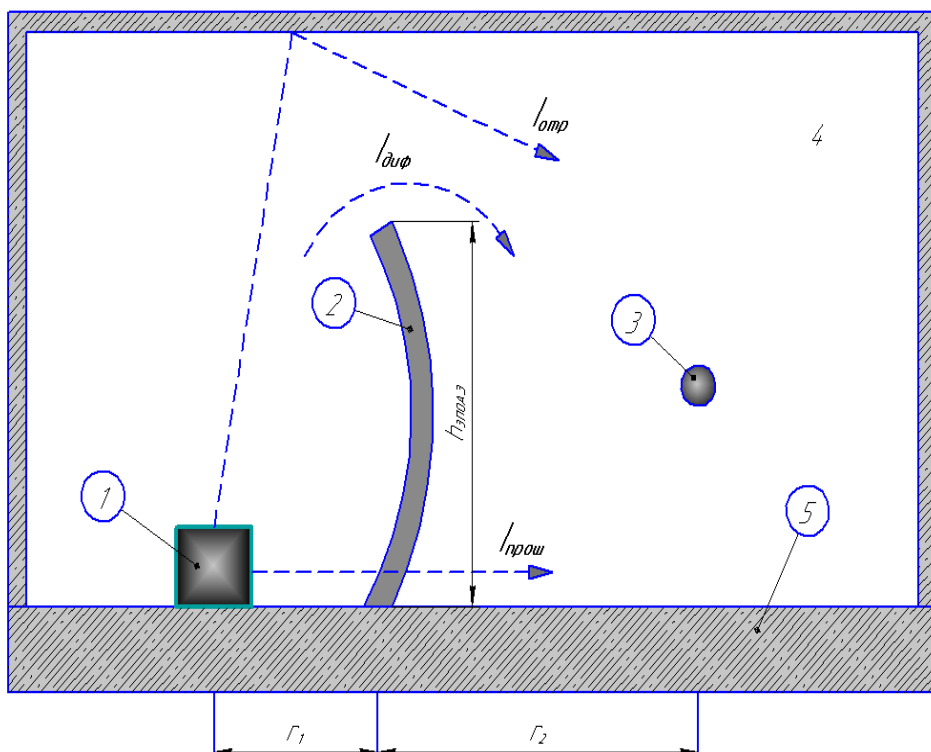


Как видно из рис. 2, на схеме акустического материала выделяется два листа – тонкие соединенные параллельно друг другу пластины.

Отличительной особенностью производственного АЭ является его расположение в замкнутом пространстве, где кроме прямого звука имеются множественные отраженные звуковые поля. Источники шума, находящиеся в помещении, как правило, характеризуются небольшими размерами, поэтому их можно аппроксимировать как точечные источники сферических звуковых волн. Как уже было отмечено, в производственных помещениях наблюдается множественные отражения, поэтому эффективность АЭ, применяемых в замкнутых пространствах, резко снижается: на рабочих местах,

защищаемых производственными АЭ, наблюдается не только дифрагированный звук, огибающий свободные ребра экрана, но и многократные отражения от стен и находящихся в помещении предметов. Таким образом, достигнуть наибольшего эффекта от АЭ возможно только при его максимально близкой установке к источнику шума. Однако при этом в случае недостаточной звукоизоляции АЭ звуковая энергия проходит через экран [14].

Расчетная схема производственного переносного АЭ, учитывающая его близкое расположение к источнику шума, представлена на рис. 3. В математической модели учтены также акустические свойства переносного АЭ, расположенного в производственном помещении [Там же].



Р и с. 3. Расчетная схема переносного АЭ в производственном помещении (1 – источник шума; 2 – переносной АЭ; 3 – рабочая точка; 4 – помещение; 5 – опорная поверхность)

F i g. 3. Analytical model of portable acoustic screen in the workplace (1 – noise source; 2 – portable baffle; 3 – operating point; 4 – room; 5 – bearing surface)

Расчитаем эффективность переносного АЭ по формуле, полученной Н. В. Тюриной [Там же].

$$\Delta L_{\text{ПАЭ}}^{\text{room}} = 10 \lg \left( \frac{E_{\text{1st}}}{2\pi(r_1+r_2)^2} + \frac{4}{B_{\text{room}} \cdot \psi_{\text{room}}} \right) - 10 \lg \left[ \begin{aligned} & \frac{4}{B_{\text{room}} \cdot \psi_{\text{room}}} + \frac{E_{\text{1st}}(1-\alpha_{\text{screen}}) \cdot \tau_{\text{screen}}}{2\pi^2 r_1^2} \cdot \\ & \cdot \operatorname{arctg} \cdot \frac{h_{\text{screen}} \cdot b_{\text{screen}}}{2\pi^2 r_2 \sqrt{4r_2^2 + h_{\text{screen}}^2 + b_{\text{screen}}^2}} + \\ & + \frac{E_{\text{1st}} \beta_{\text{diffraction}} (1-\alpha_{M@}) \lambda}{2\pi^3 r_1^2 h_{\text{screen}} r_2} \cdot \operatorname{arctg} \cdot \\ & \cdot \frac{b_{\text{screen}}}{2h_{\text{screen}}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{b_{\text{screen}}}{2r_2} \end{aligned} \right],$$

где  $E_{\text{1st}}$  – коэффициент, учитывающий размеры ИШ;  $\tau_{\text{screen}}$  – коэффициент звукопроводности АЭ;  $B_{\text{room}}$  – акустическая постоянная помещения,  $\text{m}^2$ ;  $\psi_{\text{room}}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность звукового поля в помещении;  $b_{\text{screen}}$  – ширина АЭ, м;  $\beta_{\text{diffraction}}$  – коэффициент дифракции АЭ, рассчитываемый по формуле [5]:

$$\beta_{\text{diffraction}} = \frac{I_{\text{diffraction}}}{I_{\text{drops}}}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{diffraction}}$  – интенсивность звука, дифрагирующего на свободном ребре;  $I_{\text{drops}}^{\text{screen}}$  – интенсивность звука, падающего на поверхность АЭ.

Для определения коэффициента поглощения переносного АЭ необходимо рассчитать отношение интенсивности поглощенного в конструкции звука к интенсивности падающего потока звуковой энергии. Для этого воспользуемся соотношением [Там же]:

$$\alpha = \frac{I_{\text{absorption}}}{I_{\text{drops}}}, \quad (3)$$

где  $I_{\text{drops}}$  – интенсивность падающего звука;  $I_{\text{absorbed}}$  – интенсивность поглощенного звука.

Принимая во внимание все звуковые потоки, изображенные на рис. 2, подставим необходимые значения в формулу (3):

$$\alpha = \frac{I_{n_1} + I_5 + I_{n_2}}{I_1}, \quad (4)$$

Плотность отраженной звуковой энергии определяется следующим образом [6]:

$$I_{\text{reflected}} = I_{\text{drops}} (1-\tau), \quad (5)$$

где  $I_{\text{drops}}$  – интенсивность падающего звука;  $\tau$  – коэффициент звукопроводности материала.

При диффузном падении звуковой волны применим преобразованную формулу Пэриса [7]:

$$\tau = \frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2}, \quad (6)$$

где  $Q = \frac{\rho \cdot \delta \cdot f}{\rho_0^c}$  – безразмерный комплекс;  $f = \frac{c}{\lambda}$  – частота, Гц;  $m_p$  – поверхностная плотность листового материала,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  – скорость звука в воздухе, м/с.



Отношение интенсивности прошедшего звука к интенсивности падающего звука называется коэффициентом звукопроводности, который вычисляется по формуле [9]:

$$\tau = I_{held} / I_{drops} \quad 8; 8 \quad I_{held} = I_{drops} \cdot \tau. \quad (7)$$

Отраженный поток  $I_2$  от листа 1 определяем по следующей формуле [10]:

$$I_2 = I_1 - I_3 = I_1 - I_1 \cdot \tau = I_1(1 - \tau), \quad (8)$$

где  $I_3 = I_1 \cdot \tau$  – звуковая энергия, прошедшая через лист 1 (5).

Потеря  $I_n$  на демпфирование окружающим воздухом рассчитывается по формуле (7) [5]:

$$I_n = I_3 \cdot \varepsilon, \text{ откуда } I_n = I_1 \cdot \tau \cdot \varepsilon \quad (9)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент звукопоглощения (10).

Поток звука, падающий на лист, заставляет его колебаться, что приводит к демпфированию окружающим воздухом и переходом части звуковой энергии в тепловую. Учитывая, что при этих условиях потеря звуковой энергии пропорциональна теоретическому количеству прошедшей энергии, используем коэффициент звукопоглощения [7]:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} = \frac{I_v}{I_{np}}$$

или

$$I_v = I_{np} \varepsilon, \quad (10)$$

где  $I_v$  – энергия диссипации;  $\alpha$  – коэффициент звукопоглощения материала; м/с;  $Q, f, m_p, \rho, c$  – то же, что в формуле (6).

Определим интенсивность звукового потока, падающего на лист 2, пользуясь формулами (8–9) [9]:

$$I_4 = I_3 - I_n = I_1 \cdot \tau - I_1 \cdot \tau \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau(1 - \varepsilon). \quad (11)$$

Определим интенсивность звукового потока, отраженного от листа 2, пользуясь формулами (11; 13) [Там же]:

$$I_5 = I_4 - I_6 = I_1 \cdot \tau(1 - \varepsilon) - I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon) = I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon). \quad (12)$$

Прошедший через лист 2 звуковой поток определяется в соответствии с выражением (5) [2]:

$$I_6 = I_4 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon). \quad (13)$$

Рассчитаем потерю на демпфирование окружающим воздухом по формуле (7) [10]:

$$I_{n_2} = I_6 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon. \quad (14)$$

Определим интенсивность звукового потока, падающего на лист 3, пользуясь выражениями (13–14) [Там же]:

$$I_7 = I_6 - I_{n_2} = I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon) - I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon)\varepsilon = I_1 \cdot \tau^2(1 - \varepsilon)^2. \quad (15)$$

Подстановка полученных значений в формулу (7) позволяет определить коэффициент звукопроницаемости звукозащитного материала:

$$\tau = \frac{I_7}{I_1} = \frac{I_1 \cdot \tau^2 \cdot (1 - \varepsilon)^2}{I_1} = \tau^2 \cdot (1 - \varepsilon)^2. \quad (16)$$

Подставив найденные значения в формулу (4), определим коэффициент звукопоглощения передвижного АЭ:



$$\alpha = \tau \cdot \varepsilon + \tau^2 \cdot (1 - \varepsilon) + \tau^2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon. \quad (17)$$

$$\alpha = \tau \cdot (\varepsilon^2 \cdot (-\tau) + \varepsilon + \tau). \quad (18)$$

Упростив выражение, получим:

Подставим необходимые значения в формулу (18):

$$\alpha = \frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} \cdot \left( -\frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2} \right) + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} + \frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2} \right).$$

Подставляя цифровые значения в полученные формулы, найдем  $\alpha_{ПАЭ}, \tau_{ПАЭ}, \Delta L_{ПАЭ}^{room}$ . Результаты вычислений представлены в таблице, а также на графиках (рис. 4–5).

Таблица 2

Table 2

**Коэффициент звукопоглощения, коэффициент звукопроводности, акустическая эффективность переносного АЭ**

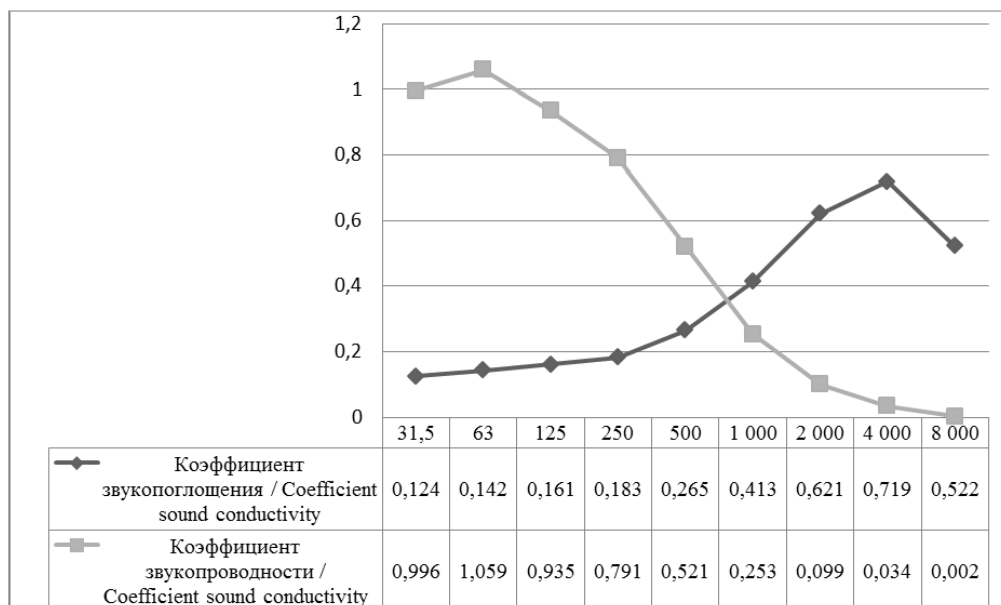
**Sound absorption coefficient of sound conductivity, acoustic efficiency of portable acoustic screen**

	Частота, Гц / Frequency, Hz								
	31,5	63,0	125,0	250,0	500,0	1 000,0	2 000,0	4 000,0	8 000,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент звукопоглощения / Sound absorption coefficient	$\alpha_{ПАЭ}$								
Материал – полистирол / Material – polystyrene	0,124	0,142	0,161	0,183	0,265	0,413	0,621	0,719	0,522
Коэффициент звукопроводности / Coefficient sound conductivity	$\tau_{ПАЭ}$								

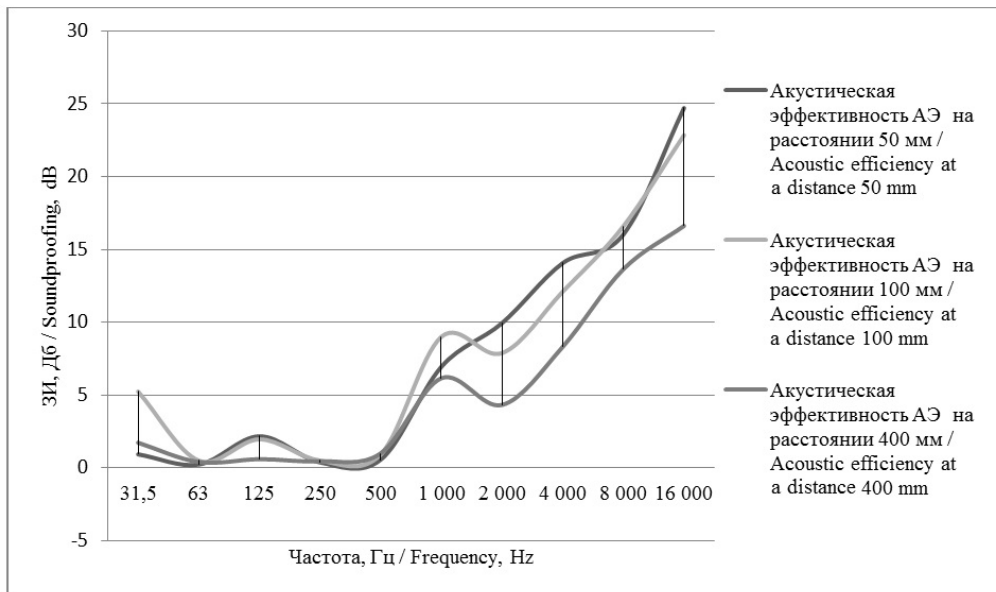




1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал – полистирол / Material – polystyrene	0,996	1,059	0,935	0,791	0,521	0,253	0,099	0,034	0,002
Акустическая эффективность АЭ / Acoustic efficiency NPP	$\Delta L_{ПАЭ}^{room}$								
Полистирол / Polystyrene (50 мм)	0,93	0,23	2,17	0,38	0,56	6,94	9,94	14,06	16,02
Полистирол / Polystyrene (100 мм)	5,24	0,5	1,96	0,5	0,92	9	7,88	12,1	16,59
Полистирол / Polystyrene (400 мм)	1,73	0,4	0,6	0,45	1	6,16	4,32	8,31	13,64



Р и с. 4. Коэффициент звукопроводности и коэффициент звукопоглощения переносного АЭ  
F i g. 4. The sound conductivity coefficient and sound absorption coefficient of a portable acoustic screen



Р и с. 5. Акустическая эффективность переносного АЭ

F i g. 5. Acoustic efficiency of portable acoustic screen

В спектре 2 000–16 000 Гц, наблюдается снижение уровня шума на расстоянии:

- 1) 50 мм (от 9,94–24,71 дБ);
- 2) 100 мм (от 7,88–22,85 дБ);
- 3) 400 мм (от 4,32–16,62 дБ).

Переносной АЭ предполагается изготавливать из полимерных упругих тонких листов, производство которых не представляет значительных трудностей. Обла-

дая сравнительно небольшой толщиной (порядка нескольких сантиметров) в сочетании с высокими звукоизолирующими свойствами, описанный экран может быть использован в условиях ограниченного пространства, где необходимо обеспечить достаточное снижение шума. Таким образом, переносной АЭ обогатит спектр решений по улучшению условий труда и жизни человека.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шубин И. Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2011. 47 с. URL: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>.
2. Афанасьева Р. Ф. Сочетанное действие факторов производственной и окружающей сред на организм человека (аналитический обзор) // Бюл. науч. совета «Медико-экологические проблемы работающих». 2005. № 2. С. 58–70. URL: <http://sci-pub.info/ref/5489378>.
3. Колосов Ю. В., Барановский В. В. Защита от вибраций и шума на производстве : учеб. пособие. СПб : СПбГУ ИТМО, 2011. 38 с. URL: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/826.pdf>.
4. Шишелова Т. И., Малыгина Ю. С., Нгуен С. Д. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. № 8. С. 14–15. URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>.
5. Иванов Н. И. Инженерная акустика: теория и практика борьбы с шумом. М. : Логос, 2008. 422 с. URL: [http://fictionbook.ru/pages/download\\_prew/?file=408272](http://fictionbook.ru/pages/download_prew/?file=408272).



6. **Мансурова А. Ф.** Последствия санкций США и ЕС для Российской экономики // Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE.RU». 2014. № 14. С. 228–230. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1414051758>.

7. **Мурзинов П. В.** Разработка звукоподавляющих облепченных структурированных панелей с заданными акустическими характеристиками : автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2011. 16 с. URL: <http://www.eltech.ru/assets/files/nauka/dissertacii/2011/MurzinovPV.pdf>.

8. Поведение интенсивных акустических шумов на больших расстояниях / С. Н. Гурбатов [и др.] // Акустический журнал. 2007. Т. 53, № 1. С. 55–72. URL: [http://www.akzh.ru/pdf/2007\\_1\\_55-72.pdf](http://www.akzh.ru/pdf/2007_1_55-72.pdf).

9. **Савельев А. П., Скворцов А. Н.** Звукоподавляющий облепченный акустический экран // Охрана и экономика труда. 2015. № 2 (19). С. 56–61. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/%E2%84%96\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/%E2%84%96(19)-2015.pdf).

10. **Савельев А. П., Скворцов А. Н.** Расчет коэффициента звукопоглощения сложной конструкции звукоподавляющего акустического экрана // Охрана и экономика труда. 2015. № 3 (20). С. 27–31. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3(20)-2015.pdf).

11. Анатомия, физиология и патология органов слуха : учебное пособие / Е. Д. Боярчук [и др.]. Луганск : Альма-матер, 2007. 89 с. URL: [http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr\\_studies/hearing.pdf](http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf).

12. **Скворцов А. Н.** Анализ исследования источников шума объектов животноводства // Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE.RU». 2014. № 5. С. 159–164. URL: [http://sci-article.ru/number/01\\_2014.pdf](http://sci-article.ru/number/01_2014.pdf).

13. **Тэйлор Р.** Шум / под ред. М. А. Исаковича. М. : Мир, 1978. 308 с. URL: [http://ikfia.ysn.ru/images/doc/elementarn\\_fizika/Tejlor1978ru.pdf](http://ikfia.ysn.ru/images/doc/elementarn_fizika/Tejlor1978ru.pdf).

14. **Тюрина Н. В.** Исследование акустических экранов // XXVII сессия Российского акустического общества, посвященная памяти ученых-акустиков ФГУП «Крыловский государственный научный центр» А. В. Смольякова и В. И. Попкова. СПб, 2014. URL: <http://rao.akin.ru/Rao/sess27/тюрина.pdf>.

15. **Девисиллов В. А.** Охрана труда. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Форум, 2009. 496 с. URL: <http://www.alleng.ru/d/saf/saf46.htm>.

16. **Azizi M. H.** Occupational Noise-induced Hearing Loss // International journal of Occupational and Environmental Medicine. 2010. № 3. P. 116–123. URL: <http://www.theijoem.com/ijoem/index.php/ijoem/article/download/36/98>.

17. **Boger M., Branco A., Ottoni A.** The noise spectrum influence on Noise-Induced Hearing Loss prevalencin workers // Brazilian Journal of Otorhinolaryngology. 2009. № 3. P. 328–362. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942009000300003>

18. **Chou Y. F., Lai J. S., Kuo H. W.** Effects of shift work on noise-induced hearing loss // Noise Health. 2009. № 11 (45). P. 185–188. doi: [10.4103/1463-1741.56210](https://doi.org/10.4103/1463-1741.56210)

19. **Cox T. J., Antonio P. D.** Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application. New York : Taylor and Francis, 2009. 477 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.

20. **Everest F. A.** The master handbook of acoustic. 4-th ed. New York : McGraw-Hill, 2007. 641 p. URL: [http://iribsupport.ir/Books/Acoustic/master\\_handbook\\_of\\_acoustics.pdf](http://iribsupport.ir/Books/Acoustic/master_handbook_of_acoustics.pdf).

21. **Gtinel B., Hacıhabiboglu H., Kondoz A. M.** Wavelet packet based analysis of sound fields in rooms using coincident microphone arrays // Applied Acoustics. 2007. Vol. 68, No. 7. P. 778–796. URL: <http://users.metu.edu.tr/hhuseyin/Journal/gunhhokon2006.pdf>.

22. Handbook of Noise and Vibration Control / ed. by M. J. Crocker. New York : John Wiley and Sons, 2007. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470209707.fmatter/pdf>.

23. **Hannink M.** Acoustic resonators for the reduction of sound radiation and transmission: PhD thesis. Enschede : University of Twente, 2007. 184 p. URL: [http://doc.utwente.nl/58025/1/thesis\\_Hannink.pdf](http://doc.utwente.nl/58025/1/thesis_Hannink.pdf).

24. **Hopkins C.** Sound insulation. Oxford : Elsevier Ltd, 2007. 648 p. URL: <http://197.14.51.10:81/pmb/ARCHITECTURE/Sound%20Insulation.pdf>.

25. **Torabi Z.** Report of audiogram // The International Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2010. № 1 (1). P. 45–48. URL: <http://www.theijoem.com/ijoem/index.php/ijoem/article/download/8/25>.

Поступила 17.09.2015 г.



Об авторах:

**Скворцов Александр Николаевич**, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

**Савельев Анатолий Петрович**, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [igaikinamgu@mail.ru](mailto:igaikinamgu@mail.ru)

**Глютов Сергей Викторович**, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), доктор технических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6965-3953>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

## REFERENCES

1. Shubin IL. Akusticheskiy raschet i proyektirovaniye konstruktivnykh shumozashchitnykh ekranov [Acoustic calculation and design of acoustic screens]: Abstract of Ph.D. thesis (Engineering). Moscow; 2011. Available from: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>. (In Russ.)
2. Afanasyeva RF. Sochetannoye deystviye faktorov proizvodstvennoy i okruzhayushchey sred na organizm cheloveka (analiticheskiy obzor) [Combined effect of the factors of production and environment on the human body (analytical review)]. *Byulleten nauchnogo soveta "Mediko-ekologicheskiye problemy rabotayushchikh"* = Bulletin of the Scientific Council of "Medical and ecological problems of working people". 2005; 2:58-70. Available from: <http://sci-pub.info/ref/5489378>. (In Russ.)
3. Kolosov YuV, Baranovskiy VV. Zashchita ot vibratsiy i shuma na proizvodstve: uchebnoye posobiye [Protection against noise and vibration at the place of production]. St. Petersburg: SPbGU ITMO; 2011. Available from: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/826.pdf>. (In Russ.)
4. Shishelova TI, Malygina YuS, Nguyen SD. Vliyaniye shuma na organizm cheloveka [Effects of noise on a human body]. *Uspekhi sovremennoy yestestvoznaniya* = Success of modern science. 2009; 8:14-15. Available from: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>. (In Russ.)
5. Ivanov NI. Inzhenernaya akustika: teoriya i praktika borby s shumom [Acoustics Engineering: Theory and Practice of noise control]. Moscow: Logos; 2008. Available from: [http://fictionbook.ru/pages/download\\_prev/?file=408272](http://fictionbook.ru/pages/download_prev/?file=408272). (In Russ.)
6. Mansurova AF. Posledstviya sanktsiy SSHA i YeS dlya Rossiyskoy ekonomiki. [Consequences of the US and EU sanctions for Russian economy]. *Elektronnyy periodicheskiy nauchnyy zhurnal "SCI-ARTICLE.RU"* = Electronic periodical scholarly journal "SCI-ARTICLE.RU". 2014; 14:228-230. Available from: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1414051758>. (In Russ.)
7. Murzinov PV. Razrabotka zvukopodavlyayushchikh oblegchennykh strukturirovannykh paneley s zadannymi akusticheskimi kharakteristikami [Development of lightweight sound-absorbing panels structured with desired acoustic characteristics]: Abstract of Ph.D. thesis (Engineering). St. Petersburg; 2011. Available from: <http://www.eltech.ru/assets/files/nauka/dissertacii/2011/MurzinovPV.pdf>. (In Russ.)
8. Gurbatov SN, et al. Povedeniye intensivnykh akusticheskikh shumov na bolshikh rasstoyaniyakh [Behavior intense acoustic noise over long distances]. *Akusticheskiy zhurnal* = Acoustic journal. 2007; 53:55-72. Available from: [http://www.akzh.ru/pdf/2007\\_1\\_55-72.pdf](http://www.akzh.ru/pdf/2007_1_55-72.pdf). (In Russ.)
9. Savelyev AP, Skvortsov AN. Zvukopodavlyayushchiy oblegchenny akusticheskiy ekran [Lightweight acoustic baffle]. *Okhrana i ekonomika truda* = Safety and Labour Economics. 2015; 2(19):56-61. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/%E2%84%962\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/%E2%84%962(19)-2015.pdf). (In Russ.)
10. Savelyev AP, Skvortsov AN. Raschet koeffitsiyenta zvukopogloshcheniya slozhnoy konstruktivnyy zvukopodavlyayushchego akusticheskogo ekrana [Calculation of a sound absorption coefficient for a complex acoustic screen design]. *Okhrana i ekonomika truda* = Safety and Labour Economics. 2015; 3(20):27-31. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlya%20myeropriyatiy/%3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlya%20myeropriyatiy/%3(20)-2015.pdf). (In Russ.)



11. Boyarchuk YeD. Anatomiya, fiziologiya i patologiya organov slukha: uchyebnoye posobiye [Anatomy, physiology and pathology of hearing]. Lugansk: Alma-mater; 2007. Available from: [http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr\\_studies/hearing.pdf](http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf). (In Russ.)

12. Skvortsov AN. Analiz isslyedovaniya istochnikov shuma obektov zhivotnovodstva [Analysis study of noise sources of livestock facilities]. *Elektronnyy periodicheskiy nauchnyy zhurnal "SCI-ARTICLE.RU"* = Electronic periodical scholarly journal "SCI-ARTICLE.RU". 2014; 5:159-164. Available from: [http://sci-article.ru/number/01\\_2014.pdf](http://sci-article.ru/number/01_2014.pdf). (In Russ.)

13. Teylor R. Shum [Noise]. Moscow: Mir; 1978. Available from: [http://ikfia.ysn.ru/images/doc/elementarn\\_fizika/Tejlor1978ru.pdf](http://ikfia.ysn.ru/images/doc/elementarn_fizika/Tejlor1978ru.pdf). (In Russ.)

14. Tyurina NV. Issledovaniye akusticheskikh ekranov [Investigation of acoustic screens]. 27<sup>th</sup> session of Russian Acoustical Society dedicated to memory of A. Smolyanov and V. Popkov from Krylov State Research Center. St. Petersburg, 2014. Available from: <http://rao.akin.ru/Rao/sess27/tyurina.pdf>. (In Russ.)

15. Devisilov VA. Okhrana truda [Occupational Safety and Health]. 4<sup>th</sup> ed. Moscow: Forum, 2009. Available from: <http://www.alleng.ru/d/saf/saf46.htm>. (In Russ.)

16. Azizi MH. Occupational Noise-induced Hearing Loss. *International journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2010; 3:116-123. Available from: <http://www.theijoem.com/ijoem/index.php/ijoem/article/download/36/98>.

17. Boger M, Branco A, Ottoni A. The noise spectrum influence on Noise-Induced Hearing Loss prevalence workers. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2009; 3:328-362. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942009000300003>

18. Chou YF, Lai JS, Kuo HW. Effects of shift work on noise-induced hearing loss. *Noise Health*. 2009; 11(45):185-188. doi: 10.4103/1463-1741.56210

19. Cox TJ, Antonio PD. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application. New York: Taylor and Francis; 2009. Available from: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.

20. Everest FA. The master handbook of acoustic. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill; 2007. Available from: [http://iribsupport.ir/Books/Acoustic/master\\_handbook\\_of\\_acoustics.pdf](http://iribsupport.ir/Books/Acoustic/master_handbook_of_acoustics.pdf).

21. Gtinel B, Hacıhabiboglu H, Kondo AM. Wavelet packet based analysis of sound fields in rooms using coincident microphone arrays. *Applied Acoustics*. 2007; 7(68):778-796. Available from: <http://users.metu.edu.tr/hhuseyin/Journal/gunhhokon2006.pdf>.

22. Crocker MJ, editor. Handbook of Noise and Vibration Control. New York: John Wiley and Sons; 2007. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470209707.fmatter/pdf>.

23. Hannink M. Acoustic resonators for the reduction of sound radiation and transmission: Ph.D. thesis. Enschede: University of Twente; 2007. Available from: [http://doc.utwente.nl/58025/1/thesis\\_Hannink.pdf](http://doc.utwente.nl/58025/1/thesis_Hannink.pdf).

24. Hopkins C. Sound insulation. Oxford: Elsevier Ltd; 2007. Available from: <http://197.14.51.10:81/pmb/ARCHITECTURE/Sound%20Insulation.pdf>.

25. Torabi Z. Report of audiogram. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2010; 1(1):45-48. Available from: <http://www.theijoem.com/ijoem/index.php/ijoem/article/download/8/25>.

*Submitted 17.09.2015*

*About the authors:*

**Aleksandr Skvortsov**, postgraduate student of Life Safety chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

**Anatoliy Savelyev**, head of Life Safety chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [igaikinamgu@mail.ru](mailto:igaikinamgu@mail.ru)

**Sergey Glotov**, professor of Life Safety chair, Institute of Mechanics and Energy, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6965-3953>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

## **ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ КЛИНИКИ ПОДАГРЫ (по материалам ревматологических отделений клиник г. Саранска)**

**В. Н. Антипова, Н. П. Сергутова, М. Н. Легавина**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева» (г. Саранск, Россия)*

В последние десятилетия в мире отмечается быстрый рост заболеваемости подагрой. Несмотря на хорошо изученные механизмы развития и особенности клинической картины заболевания, подагра диагностируется поздно. Традиционно считается, что подагра встречается у 1–3 % населения развитых стран, преимущественно у мужчин старше 45 лет. Однако в современной литературе имеются сведения о снижении возраста дебюта подагры и учащении случаев ее развития у женщин. Постоянно увеличивающаяся заболеваемость, ранняя инвалидизация, ухудшение качества жизни и высокий риск смерти обосновывают актуальность проблемы подагры и требуют совершенствования методов выявления, ранней диагностики и оптимизации тактики ведения больных. Цель данного исследования – выявление полового диморфизма клиники подагры (по материалам ревматологических отделений клиник г. Саранска).

### *Материалы и методы*

В исследование было включено 195 больных подагрой (169 мужчин и 26 женщин), обследованных за 2011–2015 гг. в ревматологических отделениях ГБУЗ «МРКБ» и ГБУЗ «РКБ № 5» г. Саранска. Средний возраст женщин –  $52,3 \pm 12,3$  года, мужчин –  $54,3 \pm 13,2$  года, медиана длительности заболевания – 5,2 (2,6–7,8) года у женщин и 9 (3,5–14,5) лет у мужчин.

### *Результаты исследования*

Хронический артрит был выявлен у 58,8 % женщин и 67,5 % мужчин. В группе женщин продолжительность первого приступа артрита в среднем составила 13 суток, в группе мужчин – 10 суток. Формирование тофусов у женщин наблюдалось раньше и в большем количестве, чем у мужчин. Среди коморбидных состояний у женщин чаще, чем у мужчин, выявлялись компоненты метаболического синдрома (МС): артериальная гипертензия (АГ), сахарный диабет (СД) 2 типа, дислипидемия.

### *Обсуждение и заключения*

Клиническое течение подагры у женщин имеет свои особенности, поскольку данное заболевание протекает тяжелее: раньше, чем у мужчин, формируется хроническая тофусная подагра; чаще выявляются АГ, СД 2 типа, дислипидемия.

**Ключевые слова:** подагра, подагрический артрит, тофусы, коморбидные состояния, мочевая кислота

**Для цитирования:** Антипова В. Н., Сергутова Н. П., Легавина М. Н. Половой диморфизм клиники подагры (по материалам ревматологических отделений клиник г. Саранска) // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 70–81. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.070-081



## SEXUAL DIMORPHISM OF GOUT CLINIC (adapted from the materials of the rheumatology departments of Saransk hospitals)

V. N. Antipova, N. P. Sergutova, M. N. Legavina  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

Over the past decades the incidence of gout has increased in the world. Despite the well studied mechanisms of development and characteristics of the clinical picture of the disease, gout is diagnosed late. Gout is believed to occur in 1 - 3% of the population of the developed countries, predominantly in men over 45, but in modern literature there is information about the age reduction for the gout onset and the incidence of gout in women. An ever-increasing incidence, an early disability, impaired quality of life, and a high risk of death make the gout problem highly relevant one and require the improvement of the detection methods, early gout detection and optimization of tactics for managing patients with gout. The object of the present research is the identification of sexual dimorphism of gout clinic (adapted from the materials of rheumatology departments of Saransk hospitals).

### *Materials and Methods*

The study included 195 patients with gout (169 men and 26 women) surveyed in 2011–2015 in rheumatology clinics GBUZ “MRCB” and GBUZ “RCH № 5” of Saransk. The average age of women was  $52,3 \pm 12,3$ , of men – to  $54,3 \pm 13,2$ , median disease duration was 5,2 (2,6–7,8) years for women and 9 (3,5–14,5) years for men.

### *Results*

Chronic arthritis was detected in 58,8 % of women and 67,5 % of men. The formation of tophi in women was observed earlier and in greater numbers than in men: the average duration of the disease before the formation of tophi in women was 3,1 years, and for men 5,7 years. In the group of women the average duration of the first artrit bout was 13 days, in the group of men – 10 days. The metabolic syndrome components such as arterial hypertension, diabetes mellitus of the 2nd type, dyslipidemia were observed more often in women than in men

### *Discussion and Conclusions*

Clinical course of women's gout has its features. Since gout in women is more severe, the chronic tophy gout develops earlier than in men. Women have identified hypertension, type 2 diabetes, and dyslipidemia more often.

**Keywords:** gout, gouty arthritis, tophi, comorbidities, uric acid

**For citation:** Antipova VN, Sergutova NP, Legavina MN. Sexual dimorphism of gout clinic (adapted from the materials of the rheumatology departments of Saransk hospitals). *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):70-81. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.070-081

## Введение

Трудно найти заболевание, имеющее столько художественных описаний, как подагра: «болезнь королей», «пиратская болезнь», «капля яда», отражающих невыносимые страдания больных. Подагра – системное тофусное заболевание, характеризующееся отложением кристаллов моноурата натрия в различных тканях и развивающимся в связи с этим воспалением у лиц с гиперурикемией, обусловленной внешнесредовыми и/или генетическими факторами [1–2]. В последние де-

сятилетия в мире отмечается быстрый рост заболеваемости подагрой. Вероятно, это связано с повышением уровня жизни, изменением характера питания, алкоголизацией населения, применением диуретиков, низких доз аспирина, а также широким распространением в популяции метаболических заболеваний, которые часто сопутствуют подагре, – ожирения, АГ, нарушений углеводного обмена. Традиционно считается, что подагра встречается у 1–3 % населения развитых стран, преимущественно у мужчин старше 45 лет, одна-

ко в современной литературе имеются сведения о снижении возраста дебюта подагры и учащении случаев ее развития у женщин [3–5].

Истинная частота развития подагры четко не определена в связи с эпизодическим характером приступов артрита, «доброкачественного» на начальном этапе, легко купирующегося в течение нескольких дней противовоспалительными и обезболивающими препаратами [6]. Заболеваемость подагрическим артритом в различных популяциях колеблется от 5 до 50 случаев на 1 000 мужчин и 1–9 на аналогичное количество женщин, а число новых случаев в год – 1–3 и 0,2 на 1 000 мужчин и женщин соответственно (таким образом, мужчины болеют чаще в 7 раз). Пик заболеваемости наблюдается в возрасте 40–50 лет у мужчин, 60 лет и старше – у женщин. Считается, что 1–2 % взрослых мужчин страдают подагрой [1–5]. Дебют подагры характеризуется яркой клинической картиной, в 70–90 % случаев поражается I ПлФС (плюснефаланговый сустав). В начале болезни наблюдаются межприступные промежутки. У 60–80 % больных повторный приступ происходит уже в течение первого года. В дальнейшем заболевание неуклонно прогрессирует, причем преобладает полиартикулярный характер поражения, развивается хроническая тофусная подагра [7].

Несмотря на хорошо изученные механизмы развития и особенности клинической картины заболевания, подагра диагностируется поздно. Большинство отечественных и зарубежных исследователей указывают, что сроки установления правильного диагноза после начала заболевания составляют 6–8 лет [8]. Еще Ph. Hench отмечал, что только в 2 из 4–5 случаях подагру правильно диагностируют на ранних стадиях. К сожалению, в настоящее время ситуация изменилась мало. Считается, что при первом приступе ар-

трита диагноз устанавливают только у 10–15 % больных, а через 5–7 лет – у 30–40 %, но уже с хронической формой заболевания. По данным исследования, проведенного специалистами НИИР РАМН, в течение первого года болезни подагру диагностировали у 25 % больных, у остальных 75 % диагноз был поставлен в среднем на 7-й год болезни.

В настоящее время большинство исследователей рассматривают подагру как полиорганное заболевание [9–13]. Кроме поражения почек возможно вовлечение в процесс сердца, нервной системы, а также сопутствующие АГ ожирение, дерматозы, мигрени. Подход к подагре как к многосистемной болезни был известен и раньше, поскольку отложение уратов всегда признавалось условием развития висцеральных изменений.

Известно, что подагра считается преимущественно «мужской» болезнью, а значительная часть посвященных ей крупных исследований проводится исключительно на мужчинах. Предполагается, что важнейшим фактором, обуславливающим меньшую частоту подагры у женщин, является больший, по сравнению с мужчинами, уровень эстрогенов. Действительно, доказано, что эстрогены оказывают выраженное урикозурическое действие, а после развития менопаузы этот эффект теряется [14; 16–18]. Между тем в последнее время ревматологи отмечают учащение случаев развития подагры у женщин. V. Whole и соавт. [19] изучали заболеваемость у 2 476 женщин и 1 951 мужчины. За анализируемый период риск развития подагры у мужчин был выше всего в 3,7 раза. Известно, что сывороточный уровень мочевой кислоты (МК), необходимый для возникновения подагры, у женщин ниже, чем у мужчин, но и степень повышения риска развития подагры по мере нарастания гиперурикемии у них ниже [17–20]. Есть дан-





ные, что у женщин развитию подагры чаще предшествует прием диуретиков; они реже и в меньшем количестве принимают алкоголь [21; 24]. По данным L. Haggold и соавт., у них достоверно чаще встречались АГ, дислипидемия, ишемическая болезнь сердца (ИБС), болезни периферических сосудов, СД 2 типа, почечная патология [21–25].

**Целью данного исследования** является анализ полового диморфизма клиники подагры (по материалам ревматологических отделений ГБУЗ «МРКБ» и ГБУЗ «РКБ № 5» г. Саранска).

#### **Материалы и методы**

В исследование было включено 195 пациентов с первичной хронической подагрой (диагностированной на основании классификационных критериев S. Wallase и соавт.) [26]. Обследование больных было проведено на базе ревматологических отделений ГБУЗ «МРКБ» и ГБУЗ «РКБ №5» г. Саранска за 2011–2015 гг.

Клиническая оценка включала характеристику артрита, а также учитывала частоту подагрических атак за предшествующий исследованию календарный год. Подсчитывалось число пораженных за время болезни суставов, число припухших суставов на момент исследования, время появления и количество подкожных тофусов. Хроническим считался артрит при непрерывном течении болезни > 3 мес. Кроме этого, у всех пациентов определяли уровень мочевой кислоты, С-реактивного белка, гликемии натощак, показатели липидного спектра: общего холестерина (ОХ), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП). Метаболический синдром (МС) диагностировали на основании критериев Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК) 2009 г. Абдоминальное ожирение (объем талии > 94 см для мужчин и > 80 см для женщин) рассматривали как глав-

ный компонент МС. К остальным признакам МС относились гипергликемия (> 5,6 ммоль/л), гипертриглицеридемия (> 1,7 ммоль/л), низкий уровень ХС ЛПВП (< 1 ммоль/л для мужчин и < 1,3 ммоль/л для женщин), АГ (АД > 130/85 мм рт. ст.). МС диагностировали при сочетании основного критерия и любых двух дополнительных. Диагноз АГ и ИБС устанавливался в соответствии с критериями (ВНОК) от 2009 г.; СД 2 типа – с критериями ВОЗ. Хроническая болезнь почек определялась при снижении скорости клубочковой фильтрации (СКФ) < 90 мл/мин.

Среди больных подагрой преобладали пациенты мужского пола – 169 чел. (86,7 %), средний возраст которых составил  $54,3 \pm 13,2$  года; женщин было 26 (13,3 %), средний возраст –  $52,3 \pm 12,3$  года (рис. 1). Все пациенты были осмотрены в межприступный период. У 90 (46,15 %) из них была диагностирована тофусная подагра. В среднем за время болезни отмечалось поражение 6,0 (1,0–23,0) суставов. Гипоурикемическую терапию аллопуринолом в дозе 50–300 мг/сут получали 124 больных (63,58 %), гиполипидемическую терапию – 40 (20,51 %). Аспирин в дозе от 75 до 125 мг/сут принимали 27 (13,85 %) пациентов, страдающих ИБС.

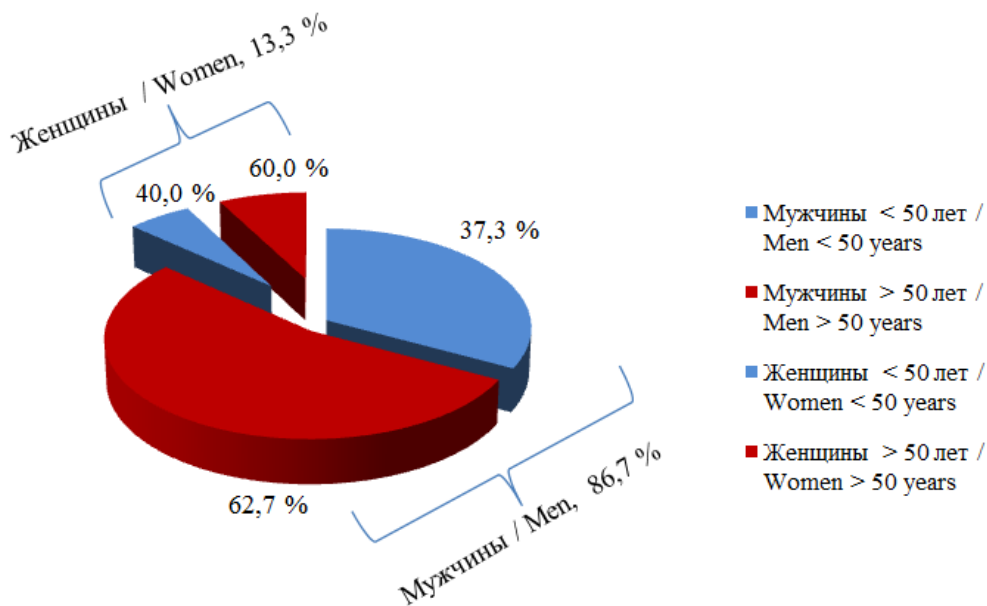
В ходе исследования определяли средние величины и стандартное отклонение ( $M \pm s$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $s$  – стандартное отклонение), а также анализ корреляции с помощью  $t$ -критерия Стьюдента для двух независимых групп. Различия считались достоверными при  $p < 0,05$ .

#### **Результаты и обсуждение**

Медиана длительности заболевания составила 5,2 (2,6–7,8) года у женщин и 9 (3,5–13,5) лет у мужчин. Возраст дебюта заболевания варьировался от 20 до 69 лет (в среднем  $46,3 \pm 11,1$  года) у мужчин и от 31 до 66 лет (в среднем  $51,4 \pm 10,1$  года) у жен-

щин. У подавляющего большинства пациентов (135, или 69,23 %) подагрический артрит манифестировал в возрасте до 50 лет. Частота рецидивов артрита за год болезни составила 3,0 (2,0–5,0) – от 1 до 10 обострений, при этом у 87 (44,61 %) пациентов констатировано > 3 обострений в год. У 20 (77 %) женщин на момент исследования уже наступила менопауза. По многочисленным литературным данным, заболеваемость подагрой в различных популяциях колеблется от 5 до 50 случаев на 1 000 мужчин и 0,2 – на 1 000 женщин. Соотношение мужчин и женщин фертильного возраста составляет 19:1. Пик заболеваемости наблюдается в возрасте 40–50 лет у мужчин, 60 лет и старше у женщин. Считается, что 1–2 % взрослых муж-

чин страдают подагрой. Это объясняется влиянием эстрогенов на канальцевую экскрецию уратов, что ведет к низкому уровню урикемии у женщин репродуктивного возраста. Только с началом менопаузы уровень мочевой кислоты в сыворотке крови у женщин приближается к аналогичному показателю у мужчин соответствующего возраста. Концентрация факторов риска заболевания подагрой среди лиц мужского пола наиболее высока, чему способствуют следующие факторы: физические перегрузки, травмы, алкоголь, курение, пищевые пристрастия (мясные продукты, острая, соленая, копченая, перченая пища), стрессы, а также эпизоды резкой потери жидкости (воздействие жаркого климата, сауны), переохлаждения (охота, рыбалка и т. д.) [16].



Р и с. 1. Половой и возрастной состав больных подагрой  
 F i g. 1. Sex and age composition of gout patients

В возрасте старше 50 лет подагра дебютировала у 49 % женщин и 32 % мужчин. Значительно чаще первый приступ артрита характеризовался поражением I ПлФС как у мужчин, так

и у женщин. Однако если у женщин подобный дебют подагрического артрита с I ПлФС отмечался в 49,5 % случаев, то у мужчин – в 70,8 %. Начало болезни у женщин чаще прояв-

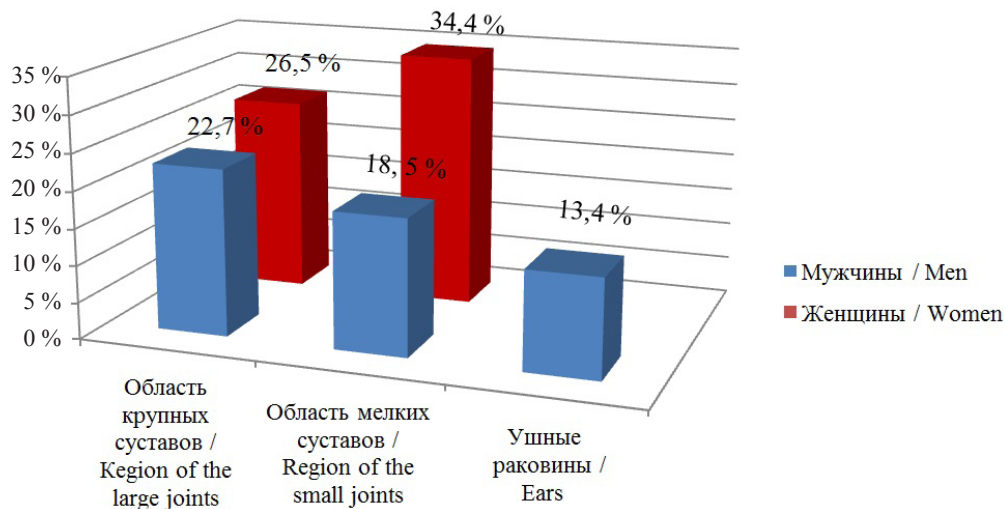


лялось артритом коленного сустава; во время первого-второго приступов артрита чаще вовлекались мелкие суставы кистей, голеностопные суставы. Подобные результаты, свидетельствующие, что для подагры у женщин в дебюте заболевания совсем не обязательно поражение I ПлФС, а часто выявляется полиартикулярный вариант артрита, были получены ранее O. L. Meyers и F. S. Monteagudo [14]. Они отметили также, что тофусы у женщин формируются гораздо быстрее, чем у мужчин. У мужчин начало заболевания с поражения суставов верхних конечностей встречалось реже, чем у женщин (1,6 % и 5,7 % случаев соответственно). Частота развития артрита другой локализации при первом приступе не имела полового диморфизма. У женщин изначально чаще, чем у мужчин, формировалось хроническое течение артрита.

У женщин продолжительность первого приступа артрита в среднем была больше, чем у мужчин (13,7 и 10 дней соответственно). Второй приступ характеризовался вовлечением новых

суставов у 53,4 % женщин и 24 % мужчин. У женщин наиболее часто это были голеностопные (27,3 %), у мужчин – I ПлФС (10,4 %). После второго приступа артрита I ПлФС были вовлечены уже у 81,1 % мужчин и только 59,7 % женщин. Наблюдалась тенденция к быстрому вовлечению суставов верхних конечностей у женщин: после второго приступа артрита они были поражены у 12,2 % женщин и 3,7 % мужчин; межфаланговые суставы кистей – у 8,3 % женщин и 1,3 % мужчин. В среднем число пораженных за время болезни суставов у женщин равнялась 12 [8; 15], у мужчин – 7 [5; 10].

У женщин достоверно чаще поражались межфаланговые суставы стоп, голеностопные суставы, плечевые, лучезапястные, пястнофаланговые, проксимальные и межфаланговые суставы кистей. У мужчин чаще, чем у женщин, вовлекались I ПлФС (89,3 и 80,1 % соответственно). У женщин тофусы наиболее часто выявлялись в области мелких суставов кистей и стоп, у мужчин – в области крупных суставов: коленных, локтевых, голеностопных, плечевых (рис. 2).



Р и с. 2. Локализация тофусов у больных подагрой  
F i g. 2. Localization of tophi in gout patients

У больных подагрой женщин течение артрита было одинаково часто хроническим и рецидивирующим. У мужчин хронический артрит встречался в 30,9 %, рецидивирующий – в 69,1 %

случаев ( $p < 0,0001$ ). У женщин хронический артрит формировался в течение первых 5–6 лет от дебюта подагры в 78,2 % случаев, тогда как у мужчин – менее чем в половине (43,2 %).

Таблица

Table

**Характеристика клинических параметров у больных подагрой**  
**Characteristics of clinical parameters in gout's patients**

Сравниваемый параметр / Compared parameter	Женщины / Women (n = 26)	Мужчины / Men (n = 169)
Лабораторные показатели / Laboratory indices		
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, mkmole/l	437,24 (357,0–489,0)	507,34 (453,0–591,0)
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmole/l	6,9 ± 0,68	6,1 ± 0,67
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmole/l	6,7 ± 0,65	6,1 ± 0,57
Холестерин липопротеидов высокой плотности, ммоль/л / Cholesterol of the lipoproteins of high density, mmole/l	1,32 (1,12–1,44)	1,21 (1,04–1,98)
Холестерин липопротеидов низкой плотности, ммоль/л / Cholesterol of the lipoproteins of low density, mmole/l	4,61 (4,22–4,68)	4,89 (4,53–5,90)
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmole/l	2,31 (1,87–2,89)	2,2 (1,62–2,89)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	29,87 (28,67–32,67)	30,8 (27,47–35,50)
Коморбидные заболевания, n (%) / Comorbid diseases, n (%)		
АГ / Arterial hypertension	22 (85)	126 (74,5)
ИБС, инсульт / Cardiac ischemia, the stroke	3 (11,5)	21 (11,4)
СД 2-го типа / 2nd type of diabetes	8 (30,8)	30 (17,7)
Хроническая болезнь почек (СКФ <60 мл/мин) / Chronic kidney disease (SKF < 60 ml/min)	14 (53,8)	28 (16,5)



Таким образом, в результате исследований был выявлен половой диморфизм клинической картины подагры. У женщин подагра чаще возникала после 55 лет, у мужчин – в возрасте 45–55 лет. Наряду с тем, что в дебюте заболевания I ПлФС одинаково часто поражался как у мужчин, так и у женщин, у женщин поражались суставы верхних конечностей, коленные и голеностопные суставы. У женщин дебют заболевания чаще характеризовался хроническим артритом, более ранним формированием тофусов и большей, чем у мужчин, продолжительностью первого приступа артрита. Наиболее часто за годы болезни у женщин вовлекались голеностопные суставы и I ПлФС, а у мужчин – I ПлФС.

У больных подагрой женщин значительно чаще, чем у мужчин, выявлялись СД 2 типа, хроническая болезнь почек, АГ, более высокий сывороточный уровень холестерина и триглицеридов, но частота выявления дислипидемии не имела полового диморфизма (таблица).

Данные большинства работ также показали, что АГ при подагре чаще выявляется у женщин, чем у мужчин [26; 29–33]. Известно, что она способствует раннему развитию атеросклероза сосудов жизненно важных органов [29–31]. При сочетании АГ с подагрой выраженность структурно-функциональных нарушений артериальных и венозных сосудов больше, чем при каждом заболевании в отдельности. Ремоделирование артерий проявляется в увеличении толщины сосудистой

стенки, снижении эластичности, повышении жесткости и упругости; вен – снижением тонуса, увеличением емкостных и кинетических качеств [30]. Предположим, что более тяжелое течение подагры у женщин способствует увеличению риска кардиоваскулярных заболеваний [22; 30]. СД 2 типа встречался у женщин чаще, чем у мужчин, что отмечается также в исследованиях других авторов [33]. Кроме того, как и в других работах [23; 27; 29; 31], по нашим данным, у женщин чаще развивалась хроническая болезнь почек. Метаболический синдром и у мужчин, и у женщин с подагрой регистрировался с высокой частотой, что согласуется с данными других исследований [26].

Женщины чаще, чем мужчины, принимали аллопуринол, но среднесуточные дозы существенно не различались, составив  $141 \pm 29$  и  $136 \pm 28$  мг/сут. соответственно. Нестероидные противовоспалительные препараты принимали 61 % женщин и 21 % мужчин.

Таким образом, подагра у женщин отличается полиартритическим типом поражения суставов, быстрой хронизацией артрита и формированием подкожных тофусов с отличной от мужчин их локализацией; «женская» подагра характеризуется большей продолжительностью приступов артрита, частым вовлечением мелких суставов верхних конечностей. У больных подагрой женщин чаще выявляются СД 2 типа, хроническая болезнь почек, АГ, более высокий уровень холестерина и триглицеридов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мухин Н. А. Подагра: лики болезни // Современная ревматология. 2007. № 1. С. 5–9. URL: <http://mrj.ima-press.net/mrj/article/view/116/112>.
2. Подагра: современный взгляд на этиопатогенез и новые перспективы в лечении / Н. А. Дидковский [и др.] // Клиническая геронтология. 2005. № 4. С. 26–29. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=127564>.
3. Epidemiology of Gout: Is the Incidence Rising? / E. Arromdee [et al.] // The Journal of Rheumatology. 2002. Vol. 29. P. 2403–2406. URL: <http://www.jrheum.org/content/29/11/2403.full.pdf>.

4. Подагра: от этиологии и патогенеза к диагностике и современной фармакотерапии / Л. Э. Атаханова [и др.]. Современная ревматология. 2007. № 1. С. 13–18. URL: <http://medi.ru/doc/g421519.htm>.
5. Елисеев М. С., Чикаленкова Н. А., Барскова В. Г. Клинические особенности подагры у женщин: результаты сравнительного исследования // Науч.-практ. ревматология. 2014. № 2 (52). С. 178–182. doi: <http://dx.doi.org/10.14412/1995-4484-2014-178-182>
6. Clinical manifestations of Korean female gouty patients / Y. B. Park [et al.] // *Clinical Rheumatology*. 2000. Vol. 19 (2). P. 142–146. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10791627>.
7. Барскова В. Г. Диагностика подагрического артрита // ПМЖ. 2011. № 10. С. 614–617. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-podagrisheskogo-artrita.pdf>.
8. Choi H. K., Lee J. Diagnostic dilemmas in unusual presentations of gout. *Australian Family Physician*. 2007. Vol. 36 (11). P. 931–934. URL: <http://www.racgp.org.au/afpbackissues/2007/200711/200711HoeKongChui.pdf>.
9. Насонова В. А., Барскова В. Г. Подагра // Рациональная фармакотерапия ревматических заболеваний: рук-во для врачей. М. : Литтерра, 2007. С. 188–200. URL: <http://luga-books.ru/hudojestvennaya/3a4ffe3d3ce0af0fe69ca9b209a6d825>.
10. Roddy E., Zhang W., Doherty M. Is gout associated with reduced quality of life? A case-control study // *Oxford Journals*. 2007. Vol. 46. P. 1441–1444. doi: 10.1093/rheumatology/kem150
11. Ревматология: Клинические рекомендации / под ред. Е. Л. Насонова. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. С. 373–379. URL: <http://www.booksmed.com/revmatologiya/182-revmatologiya-klinicheskie-rekomendacii.html>.
12. Roddy E., Zhang W., Doherty M. The changing epidemiology of gout // *Nature Clinical Practice Rheumatology*. 2007. Vol. 3. P. 443–449. doi:10.1038/ncprheum0556
13. Сидорова А. С. Клиническая характеристика, факторы риска подагры у мужчин г. Иркутска : дисс. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2009. URL: <http://www.dissercat.com/content/klinicheskaya-kharakteristika-factory-riska-podagry-u-muzhchin-g-irkutsk>.
14. Meyers O. L., Monteagudo F. S. A comparison of gout in men and women. A 10-year experience // *South African Medical Journal*. 1986. Vol. 70 (12). P. 721–723. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3787395>.
15. Female gout: age and duration of the disease determine clinical presentation / S. Garcia-Mendez [et al.] // *Journal of Clinical Rheumatology*. 2012. Vol. 18 (5). P. 242–245. doi: 10.1097/RHU.0b013e3182611827
16. Deesomchok U., Tumrasvin T. A clinical comparison of females and males with gouty arthritis // *Journal of the Medical Association of Thailand*. 1989. Vol. 72 (9). P. 510–515. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2809456>.
17. Факторы риска подагры: половые различия / М. С. Елисеев [и др.] // Науч.-практ. ревматология. 2011. № 49 (6). С. 28–31. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/factory-riska-podagry-polovye-razlichiya.pdf>.
18. Sex differences in gout epidemiology: evaluation and treatment / L. R. Harrold [et al.] // *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2006. Vol. 65 (10). P. 1368–1372. doi:10.1136/ard.2006.051649
19. Epidemiology of gout in women: Fifty-two-year followup of a prospective cohort / V. Bhole [et al.] // *Arthritis & Rheumatology*. 2010. Vol. 62 (10). doi: 10.1002/art.30166
20. Lally E. V., Ho G., Kaplan S. R. The clinical spectrum of gouty arthritis in women. *Archives of internal medicine*. 1986. Vol. 146 (11). P. 2221–2225. doi:10.1001/archinte.1986.00360230161022
21. Clinical features of women with gout arthritis: A systematic review / K. J. Dirken-Heukensfeldt [et al.] // *Clinical Rheumatology*. 2010. Vol. 29 (6). P. 575–582. doi: 10.1007/s10067-009-1362-1
22. Independent impact of gout on the risk of acute myocardial infarction among elderly women: a population-based study / M. A. de Vera [et al.] // *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2010. Vol. 69 (6). P. 1162–1164. doi: 10.1136/ard.2009.122770
23. Edwards N. L. The role of hyperuricemia and gout in kidney and cardiovascular disease // *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2008. Vol. 75 (S5). P. S13–S16. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18822470>.



24. Елисеев М. С., Барскова В. Г. Нарушения углеводного обмена при подагре: частота выявления и клинические особенности // Терапевтический архив. 2010. № 82 (5). С. 50–54. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=222849>.
25. Preliminary criteria for the classification of the acute arthritis of gout / S. L. Wallace [et al.] // *Arthritis & Rheumatism*. 1977. Vol. 20 (3). P. 895–900. doi: 10.1002/art.1780200320
26. Елисеев М. С., Барскова В. Г. Метаболический синдром при подагре // Вестник РАМН. 2008. № 6. С. 29–32. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=185580>.
27. Барскова В. Г. Метаболический синдром и кардиоваскулярные нарушения при подагре : дис. ... д-ра мед. наук. М., 2006. 291 с. URL: <http://medical-diss.com/medicina/metabolicheskij-sindrom-i-kardiovaskulyarnye-narusheniya-pri-podagre>.
28. The Prevalence of Metabolic Syndrome in Patients with Gout / Y. H. Rho [et al.] // *Journal of Korean Medical Science*. 2005. Vol. 20. P. 1029–1033. doi: 10.3346/jkms.2005.20.6.1029
29. Prevalence of the metabolic syndrome in patients with gout: the Third National Health and Nutrition Examination Survey / H. K. Choi [et al.] // *Arthritis & Rheumatism*. 2007. Vol. 57. P. 109. doi: 10.1002/art.22466
30. Антипова В. Н., Казеева М. В. Кардиоваскулярный риск и метаболический синдром у больных подагрой // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион (Сер. «Медицинские науки»). 2015. № 1 (33). С. 112–122. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kardiovaskulyarnyy-risk-i-metabolicheskij-sindrom-u-bolnyh-podagroy.pdf>.
31. Sidiropoulos P. I., Karvounaris S. A., Boumpas D. T. Metabolic syndrome in rheumatic diseases: epidemiology, pathophysiology, and clinical implications // *Arthritis Research & Therapy*. 2008. Vol. 10. P. 207–216. doi:10.1186/ar2397
32. Синдром инсулинорезистентности у больных подагрой и его влияние на формирование клинических особенностей болезни / В. Г. Барскова [и др.] // Терапевтический архив. 2004. № 5. С. 51–56. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=116067>.
33. Uric Acid and the development of Metabolic syndrome in women and men / X. Sui [et al.] // *Metabolism*. 2008. Vol. 57 (6). P. 845–852.

Поступила 22.12.2015 г.

Об авторах:

**Антипова Валентина Николаевна**, профессор кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: [orcid.org/0000-0003-1559-4721](https://orcid.org/0000-0003-1559-4721)**, [valentina.antipova@gmail.com](mailto:valentina.antipova@gmail.com)

**Сергутова Наталья Петровна**, ассистент кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: [orcid.org/0000-0001-8274-7906](https://orcid.org/0000-0001-8274-7906)**, [sergutovanp@mail.ru](mailto:sergutovanp@mail.ru)

**Легавина Марина Николаевна**, клинический ординатор кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: [orcid.org/0000-0002-4245-7485](https://orcid.org/0000-0002-4245-7485)**, [jamyaly1991@mail.ru](mailto:jamyaly1991@mail.ru)

## REFERENCES

1. Mukhin NA. Podagra: liki bolyezni [Gout: images of disease]. *Sovremennaya revmatologiya = Modern rheumatology*. 2007; 1:5-9. Available from: <http://mrj.ima-press.net/mrj/article/view/116/112>. (In Russ.)
2. Didkovskiy NA, et al. Podagra: sovremennyy vzglyad na etiopatogenez i novyye perspektivy v lechenii [Gout: a modern view on pathogenesis and new perspectives in treatment]. *Klinicheskaya gerontologiya = Clinical gerontology*. 2005; 4:26-29. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=127564>. (In Russ.)



3. Arromdee E, et al. Epidemiology of Gout: Is the Incidence Rising? *The Journal of Rheumatology*. 2002; 29:2403-2406. Available from: <http://www.jrheum.org/content/29/11/2403.full.pdf>.
4. Atakhanova LE, et al. Podagra: ot etiologii i patogenezha k diagnostike i sovremennoy farmakoterapii [Gout: from etiology and pathogenesis to diagnosis and modern pharmacotherapy]. *Sovremennaya revmatologiya = Modern rheumatology*. 2007; 1:13-18. Available from: URL: <http://medi.ru/doc/g421519.htm>. (In Russ.)
5. Yeliseyev MS, Chikalenkova NA, Barskova VG. Klinicheskiye osobennosti podagry u zhenshchin: rezultaty sravnitel'nogo issledovaniya [Clinical features of gout in women: a comparative study]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya = Scientific-practical rheumatology*. 2014; 2(52):178-182. doi: <http://dx.doi.org/10.14412/1995-4484-2014-178-182>. (In Russ.)
6. Park YB, et al. Clinical manifestations of Korean female gouty patients. *Clinical Rheumatology*. 2000; 19(2):142-146. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10791627>.
7. Barskova VG. Diagnostika podagricheskogo artrita [Diagnosis of gouty arthritis]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal = Russian Medical Journal*. 2011; 10:614-617. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-podagricheskogo-artrita.pdf>. (In Russ.)
8. Choi HK, Lee J. Diagnostic dilemmas in unusual presentations of gout. *Australian Family Physician*. 2007; 36(11):931-934. Available from: <http://www.racgp.org.au/afpbackissues/2007/200711/200711HoeKongChui.pdf>.
9. Nasonova VA, Barskova VG. Podagra [Gout]. *Ratsionalnaya farmakoterapiya revmaticheskikh zabolovaniy: rukovodstvo dlya vrachey = Rational pharmacotherapy of rheumatic diseases: a manual for physicians*. Moscow: Litterra; 2007:188-200. Available from: <http://luga-books.ru/hudojstvennaya/3a4ff9e3d3ce0af0fe69ca9b209a6d825>. (In Russ.)
10. Roddy E, Zhang W, Doherty M. Is gout associated with reduced quality of life? A case-control study. *Rheumatology*. 2007; 46:1441-1444. doi: 10.1093/rheumatology/kem150.
11. Nasonova YeL, editor. *Revmatologiya: Klinicheskiye rekomendatsii [Rheumatology: Clinical Guidelines]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2008:373-379. Available from: <http://www.booksmed.com/revmatologiya/182-revmatologiya-klinicheskie-rekomendacii.html>. (In Russ.)
12. Roddy E, Zhang W, Doherty M. The changing epidemiology of gout. *Nature Clinical Practice Rheumatology*. 2007; 3:443-449. doi:10.1038/ncprheum0556
13. Sidorova AS. Klinicheskaya kharakteristika, faktory riska podagry u muzhchin g. Irkutsk [Clinical characteristics, risk factors for gout in men of Irkutsk]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Irkutsk; 2009. Available from: <http://www.dissercat.com/content/klinicheskaya-kharakteristika-factory-riska-podagry-u-muzhchin-g-irkutsk>. (In Russ.)
14. Meyers OL, Monteagudo FS. A comparison of gout in men and women. A 10-year experience. *South African Medical Journal*. 1986; 70(12):721-723. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3787395>.
15. Garcia-Mendez S, et al. Female gout: age and duration of the disease determine clinical presentation. *Journal of Clinical Rheumatology*. 2012; 18(5):242-245. doi: 10.1097/RHU.0b013e3182611827
16. Deesomchok U, Tumrasvin T. A clinical comparison of females and males with gouty arthritis. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 1989; 72(9):510-515. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2809456>.
17. Yeliseyev MS, et al. Faktory riska podagry: polovyie razlichiya [Risk factors for gout: sex differences]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya = Scientific-practical rheumatology*. 2011; 49(6):28-31. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/factory-riska-podagry-polovyie-razlichiya.pdf>. (In Russ.)
18. Harrold LR, et al. Sex differences in gout epidemiology: evaluation and treatment. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2006; 65(10):1368-1372. doi: 10.1136/ard.2006.051649
19. Bhole V, et al. Epidemiology of gout in women: Fifty-two-year followup of a prospective cohort. *Arthritis & Rheumatology*. 2010; 62(10):1069-1076 doi: 10.1002/art.30166
20. Lally EV, Ho G, Kaplan SR. The clinical spectrum of gouty arthritis in women. *Archives of internal medicine*. 1986; 146(11):2221-2225. doi:10.1001/archinte.1986.00360230161022
21. Dirken-Heukensfeldt J, et al. Clinical features of women with gout arthritis: A systematic review. *Clinical Rheumatology*. 2010; 29(6):575-582. doi: 10.1007/s10067-009-1362-1





22. Vera de MA, et al. Independent impact of gout on the risk of acute myocardial infarction among elderly women: a population-based study. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2010; 69(6):1162-1164. doi: 10.1136/ard.2009.122770
23. Edwards NL. The role of hyperuricemia and gout in kidney and cardiovascular disease. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2008; 75(5):S13-16. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18822470>.
24. Yeliseyev MS, Barskova VG. Narusheniya uglevodnogo obmena pri podagre: chastota vyyavleniya i klinicheskiye osobennosti [Disturbances of carbohydrate metabolism in gout: detection rate and clinical features]. *Terapevticheskiy arkhiv* = Therapeutic Archive. 2010; 82(5):50-54. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=222849>. (In Russ.)
25. Wallace SL, et al. Preliminary criteria for the classification of the acute arthritis of gout. *Arthritis & Rheumatism*. 1977; 20(3):895-900. doi: 10.1002/art.1780200320
26. Yeliseyev MS, Barskova VG. Metabolicheskiy sindrom pri podagre [Metabolic syndrome in gout]. *Vestnik RAMN* = RAMN Bulletin. 2008; 6:29-32. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=185580>. (In Russ.)
27. Barskova VG. Metabolicheskiy sindrom i kardiovaskulyarnyye narusheniya pri podagre [Metabolic syndrome and cardiovascular disorders gout]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Moscow; 2006. Available from: <http://medical-diss.com/medicina/metabolicheskiy-sindrom-i-kardiovaskulyarnyye-narusheniya-pri-podagre>. (In Russ.)
28. Rho YH, et al. The Prevalence of Metabolic Syndrome in Patients with Gout. *Journal of Korean Medical Science*. 2005; 20:1029-1033. doi: 10.3346/jkms.2005.20.6.1029
29. Choi HK, et al. Prevalence of the metabolic syndrome in patients with gout: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Arthritis & Rheumatism*. 2007; 57:109. doi: 10.1002/art.22466
30. Antipova VN, Kazeyeva MV. Kardiovaskulyarnyy risk i metabolicheskiy sindrom u bolnykh podagroy [Cardiovascular risk and metabolic syndrome in patients with gout]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region: Meditsinskiye nauki* = Higher Educational Institutions Bulletin. Volga region: Medical sciences. 2015; 1(33):112-122. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/kardiovaskulyarnyy-risk-i-metabolicheskiy-sindrom-u-bolnykh-podagroy.pdf>. (In Russ.)
31. Sidiropoulos PI, Karvounaris SA, Boumpas DT. Metabolic syndrome in rheumatic diseases: epidemiology, pathophysiology, and clinical implications. *Arthritis Research & Therapy*. 2008; 10:207-216. doi:10.1186/ar2397
32. Barskova VG, et al. Sindrom insulinorezistentnosti u bolnykh podagroy i yego vliyaniye na formirovaniye klinicheskikh osobennostey bolezni. *Terapevticheskiy arkhiv* = Therapeutic Archive. 2004; 5:51-56. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=116067>. (In Russ.)
33. Sui X, et al. Uric Acid and the development of Metabolic syndrome in women and men. *Metabolism*. 2008; 57(6):845-852.

Submitted 22.12.2015

*About the authors:*

**Valentina Antipova**, professor of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: [orcid.org/0000-0003-1559-4721](https://orcid.org/0000-0003-1559-4721)**, [valentina.antipova@gmail.com](mailto:valentina.antipova@gmail.com)

**Natalya Sergutova**, assistant of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: [orcid.org/0000-0001-8274-7906](https://orcid.org/0000-0001-8274-7906)**, [sergutovanp@mail.ru](mailto:sergutovanp@mail.ru)

**Marina Legavina**, clinical intern of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: [orcid.org/0000-0002-4245-7485](https://orcid.org/0000-0002-4245-7485)**, [jamyaly1991@mail.ru](mailto:jamyaly1991@mail.ru)

## ИЗУЧЕНИЕ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАРЕНИЯ КОЖИ У МУЖЧИН С ПОМОЩЬЮ КУТОМЕТРА И УЗИ

**Д. С. Аламанкин, Н. А. Плотникова**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

*Целью исследования* является изучение патоморфологических и патофизиологических особенностей процессов старения кожи у мужчин разного возраста с помощью определения общей эластичности (R2) и толщины эпидермиса и дермы.

*Материалы и методы*

В исследовании приняли участие 150 мужчин-добровольцев, которых мы подразделили на 6 возрастных групп. В качестве объекта изучения возрастных изменений кожи выбраны лоб, височная и носогубная области. С помощью аппарата «Cutometer® 580 MPA» определялась R2; средняя толщина эпидермиса и дермы измерялась при помощи «Dermascan C».

*Результаты исследования*

Максимальная потеря общей эластичности в области лба происходит с 26 до 30 лет и составляет 12,41 %, а также после 60 лет (20,18 %). В височной области наибольшая потеря эластичности происходит в возрасте 31–40 лет и после 60 лет и составляет 7,33 и 19,56 % соответственно; в носогубной области – в 51–60 лет и после 60 лет (22,52 и 31,63 % соответственно). Наиболее значимые инволюционные процессы в эпидермисе происходят в возрасте 31–40 лет и составляют 18,31 % в области лба, 16,02 % – в височной области, 8,11 % – в носогубной области. Истончение дермы в области лба начинается раньше, чем в других исследованных областях, и составляет 0,34 % в возрасте 26–30 лет.

*Обсуждение и заключения*

- 1) Эластичность кожи в носогубной области выше, чем в области лба и висков.
- 2) Наибольшая толщина эпидермиса и дермы у мужчин отмечается в области лба. Инволюционные процессы в данной области начинаются с 26 лет.
- 3) Использование аппарата «Cutometer® 580 MPA» и «Dermascan C» позволяет оценить одни из основных параметров старения кожи (R2 и среднюю толщину эпидермиса и дермы), в связи с чем они могут быть использованы как при диагностике, так и с целью оценки эффективности лечения старения кожи.

**Ключевые слова:** старение кожи, патофизиология старения кожи, диагностика старения кожи, кутометр, УЗИ

**Для цитирования:** Аламанкин Д. С., Плотникова Н. А. Изучение патофизиологических особенностей старения кожи у мужчин с помощью кутометра и УЗИ // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 82–89. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.082-089



## STUDING PATHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF SKIN AGING IN MEN THROUGH USING THE CUTOMETER AND ULTRASOUND

**D. S. Alamankin, N. A. Plotnikova**

*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

*The goal of the study* is to examine the pathomorphological and pathophysiological features of skin aging in men of different ages through determining the overall elasticity (R2) and thickness of the epidermis and dermis.

### *Materials and Methods*

The study involved 150 men volunteers, who were divided into six age groups. The object of studying was age-related skin changes in the selected regions: forehead, temporal region, nasolabial region. The apparatus Cutometer® 580 MPA was used to determine the overall elasticity (R2); the average thickness of epidermis and dermis was measured using the “Dermascan C”.

### *Results*

The maximum loss of total elasticity in the forehead is at the age of 26 to 30 years and is 12,41 % and after 60 years – 20,18 %. In the temporal region a large loss of elasticity occurs at the age of 31–40 years and after the age of 60 (7,33 % and 19,56 % respectively) More pronounced loss of elasticity in the nasolabial region in the age of 51–60 years and after 60 years, and is 22,52 % and 31,63 %. The most significant involutional processes in the epidermis occur in the age group of 31–40 (18,31 % in the forehead, 16,02 % in the temporal region and 8,11 % in a nasolabial region). Thinning of the dermis in the forehead starts earlier than in the other studied regions and is 0,34% in the age group of 26–30 years.

### *Discussion and Conclusions*

- 1) The elasticity of the skin in the nasolabial region is higher than in the forehead and temples.
- 2) The greatest thickness of the epidermis and dermis in men is celebrated in the forehead. Involutional processes in this area range from 26 years.
- 3) The use of the device Cutometer® MPA 580 and the “Dermascan C” allows us to estimate some key parameters of skin aging (elasticity and total average thickness of the epidermis and dermis); the said parameters can be used for diagnosing and evaluating the effectiveness of the skin aging treatment.

**Keywords:** skin aging, pathophysiology of aging skin, diagnosis of skin aging, cutometre, ultrasound

**For citation:** Alamankin DS, Plotnikova NA. Studing pathophysiological features of skin aging in men through using the cutometer and ultrasound. *Vesnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):82-89. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.082-089

### **Введение**

Старение организма представляет собой естественный биологический процесс, приводящий к систематическому снижению адаптационных возможностей организма. В настоящее время отмечается безостановочный рост абсолютного числа и относительной доли населения пожилых людей [1–4]. За последние 160 лет ожидаемая продолжительность жизни в экономически развитых странах посто-

янно увеличивалась со средней скоростью 3 мес./год [5–6]. Например, по данным 2014 г., средняя продолжительность жизни женщин в Европе составляет 83 года, мужчин – 76,5 лет; в России данные показатели принимают значения 73 года и 59,1 лет соответственно [7–9]. По данным ООН, в 1950 г. в мире проживало ~ 200 млн чел. в возрасте 60 лет и старше; к 1975 г. их количество возросло до 550 млн. Таким образом, происходит неуклонный



рост абсолютного числа и относительной доли населения пожилых людей. Вместе со старением организма непрерывно протекает процесс старения кожи [10–11].

### Обзор литературы

В последние десятилетия возможности изучения процесса старения кожи расширились в связи с появлением и распространением некоторых методов диагностики, например, определения общей эластичности кожи с помощью «Cutometer® 580 MPA», а также толщины эпидермиса и дермы – с использованием УЗИ [12–13]. Однако следует отметить, что большинство представленных работ содержат данные об особенностях старения женской кожи [7; 10; 14–15]. Мужская кожа существенно отличается от нее большей плотностью, эластичностью, толщиной, более высоким уровнем тургора. Причиной данных отличий является структура коллагеновых и эластических волокон, которая у мужчин дольше сохраняет баланс между растворимым и нерастворимым коллагеном. Уменьшение эластичности кожи и истончение всех ее слоев являются одними из наиболее объективных маркеров биологического старения, поскольку могут быть оценены количественно современными диагностическими методами.

**Целью данной работы** является изучение патоморфологических и патофизиологических особенностей старения кожи у мужчин разного возраста с помощью определения общей эластичности (R2) аппаратом «Cutometer® 580 MPA» и толщины эпидермиса и дермы – с использованием «Dermascan C».

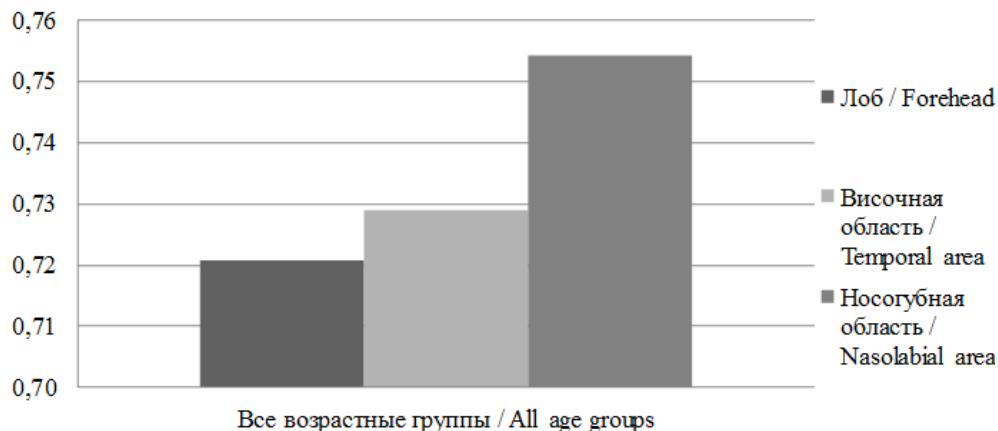
### Материалы и методы

В исследовании участвовали 150 мужчин-добровольцев, которые были разделены на следующие возрастные группы по 25 чел., согласно классификации старения кожи по И. И. Кольгуненко 1974 г.: 20–25 лет (контрольная группа); 26–30 лет; 31–40 лет; 41–50 лет; 51–60 лет; старше 60 лет. В качестве объектов изучения возрастных изменений кожи были выбраны лобная, височная и носогубная области.

В нашей работе применялся метод оценки степени втягивания и распрямления кожи (эластометрии) под действием отрицательного давления 450–500 мбар. Исследования проводились на аппарате «Cutometer 580 MPA», с помощью которого оценивалась R2 – показатель биомеханических свойств кожи. Методом двумерного ультразвукового сканирования кожи («Dermascan C») исследовалась толщина эпидермиса и дермы, отражающая инволюционные особенности кожи.

### Результаты исследований

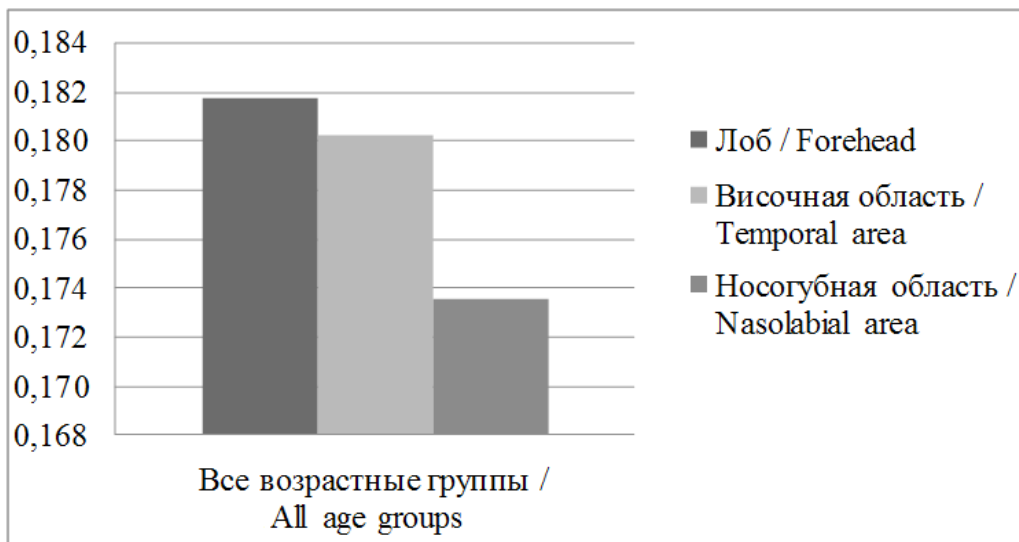
В ходе нашей работы были получены следующие данные об R2 на лбу у мужчин: 20–25 лет –  $0,879 \pm 0,011$ ; 26–30 лет –  $0,770 \pm 0,011$ ; 31–40 лет –  $0,743 \pm 0,011$ ; 41–50 лет –  $0,694 \pm 0,008$ ; 51–60 лет –  $0,689 \pm 0,011$ ; старше 60 лет –  $0,550 \pm 0,009$ . Из полученных результатов видно, что максимальная потеря эластичности происходит в возрасте 26–30 лет (и составляет 12,41 %) и после 60 лет (20,18 %). Данные показатели свидетельствуют о том, что лобная область является одной из наиболее подверженных появлению морщин и нуждается в правильном уходе с 26 лет. R2 в височной области: 20–25 лет –  $0,843 \pm 0,011$ ; 26–30 лет –  $0,832 \pm 0,009$ ; 31–40 лет –  $0,771 \pm 0,009$ ; 41–50 лет –  $0,692 \pm 0,011$ ; 51–60 лет –  $0,685 \pm 0,010$ ; старше 60 лет –  $0,551 \pm 0,010$ . В этой области наибольшая потеря эластичности происходит в возрасте 31–40 лет и после 60 лет (7,33 и 19,56 % соответственно). В носогубной области R2 приняла следующие значения: 20–25 лет –  $1,030 \pm 0,019$ ; 26–30 лет –  $0,831 \pm 0,010$ ; 31–40 лет –  $0,812 \pm 0,007$ ; 41–50 лет –  $0,804 \pm 0,131$ ; 51–60 лет –  $0,623 \pm 0,076$ ; старше 60 лет –  $0,426 \pm 0,041$ . Таким образом, она наиболее выражена в возрасте 51–60 лет и после 60 лет (22,52 и 31,63 %). На рис. 1 представлена эластичность кожи мужчин во всех исследуемых возрастных группах; на основании этих данных сделаем вывод о различии R2 на разных участках кожи лица (наибольшая определяется в носогубной области).



Р и с. 1. Общая эластичность кожи лица у мужчин в исследуемых возрастных группах  
 F i g. 1. The overall elasticity of the skin in men in all age groups

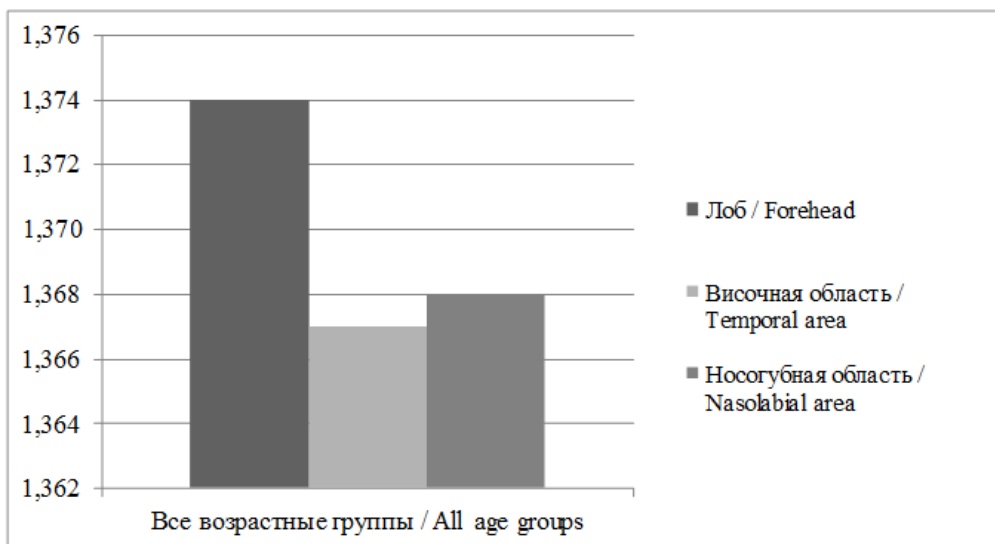
С помощью «Dermascan C» была определена средняя толщина эпидермиса области лба. Так, в возрастной группе 20–25 лет она составила  $0,213 \pm 0,001$ ; 26–30 лет –  $0,213 \pm 0,001$ ; 31–40 лет –  $0,174 \pm 0,001$ ; 41–50 лет –  $0,167 \pm 0,001$ ; 51–60 лет –  $0,163 \pm 0,000$ ; старше 60 лет –  $0,161 \pm 0,001$ . В височной области аналогичный показатель принял следующие значения: 20–25 лет –  $0,206 \pm 0,002$ ; 26–30 лет –  $0,207 \pm 0,001$ ; 31–40 лет –  $0,173 \pm 0,001$ ; 41–50 лет –  $0,169 \pm 0,001$ ; 51–60 лет –  $0,167 \pm 0,001$ ; старше 60 лет –  $0,159 \pm 0,002$ . В носогубной области толщина эпидермиса изменялась следующим образом: 20–25 лет –  $0,195 \pm 0,004$ ; 26–30 лет –  $0,185 \pm 0,002$ ; 31–40 лет –  $0,170 \pm 0,000$ ; 41–50 лет –  $0,168 \pm 0,001$ ; 51–60 лет –  $0,165 \pm 0,001$ , старше 60 лет –  $0,158 \pm 0,002$ . Наиболее значимые инволюционные процессы на исследуемых участках происходят в возрасте 31–40 лет и составляют 18,31 % в области лба, 16,02 % – в височной области, 8,11 % – в носогубной. Из рис. 2 видно, что наименьшая толщина эпидермиса определяется в носогубной области.

Также нами была определена средняя толщина дермы. В области лба в возрастной группе 20–25 лет она составила:  $1,481 \pm 0,008$ ; 26–30 лет –  $1,476 \pm 0,008$ ; 31–40 лет –  $1,362 \pm 0,002$ ; 41–50 лет –  $1,342 \pm 0,003$ ; 51–60 лет –  $1,306 \pm 0,002$ ; старше 60 лет –  $1,281 \pm 0,003$ . В височной области данный показатель принял следующие значения: 20–25 лет –  $1,469 \pm 0,005$ ; 26–30 лет –  $1,471 \pm 0,005$ ; 31–40 лет –  $1,364 \pm 0,002$ ; 41–50 лет –  $1,343 \pm 0,002$ ; 51–60 лет –  $1,288 \pm 0,003$ ; старше 60 лет –  $1,271 \pm 0,001$ . В носогубной области: 20–25 лет –  $1,467 \pm 0,005$ ; 26–30 лет –  $1,467 \pm 0,005$ ; 31–40 лет –  $1,366 \pm 0,001$ ; 41–50 лет –  $1,342 \pm 0,002$ ; 51–60 лет –  $1,297 \pm 0,001$ ; старше 60 лет –  $1,269 \pm 0,002$ . Таким образом, истончение дермы в области лба начинается раньше, чем в других исследуемых зонах, и составляет 0,34 % в возрасте 26–30 лет. Также отметим, что эпидермис более подвержен инволюционным изменениям, чем дерма. Из рис. 2–3 видно, что наибольшая толщина эпидермиса и дермы во всех возрастных группах отмечается в области лба.



Р и с. 2. Изменение толщины эпидермиса на различных участках кожи лица у мужчин в исследуемых возрастных группах

Fig. 2. Change in the thickness of epidermis in different skin areas of persons in all age groups



Р и с. 3. Изменение толщины дермы у мужчин

Fig. 3. Change in thickness of the dermis in men



### Обсуждение и заключения

1. Наиболее эластичной является кожа носогубной области, следовательно, в этой анатомической области она стареет медленнее, чем в височной и лобной.

2. Патоморфологические и патофизиологические процессы старения в разных анатомических областях лица мужчин неоднородны. Например, наибольшая потеря эластичности в области лба происходит в возрасте 26–30 лет и старше 60 лет и (12,41 и 20,18 % соответственно). В височной области максимальная потеря R2 отмечается в возрасте 31–40 и после 60 лет (7,33 и 19,56 % соответственно). В носогубной области она наиболее выражена в 51–60 и после 60 лет (22,52 и 31,63 %).

3. Показатели средней толщины эпидермиса и дермы на исследуемых участках различны. Наибольшая толщина отмечается в области лба; инволюционные процессы раньше всего затрагивают также эту область, следовательно, именно она наиболее подвержена патофизиологическим процессам старения.

4. Использование аппаратов «Cutometer® 580 МРА» и «Dermascan С» позволяют оценить одни из основных параметров старения кожи (R2 и среднюю толщину эпидермиса и дермы), в связи с чем они могут быть использованы как при диагностике, так и с целью оценки эффективности лечения старения кожи.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по дерматокосметологии / под ред. Е. Р. Аравийской, Е. В. Соколовского. СПб. : Фолиант, 2008. 632 с. URL: <http://www.booksmed.com/dermatovenerologiya/401-rukovodstvo-po-dermatokosmetologii.html>.
2. Сафарова Г. Л., Сафарова А. А., Лисенков А. И. Гендерные аспекты старения населения России // Успехи геронтологии. 2014. Т. 27, № 2. С. 236–240. URL: [http://www.gersociety.ru/netcat\\_files/File/USPEHI\\_GERONTOL/AG\\_2014-27-02-abstracts.pdf](http://www.gersociety.ru/netcat_files/File/USPEHI_GERONTOL/AG_2014-27-02-abstracts.pdf).
3. Старение в XXI веке: триумф и вызов // UNFPA and HelpAge international. New York ; London, 2012. URL: <https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/Ageing%20Report%20Executive%20Summary%20RUSSIAN%20Final%20low%20resolution.pdf>.
4. Crimmins E. M., Finch C. E. The genetics of age-related health outcomes // The Journals of Gerontology. 2012. Vol. 67A (5). P. 467–469. doi: 10.1093/gerona/gls101
5. Пономарева Н. Н. Процесс демографического старения: сущность, особенности и последствия в странах мира // Вестник Новосибир. гос. пед. ун-та. 2013. № 6 (16). С. 58–65. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/protsess-demograficheskogo-stareniya-suschnost-osobennosti-i-posledstviya-v-stranah-mira.pdf>.
6. Fisher G. J., Varani J., Voorhees J. J. Looking older: fibroblast collapse and therapeutic implications // Arch. Dermatol. 2008. Vol. 144 (5). P. 667–702. doi: 10.1001/archderm.144.5.666
7. Андрейчев В. В. Контурная коррекция и БТА – терапия у мужчин // KOSMETIK international. 2012. № 5. С. 58–62. URL: <http://xn--80aefeaxzz9d.xn--plai/service/cosmetology/29>.
8. Продолжительность жизни людей в старших возрастных группах и новый подход к измерению старения / Л. В. Козлов [и др.] // Успехи геронтологии. 2009. Т. 22, № 3. С. 516–521. URL: [http://www.gerontology.ru/PDF\\_YG/AG\\_2009-22-03.pdf](http://www.gerontology.ru/PDF_YG/AG_2009-22-03.pdf).
9. Sell D. R., Nemet I., Monnier V. M. Partial characterization of the molecular nature, of collagen-linked fluorescence: role of diabetes and end-stage renal disease // Archives of Biochemistry and Biophysics. 2010. Vol. 493 (2). P. 192–206. doi: 10.1016/j.abb.2009.10.013
10. Ахтямов С. Н., Геглинг З. М., Бутов Ю. С. Старение кожи // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. 2004. № 5. С. 7 URL: <http://booksmed.com/dermatovenerologiya/309-prakticheskaya-dermatokosmetologiya-axtyamov.html>. DjVu.



11. **Benedetto A. V.** The environment and skin aging // *Clinics in Dermatology*. 1998. Vol. 16 (1). P. 129–139. doi: 10.1016/S0738-081X(97)00193-4
12. Старение населения мира, 1950–2050 годы: резюме [Электронный ресурс]. URL: <http://www.un.org/russian/events/olderpers> (дата обращения: 16.08.2015).
13. **Щербакова Е.** Доля населения мира 60 лет и старше составляла 11 %, в 2050 году она поднимется до 22 %, медианный возраст повысится с 30 до 38 лет [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru> (дата обращения: 29.10.15).
14. **Chang C., Eichenfield L. E.** Quantitative assessment of combination bathing and moisturizing regimens on skin hydration in atopic dermatitis // *Pediatric Dermatology*. 2009. Vol. 26 (3). P. 273–278. doi: 10.1111/j.1525-1470.2009.00911.x
15. Dietary nutrient intakes and skin-aging appearance among middle-aged American women / M. C. Cosgrove [et al.] // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007. Vol. 86 (4). P. 1225–1231. URL: <http://ajcn.nutrition.org/content/86/4/1225.full>.

Поступила 30.11.2015 г.

Об авторах:

**Аламанкин Дмитрий Сергеевич**, аспирант кафедры патологии с курсом патологической физиологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1833-0828>**, [d.alamankin@gmail.com](mailto:d.alamankin@gmail.com)

**Плотникова Надежда Алексеевна**, заведующий кафедрой патологии с курсом патологической физиологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, профессор, [plona@mail.ru](mailto:plona@mail.ru)

## REFERENCES

1. Araviyskaya YeR, editor. *Rukovodstvo po dermatokosmetologii* [Guide to dermatocosmetology]. St. Petersburg: Foliant; 2008. Available from: <http://www.booksmed.com/dermatovenerologiya/401-rukovodstvo-po-dermatokosmetologii.html>. (In Russ.)
2. Safarova GL, Safarova AA, Lisenkov AI. Gendernyye aspekty stareniya naseleniya Rossii [Gender aspects of aging in Russia]. *Uspexi gerontologii* = Advances in Gerontology. 2014; 27:236-240. Available from: [http://www.gersociety.ru/netcat\\_files/File/USPEHI\\_GERONTOL/AG\\_2014-27-02-abstracts.pdf](http://www.gersociety.ru/netcat_files/File/USPEHI_GERONTOL/AG_2014-27-02-abstracts.pdf). (In Russ.)
3. Starenie v 20 veke: triumf i vyzov [Aging in the XXI century: triumph and challenge]. UNFPA and HelpAge international. New York; London; 2012. Available from: <https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/Ageing%20Report%20Executive%20Summary%20RUSSIAN%20Final%20low%20resolution.pdf>. (In Russ.)
4. Srimmins EM, Finch CE. The genetics of age-related health outcomes. *The Journals of Gerontology*. 2012; 67A (5):467-469. doi: 10.1093/gerona/gls101
5. Ponomareva NN. Protseess demograficheskogo stareniya: sushchnost, osobennosti i posledstviya v stranakh mira [Process of demographic aging: nature, characteristics and consequences in countries over the world]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* = Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. 2013; 6(16):58-65. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/protseess-demograficheskogo-stareniya-sushchnost-osobennosti-i-posledstviya-v-stranah-mira.pdf>. (In Russ.)
6. Fisher GJ, Varani J, Voorhees JJ. Looking older: fibroblast collapsed therapeutic implications. *Arch Dermatol* 2008; 144 (5):667-702. doi: 10.1001/archderm.144.5.666
7. Andreychev VV. Konturnaya korrektsiya i BTA-terapiya u muzhchin [Injectable and BTA therapy in men]. *KOSMETIK international*. 2012; 5:58-62. Available from: <http://xn--80aeafxzz9d.xn--plai/service/cosmetology/29>. (In Russ.)





8. Kozlov LV. Prodolzhitel'nost' zhizni lyudey v starshikh vozrastnykh gruppakh i novyy podkhod k izmereniyu stareniya [Life expectancy at older ages and alternative approach to aging measurement]. *Uspekhi gerontologii* = Advances in Gerontology. 2009; 3(22):516-521. Available from: [http://www.gerontology.ru/PDF\\_YG/AG\\_2009-22-03.pdf](http://www.gerontology.ru/PDF_YG/AG_2009-22-03.pdf). (In Russ.)

9. Sell DR, Nemet I, Monnier VM. Partial characterization of the molecular nature of collagen – linked fluorescence: role of diabetes and end-stage renal disease. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2010; 493(2):192-206. doi: 10.1016/j.abb.2009.10.013

10. Akhtyamov SN, Gyetling ZM, Butov YuS. Starenie kozhi. Eksperimental'naya i klinicheskaya dermokosmetologiya [Skin aging. Experimental and clinical dermatocosmetology]. 2004; 5:7. Available from: <http://booksmed.com/dermatovenerologiya/309-prakticheskaya-dermatocosmetologiya-axytamov.html>. DjVu. (In Russ.)

11. Benedetto AV. The environment and skin aging. *Clinics in Dermatology*. 1998; 16(1):129-139. doi: 10.1016/S0738-081X(97)00193-4

12. Starenie naseleniya mira, 1950–2050 gody: rezyume [Aging of world population, 1950–2050: summary] [Electronic resource]. Available from: <http://www.un.org/russian/events/olderpers> (accessed date: 16.08.2015). (In Russ.)

13. Shcherbakova Ye. Dolya naseleniya mira 60 let i starshe sostavlyala 11 %, v 2050 godu ona podnimsya do 22 %, mediannyy vozrast povysitsya s 30 do 38 let [Proportion of the world's population 60 years and older was 11 %, in 2050 it will rise to 22 %, the median age will rise from 30 to 38 years] [Electronic resource]. Available from: <http://www.demoscope.ru> (accessed date: 29.10.2015). (In Russ.)

14. Chang C, Eichenfield LE. Quantitative assessment of combination bathing and moisturizing regimens on skin hydration in atopic dermatitis. *Pediatric Dermatology*. 2009; 26(3):273-278. doi: 10.1111/j.1525-1470.2009.00911.x

15. Cosgrove MC, et al. Dietary nutrient intakes and skin-aging appearance among middle-aged American women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007; 86(4):1225-1231. Available from: <http://ajcn.nutrition.org/content/86/4/1225.full>.

*Submitted 30.11.2015*

*About the authors:*

**Dmitriy Alamankin**, postgraduate student of Pathology with the course of Pathological Physiology chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1833-0828>, [d.alamankin@gmail.com](mailto:d.alamankin@gmail.com)

**Nadezhda Plotnikova**, head of Pathology with the course of Pathological Physiology chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), professor, [plona@mail.ru](mailto:plona@mail.ru)



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЕСОХРАНЯЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ И СТАРШИХ КУРСОВ ВУЗОВ

**Д. С. Блинов, Н. Н. Чернова, О. П. Балыкова,  
С. А. Ляпина, О. А. Смирнова, Л. И. Китаева**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

В последние годы отмечается снижение показателей здоровья среди молодого (до 30 лет) населения, большую часть которого составляют студенты. В связи с этим становится актуальным исследование здоровьесохраняющего поведения студенческой молодежи, выступающим основным фактором укрепления здоровья. Приоритетным при этом является отношение к своему питанию, которое должно быть адекватным.

### *Материалы и методы*

В статье представлены материалы изучения особенностей рациона и режима питания среди студентов младших и старших курсов, а также сравнительный анализ данных материалов. Методом случайной выборки были отобраны и опрошены студенты 1 и 5 курсов ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева». Объем выборочной совокупности среди студентов 1 курса составил 203 чел., студентов 5 курса – 229 чел. (1,1 и 1,9 % соответственно).

### *Результаты исследования*

Основным источником информации об оптимальном питании для 25 % опрошенных являются средства массовой информации, в частности реклама, 20 % узнают о правильном питании от членов семьи и знакомых и только 16 % обращаются с этим вопросом к медицинским работникам и специальной литературе.

### *Обсуждение и заключения*

Результаты исследования свидетельствуют о том, что режим питания студентов в большинстве случаев не соответствует гигиеническим принципам оптимального питания; их повседневный рацион состоит преимущественно из углеводистой-жировой пищи; отмечается недостаточное количество животного белка, дефицит витаминов и микроэлементов; выявляется увлечение чаем, кофе, алкогольными напитками. В большей степени рацион питания студентов формируется под влиянием рекламы и пищевых предпочтений, а не научно обоснованных рекомендаций.

**Ключевые слова:** здоровьесохраняющее поведение, адекватное питание, рациональное питание, сбалансированное питание, качество питания студентов

**Для цитирования:** Сравнительный анализ показателей здоровьесохраняющего поведения студентов младших и старших курсов / Д. С. Блинов [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 90–97. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.090-097



## THE COMPARATIVE ANALYSIS OF HEALTH SAVING BEHAVIOURS OF JUNIOR AND SENIOR HIGHER SCHOOL STUDENTS

**D. S. Blinov, N. N. Chernova, O. P. Balykova,  
S. A. Lyapina, O. A. Smirnova, L. I. Kitayeva**  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

Over recent years we have seen declining health indexes of young people under 30, most of whom are students. In this context, the study of health saving behaviours as the main factor of strengthening the students' health is relevant. The attitude to nutrition is of top priority.

### *Materials and Methods*

The article presents the materials of the studying peculiarities of the diet of junior and senior students. The comparative analysis of these materials has been made. The students of the first and the fifth year studying at Ogarev Mordovia State University were interviewed through the random sampling method. The sampled number of the first year students was 203 and of the fifth year students – 229 (1,1 % and 1,9 % respectively).

### *Results*

The main source of the information about the optimal diet for a quarter of respondents is the media, especially advertising, one-fifth of all interviewed students get information about proper diet from their family members and friends, and only 16 % of young people consult with medical professionals and specialized literature.

### *Discussion and Conclusions*

The results of the study indicate that a diet of students, in most cases, fails to meet the hygienic requirements of the optimal diet, their daily ration is carbohydrate and fat one, with insufficient quantity of animal protein, shortage of vitamins and minerals. Their predilection for tea, coffee and alcoholic beverages have been revealed. Mostly the diet of students is influenced by advertising, food preferences, but not by science-based recommendations.

**Keywords:** health saving behavior, adequate diet, healthy diet, balanced diet, food quality of students

**For citation:** Blinov DS, Chernova NN, Balykova OP, Lyapina SA, Smirnova OA, Kitayeva LI. The comparative analysis of health saving behaviours of junior and senior higher schools students. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):90-97. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.090-097

### **Введение**

На формирование и сохранение здоровья студентов, кроме медико-биологических и экзогенных факторов, большое влияние оказывает субъективный поведенческий фактор – т. н. *здоровьеохраняющее поведение*, под которым понимают систему действий, направленных на формирование и сохранение здоровья, снижение заболеваемости и увеличение продолжительности жизни [1, с. 4]. Мы предлагаем рассматривать его как стиль жизни, выработанный организмами в процессе жизнедеятельности и направленный на сохранение и укрепление здоровья. Основным показателем при этом выступает

отношение к своему питанию и наличие или отсутствие вредных привычек.

Известно, что питание относится к одним из важнейших факторов качества жизни. В процессе метаболизма пищевые вещества преобразуются в структурные элементы клеток нашего организма и, таким образом, обеспечивают физическую и умственную работоспособность, определяют здоровье и продолжительность жизни человека [2–3].

Рациональное питание является залогом самочувствия и здоровья в целом. Выпускник школы, получив статус студента, часто вынужден менять место жительства, образ жизни, режим

питания. Проживая в общежитиях или на съемных квартирах, многие студенты не имеют элементарных навыков приготовления пищи. Часто основной пищей студентов, особенно младших курсов, является «быстрое» питание, т. е. гамбургеры, хот-доги и блюда быстрого приготовления (лапша, растворимое картофельное пюре и т. д.) [4].

Правильное питание – важнейшая потребность человека. Сбалансированный рацион питания способствует правильному пищеварению, обеспечению потребностей организма в энергии. По мнению ведущих ученых, в настоящее время недостаточно изучены как особенности состояния здоровья студентов, так и факторы, формирующие его на этапе профессиональной подготовки [5, с. 29–30].

### Материалы и методы

Актуальность исследования здоровьесохраняющего поведения студентов определяется тем, что в последние годы отмечается снижение показателей здоровья среди молодого (до 30 лет) населения, большую часть которого составляют студенты.

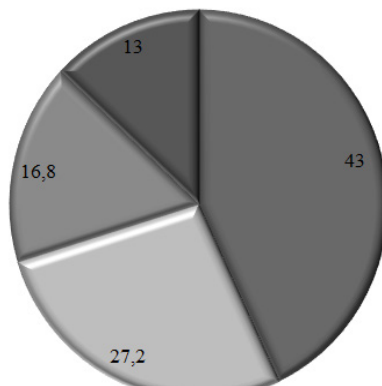
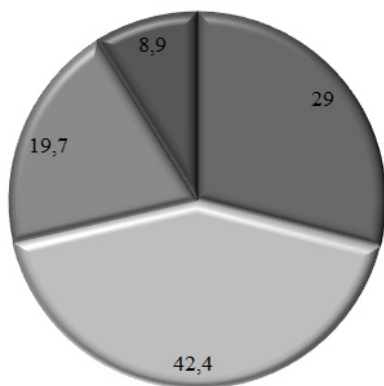
Студенты вузов подвержены высоким учебным нагрузкам, стрессовым ситуациям (особенно в период сессии), а также нарушению режима питания.

**Целью данной работы** является изучение и сравнительный анализ особенностей рациона и режима питания среди студентов младших и старших курсов.

Методом случайной выборки были отобраны и опрошены студенты 1 и 5 курсов ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева»: 203 чел. (1,1 %) и 229 чел. (1,9 %) соответственно.

Режим питания – это распределение пищи в течение дня по времени, калорийности и объему. Физиологически обоснованным является 3–4-разовое питание с таким распределением пищевого рациона по его калорийности, чтобы завтрак и обед обеспечивали до 75 % (30 и 45 % соответственно) суточной энергетической ценности рациона, а на ужин приходилось только 25 %.

При определении кратности приемов пищи среди студентов 1 курса было установлено, что 42,4 % придерживаются 3-разового питания, ~ 29,0 % питаются 1–2 раза в сутки, 19,7 % – 4. Слишком частый прием пищи (5–7 раз) отметили у себя 8,7 % первокурсников, указывая при этом на дополнительные приемы пищи (перекусы), которые или равномерно распределены по времени в течение дня, или замещают один из основных приемов пищи (рис. 1).



а) Младшие курсы / Junior students

б) Старшие курсы / Senior students

■ 1-2 раза в день / 1-2 meals a day    ■ 4 раза в день / 4 meals a day  
 ■ 3 раза в день / 3 meals a day        ■ 5 и более раз в день / 5 meals a day and more

Р и с. 1. Кратность приема пищи, %  
 F i g. 1. Multiplicity meal, %



Около трети респондентов признали, что не завтракали в день опроса или не завтракают вообще.

Среди опрошенных студентов 5 курса 43 % принимают пищу 1–2 раза в сутки, 27,2 % – 3, 16,8 % – 4. На частый прием пищи указали 13 %.

Все опрошенные старшекурсники отметили факт наличия перекусов в перерывах между парами, при этом чаще всего употребляются конфеты, шоколад, газированная вода.

Важным моментом является соответствие химического состава рациона питания физиологическим потребностям организма в пищевых веществах. Питание должно быть разнообразным и содержать все необходимые питательные и минеральные вещества, витамины, пищевые волокна. Большинство из них являются незаменимыми, поскольку не образуются в организме, а поступают только с пищей; отсутствие хотя бы одного приводит к значительному ухудшению состояния здоровья.

Потребность в белке – эволюционно сложившаяся доминанта в питании человека, обусловленная необходимостью обеспечивать оптимальный физиологический уровень поступления незаменимых аминокислот, основных структурных элементов тканей и составных частей ферментов и гормонов. Источниками полноценного белка являются продукты животного происхождения (молоко, молочные продукты, яйца, мясо и мясопродукты, рыба, морепродукты). Согласно нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах различных групп населения РФ [6, с. 12], для рассматриваемой возрастной группы суточная потребность в белке составляет 61–72 г, в т. ч. животного происхождения – не менее 30,5–36,0 г.

В рационе студентов 1 курса мясо и мясные продукты преобладают у 48,4 % опрошенных; молоко и молочные продукты – у 27,8 %; рыба и продукты моря – у 26,1 %. Мучные

продукты и сладости ежедневно преобладают в рационе более 72,5 % респондентов. Очевидны факты дефицита в рационе студентов продуктов, являющихся основными источниками полноценного белка, и преобладания углеводно-жировой пищи. Ежедневно употребляют молочные продукты 43,6 % опрошенных старшекурсников, изредка – 48,7 %, 7,4 % не употребляют вообще.

Все опрошенные студенты согласились с мнением о полезных свойствах фруктов и овощей, которые представляют собой запас необходимых организму витаминов, микроэлементов, клетчатки.

Около 63 % участников опроса 1 курса отдают предпочтение овощам, фруктам и продуктам их переработки. Например, картофелю (являющемуся в большей степени источником углеводов) отдают предпочтение 33,9 %, хлебу булочным и мукомольно-крупяным изделиям – 49,8 %. Опрос старшекурсников показал, что ежедневно употребляют овощи и фрукты только 44,9 % студентов.

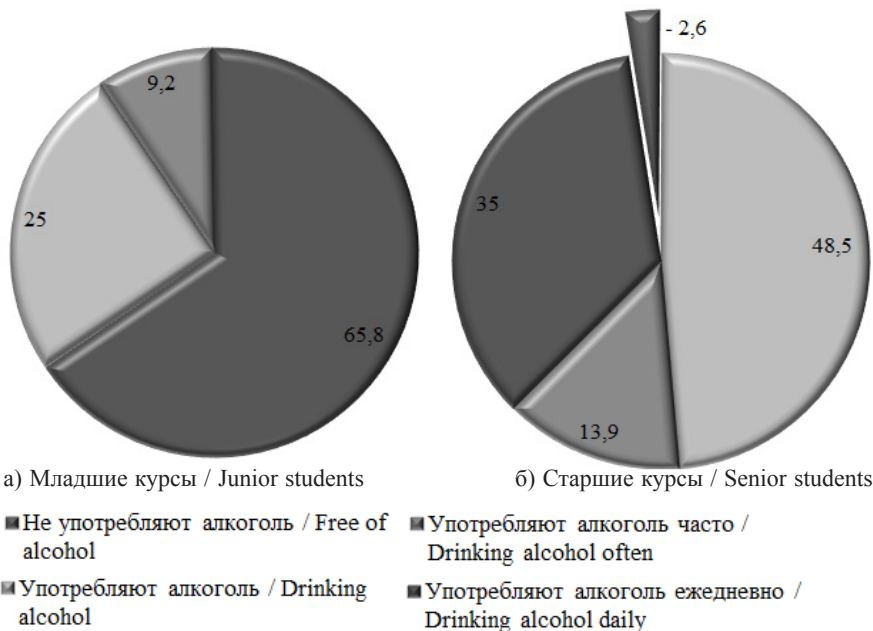
Из напитков более трети опрошенных студентов 1 курса отдают предпочтение чаю и кофе, 26,0 % – минеральной воде, и только 18,8 % – соку и компотам. Среди студентов 5 курса была выявлена некоторая увлеченность сладкими газированными напитками (энергетики, Coca-Cola): ~ 12,2 % признали факт ежедневного их употребления, 49,3 % – еженедельного.

Отношение к вредным привычкам (алкоголю, курению табака, употреблению наркотиков) может быть позитивным и негативным. Позитивное здоровьесохраняющее поведение направлено на сохранение и укрепление здоровья, негативное – на его разрушение [7, с. 15].

Невозможно назвать ни одну систему организма, которую бы не затронуло вредное влияние курения и алкоголя. Четверть респондентов 1 курса еженедельно употребляют пиво и другие алко-

гольные напитки, 9,2 % из них делают это 3–4 раза в неделю. Анализ ответов студентов 5 курса показал, что 65 % студентов употребляют алкогольные напитки, из них 13,9 % делают это часто, а 2,6 % –

ежедневно (рис. 2). Наиболее популярными являются винные алкогольные напитки (31,4%), на втором месте пиво (19,6%), на третьем – крепкие алкогольные напитки (17,4 %).



Р и с. 2. Употребление алкоголя, %  
F i g. 2. Alcohol consumption, %

Алкоголь, являясь наркотиком, при систематическом его употреблении снижает возможность субъективно регулировать объем его потребления. Кроме того, любое регулярное употребление спиртного в дозах, вызывающих опьянение хотя бы в легкой степени, теоретически можно расценивать как начало первой стадии алкоголизма, потому что характерные симптомы болезни могут появиться в любой момент [8, с. 58].

Отметим, что курение и алкоголь выполняют у студентов в основном коммуникативную функцию [9, с. 24].

**Результаты исследования**

Результаты анкетирования показывают, что основным источником информации об оптимальном питании для 25 % опрошенных являются средства массовой информации,

в частности реклама, 21,8 % узнают о правильном питании от членов семьи и знакомых и только 16 % молодых людей обращаются с этим вопросом к медицинским работникам и специальной литературе.

Режим питания студентов в большинстве случаев не соответствует гигиеническим принципам оптимального питания, их повседневный рацион состоит преимущественно из углеводисто-жировой пищи; отмечается недостаточное количество животного белка, дефицит витаминов и микроэлементов. Выявляется увлечение чаем, кофе, алкогольными напитками. В большей степени рацион питания студентов формируется под влиянием рекламы, пищевых предпочтений, а не научно обоснованных рекомендаций.



### Обсуждение и заключения

Из вышесказанного следует, что с целью восполнения имеющегося у студентов пробела в знаниях важнейших вопросов культуры питания и здорового образа жизни представляется необходимым ввести на 1 курсе вузов (а возможно, и в старших классах

общеобразовательных учреждений) специальную учебную дисциплину, знакомящую с принципами рационального питания. Кроме этого, необходимо обеспечить студентов качественным питанием в столовых и буфетах и запретить продажу алкоголесодержащих напитков [10, с. 24].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Поздеева Т. В.** Научное обоснование концепции и организационной модели формирования здоровьесберегающего поведения студенческой молодежи : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2008. 45 с. URL: <http://medical-diss.com/docreader/244479/a?#?page=1>.
2. Здоровое питание как стратегический фактор комплексной реабилитации [Электронный ресурс]. URL: [http://pfcor.opitani.ru/articles/health\\_food\\_strategy.shtml](http://pfcor.opitani.ru/articles/health_food_strategy.shtml) (дата обращения: 08.08.2015).
3. **Тутельян В. А.** Биологически активные добавки в питании человека (оценка качества и безопасности, эффективность, характеристика, применение в профилактической и клинической медицине) [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.elena19.ru/lenta/show/id/84> (дата обращения: 08.08.2015).
4. **Березутский Ю. В., Халикова С. С.** Самоохранительное поведение студентов: ценностный ресурс здоровья или декларация [Электронный ресурс]. URL: <http://vlastdviu.ru/download/rio/j2010-4/23.doc> (дата обращения: 08.08.2015).
5. **Блинова Е. Г.** Роль системы Социально-гигиенического мониторинга в сохранении здоровья студентов высшей школы // Мат-лы I конгресса Российского общества школьной и университетской медицины и здоровья. М. : Изд-во НИЦЗД РАМН, 2008. С. 29–30. URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=639809>.
6. МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ», 28.12.2008. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200076084>.
7. **Журавлева И. В.** Здоровье подростков: социологический анализ. М. : Изд-во ИС РАН, 2002. 240 с. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2004/0145/biblio02.php>.
8. Исследование культуры питания студентов вузов – одного из факторов формирования здоровья / О. П. Балыкова [и др.] // Интеграция образования. 2012. № 2. С. 56–59. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kultury-pitaniya-studentov-vuzov-odnogo-iz-faktorov-formirovaniya-zdorovya.pdf>.
9. **Ушакова Я. В.** Практики самоохранительного поведения студенческой молодежи: социологический анализ : автореф. дис. ... степ. канд. социологических наук. Н. Новгород, 2010. 29 с. URL: <http://www.unn.ru/pages/diss/688.pdf>.
10. **Сысоева О. В.** Социально-гигиенические аспекты формирования здоровьесохраняющего поведения студентов высших учебных заведений (на примере Хабаровского края) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Хабаровск, 2009. 24 с. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/454186.html>.

*Поступила 12.05.2015 г.*

*Об авторах:*

**Блинов Дмитрий Сергеевич**, заведующий кафедрой общественного здоровья, организации здравоохранения и фармации с курсами гигиены Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, доцент, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8385-4356>, [blinov-pharm@yandex.ru](mailto:blinov-pharm@yandex.ru)

**Чернова Наталья Николаевна**, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия,



г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат педагогических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0165-4706>, [chernovanatascha@yandex.ru](mailto:chernovanatascha@yandex.ru)

**Балыкова Оксана Павловна**, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3921-4930>, [balykova.oxana@yandex.ru](mailto:balykova.oxana@yandex.ru)

**Ляпина Светлана Анатольевна**, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8290-9418>, [Lyapina13sveta@yandex.ru](mailto:Lyapina13sveta@yandex.ru)

**Смирнова Оксана Александровна**, старший преподаватель кафедры анестезиологии и реаниматологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0153-3605>, [oa-smirnova@mail.ru](mailto:oa-smirnova@mail.ru)

**Китаева Людмила Ивановна**, ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2509-1036>, [nik-ita\\_kit@mail.ru](mailto:nik-ita_kit@mail.ru)

## REFERENCES

1. Pozdeyeva TV. Nauchnoye obosnovaniye kontseptsii i organizatsionnoy modeli formirovaniya zdorovyeberegayushchego povedeniya studencheskoy molodezhi [Scholarly substantiation of the concept and organizational model of the formation of health-behavior of students]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Moscow; 2008. Available from: <http://medical-diss.com/docreader/244479/a?#?page=1>.

2. Zdorovoye pitaniye kak strategicheskii faktor kompleksnoy reabilitatsii [Healthy food as a strategic factor for complex rehabilitation] [Electronic resource]. Available from: [http://pfcop.opitaniy.ru/articles/health\\_food\\_strategy.shtml](http://pfcop.opitaniy.ru/articles/health_food_strategy.shtml). (In Russ.)

3. Tutyelyan VA. Biologicheski aktivnyye dobavki v pitanii cheloveka (otsenka kachestva i bezopasnosti, effektivnost, kharakteristika, primeneniye v profilakticheskoy i klinicheskoy meditsine) [Dietary supplements in human nutrition (assessment of quality and safety, efficiency, characteristics, application in preventive and clinical medicine)] [Electronic resource]. Available from: <http://ru.elena19.ru/lenta/show/id/84>. (In Russ.)

4. Berezutskiy YuV, Khalikova SS. Samosokhranitelnoye povedeniye studentov: tsennostnyy resurs zdorovya ili deklaratsiya [Self-preservation behavior of students: value life or health declaration] [Electronic resource]. Available from: <http://vlastdviu.ru/download/rio/j2010-4/23.doc>. (In Russ.)

5. Blinova YeG. Rol sistemy sotsialno-gigienicheskogo monitoringa v sokhraneni zdorovya studentov vysshey shkoly [The role of social and hygienic monitoring in maintaining the health of high school students]. *Materialy I kongressa Rossiyskogo obshchestva shkolnoy i universitetskoy meditsiny i zdorovya* = Proceedings of 1<sup>st</sup> Congress of the Russian Society for School and University Medicine and Health. Moscow: NTZD RAMN; 2008:29-30. Available from: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=639809>. (In Russ.)

6. MR 2.3.1.2432-08 “Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya RF”, 28.12.2008 [Guidelines “Physiological norms for energy and nutrients for different groups of population in the Russian Federation” December 28, 2008]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200076084>. (In Russ.)

7. Zhuravleva IV. Zdorovye yunoshey: sotsiologicheskii analiz [Health youth: sociological analysis]. Moscow: IS RAN Publ; 2002. Available from: <http://demoscope.ru/weekly/2004/0145/biblio02.php>. (In Russ.)

8. Balykova OP, et al. Issledovaniye kultury pitaniya studentov vuzov – odnogo iz faktorov formirovaniya zdorovya [Study on eating habits of students as a factor in ensuring students' good health]. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2012; 2:56-59. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kultury-pitaniya-studentov-vuzov-odnogo-iz-faktorov-formirovaniya-zdorovya.pdf>. (In Russ.)





9. Ushakova YaV. Praktiki samosokhranitel'nogo povedeniya studencheskoy molodezhi: sotsiologicheskiy analiz [Practice self-preservation behavior of student's youth: sociological analysis]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). N. Novgorod; 2010. Available from: <http://www.unn.ru/pages/disser/688.pdf>. (In Russ.)

10. Sysoyeva OV. Sotsialno-gigiyenicheskiye aspekty formirovaniya zdorovyesokhranyayushchego povedeniya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy (na primere Khabarovskogo kraya) [Socially-hygienic aspects of formation of health-preserving behavior of students in higher education (in the example of Khabarovsk territory)]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Khabarovsk; 2009. Available from: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/454186.html>. (In Russ.)

*Submitted 12.05.2015*

*About the authors:*

**Dmitry Blinov**, head of Public Health, Health Organization and Pharmacy chair with a course of hygienics, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8385-4356>**, [blinov-pharm@yandex.ru](mailto:blinov-pharm@yandex.ru)

**Natalya Chernova**, associate professor of Normal and Pathological Physiology chair with a course of hygienics, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0165-4706>**, [chernovanatascha@yandex.ru](mailto:chernovanatascha@yandex.ru)

**Oksana Balykova**, associate professor of Normal and Pathological Physiology chair with a course of hygienics, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3921-4930>**, [balykova.oxana@yandex.ru](mailto:balykova.oxana@yandex.ru)

**Svetlana Lyapina**, associate professor of Normal and Pathological Physiology chair with a course of hygienics, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Biology), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8290-9418>**, [Lyapina13sveta@yandex.ru](mailto:Lyapina13sveta@yandex.ru)

**Oksana Smirnova**, senior lecturer of Anesthesiology and Reanimatology chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0153-3605>**, [oa-smirnova@mail.ru](mailto:oa-smirnova@mail.ru)

**Lyudmila Kitayeva**, assistant of Normal and Pathological Physiology chair with a course of hygienics, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2509-1036>**, [nik-ita\\_kit@mail.ru](mailto:nik-ita_kit@mail.ru)

## РЕЗУЛЬТАТЫ НЕОТЛОЖНОЙ КОРОНАРОАНГИОГРАФИИ И АНГИОСТЕНТИРОВАНИЯ ПРИ ОСТРОМ КОРОНАРНОМ СИНДРОМЕ

В. И. Давыдкин<sup>1</sup>, М. Д. Романов<sup>1</sup>, М. Ф. Ерзин<sup>2</sup>, А. А. Ковалев<sup>2</sup>,  
В. В. Махров<sup>2</sup>, Ю. Н. Тарасова<sup>3</sup>, В. Н. Шумкин<sup>2</sup>,  
М. А. Тулгаева<sup>2</sup>, С. М. Названов<sup>1</sup>, А. А. Бетяев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

<sup>2</sup>ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4»  
(г. Саранск, Россия)

<sup>3</sup>Региональный сосудистый центр Республики Мордовия  
(г. Саранск, Россия)

Острый коронарный синдром является одной из ведущих причин госпитализации и высокой летальности. До настоящего времени продолжается дискуссия относительно выбора способа его лечения, информативности различных способов диагностики. Цель исследования – изучить диагностические возможности неотложной коронароангиографии и эффективность транслюминальной баллонной ангиопластики со стентированием при остром коронарном синдроме (ОКС) с подъемом и без подъема сегмента ST.

### *Результаты исследования*

У пациентов с ОКС с подъемом ST (ОКСпST) сократительная способность миокарда была лучше после тромболитической терапии, которая целесообразна в первые 2 часа с момента появления ангинозных болей. Однако следует отметить, что в этой группе пациентов чаще, чем в группе пациентов с ОКС без подъема сегмента ST (ОКСбпST), встречались нарушения локальной сократимости. В обеих группах риск неблагоприятного исхода зависел не от числа пораженных сосудов, а от варианта синдрома: гемодинамически значимые стенозы артерий значительно чаще выявлялись у пациентов с ОКСпST. При ОКСбпST достоверной разницы в сократительной способности миокарда и в уровне риска неблагоприятного исхода по шкале GRACE в группах с одно- и двусосудистым поражением коронарного русла получено не было. При наличии гемодинамически значимых стенозов по данным экстренной коронароангиографии показана экстренная баллонная ангиопластика со стентированием. При технической невозможности ее проведения (чрезмерная извитость, окклюзия, стеноз устья ствола ЛКА и др.) целесообразно выполнение экстренных шунтирующих операций.

### *Обсуждение и заключения*

При анализе результатов лечения было выявлено, что своевременная транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика со стентированием в сочетании с тромболитической терапией способствовала улучшению не только сократительной способности миокарда, но и результатов эндоваскулярных вмешательств, а также снижению риска как госпитальной, так и 6-месячной летальности. Таким образом, только комплексный подход к оказанию медицинской помощи позволит снизить частоту развития некроза сердечной мышцы, улучшить результаты лечения и качество жизни больных при ОКС.

**Ключевые слова:** острый коронарный синдром, стенокардия, коронароангиография, ангиопластика, стентирование, реваскуляризация миокарда, тромболизис



**Благодарности:** Оснащение лаборатории кафедры госпитальной хирургии было проведено за счет средств Программы развития ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева» на 2010–2019 гг. (утв. приказом Минобрнауки России от 09 июля 2010 г. № 757).

**Для цитирования:** Результаты неотложной коронароангиографии и ангиоентертирования при остром коронарном синдроме / В. И. Давыдкин [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 98–121. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.098-121

## THE RESULTS OF URGENT CORONARY ANGIOGRAPHY AND STENTING IN THE ACUTE CORONARY SYNDROME

**V. I. Davydkin<sup>a</sup>, M. D. Romanov<sup>a</sup>, M. F. Yerzin<sup>b</sup>,  
A. A. Kovalev<sup>b</sup>, V. V. Makhrov<sup>b</sup>, Yu. N. Tarasova<sup>c</sup>,  
V. N. Shumkin<sup>b</sup>, M. A. Tultayeva<sup>b</sup>,  
S. M. Nazvanov<sup>a</sup>, A. A. Betyayeva<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

<sup>b</sup>*Republic Clinical Hospital no. 4 (Saransk, Russia)*

<sup>c</sup>*Regional Vascular Centre of the Republic of Mordovia (Saransk, Russia)*

The acute coronary syndrome is a major cause of hospitalization and high mortality rates. For many there have been ongoing debates years over the treatment method choice and various diagnostic methods.

*The purpose of the research* is to investigate the diagnostic capabilities of emergency coronary angiography and efficacy of transluminal balloon angioplasty with stenting for acute coronary syndrome with lifting and without ST elevation.

### *Results*

In patients with ACS with ST-segment elevation myocardial contractility was better after thrombolytic therapy, which is appropriate over the first 2 hours of the onset of anginal pain. However, in the group of the patients with ACS with ST-segment elevation violations of local contractility was more common than in the group of patients with ACS without ST-segment elevation. In both groups of patients with ACS the risk of unfavorable outcome did not depend on the number of affected vessels, but on a variant of the syndrome (elevation or without ST elevation). In patients with ACS with ST-segment elevation was significantly more frequently identified hemodynamically significant stenosis of the arteries. In ACS without ST-segment elevation no statistically significant difference in myocardial contractility and risk of unfavorable outcome on the scale of GRACE in groups with single and biarterial coronary disease not obtained. In the case of significant stenoses diagnosed through emergency coronary angiography, emergency balloon angioplasty with stenting is indicated. When there is technical impossibility of angioplasty (excessive tortuosity, occlusion, stenosis of the left main coronary artery, etc.), it is advisable to perform emergency bypass surgery.

### *Discussion and Conclusions*

The analysis of the treatment results it revealed that timely percutaneous transluminal coronary angioplasty with stenting in combination with thrombolytic therapy has contributed significantly to improving not only contractility, but also the results of endovascular interventions and reducing the risk of both in-hospital and 6-month mortality. Therefore, only the integrated approach to the delivery of health care will reduce the incidence of necrosis of the heart muscle and improve the treatment results and the quality of the life of patients with ACS.

**Keywords:** acute coronary syndrome, angina pectoris, coronary angiography, angioplasty, stenting, myocardial revascularization, thrombolysis



**Acknowledgements:** Laboratory equipment of the Chair of Hospital Surgery was carried out at expense of the Program of development of the Ogarev Mordovia State University in 2010–2019, approved by Order no. 757 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation of July 09, 2010.

**For citation:** Davydkin VI, Romanov MD, Yerzin MF, Kovalev AA, Makhrov VV, Tarasova YuN, Shumkin VN, Tultayeva MA, Nazvanov SM, Betyayev AA. The results of urgent coronary angiography and stenting in the acute coronary syndrome // *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):98-121. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.098-121

## Введение

В Российской Федерации болезни системы кровообращения, и прежде всего, острый коронарный синдром (ОКС), широко распространены и в 56,7 % случаев являются причиной смертности населения, а также ведущей причиной инвалидизации [1–9]. ОКС – симптомокомплекс, включающий группу клинических признаков, которые указывают на вероятный острый инфаркт миокарда (ИМ), ИМ с подъемом или без подъема сегмента ST, ИМ, диагностированный по изменениям ферментов, другим биомаркерам, поздним ЭКГ-признакам [10–12]. При этом самым частым из всех клинических проявлений ОКС является нестабильная стенокардия, составляющая около 75–80 % всех эпизодов острой коронарной недостаточности (ОКН) [13].

В настоящее время большинство авторов считают, что ОКС с подъемом ST (ОКСпST) является показанием к срочному первичному чрескожному коронарному вмешательству (пЧКВ) [14–16], прежде всего в группе пациентов с высоким риском [8; 17–19]. В европейских странах все больше пациентов подвергается данному виду лечения, а не медикаментозной терапии и коронарному шунтированию [20]. При выполнении ЧКВ удается достичь полного восстановления кровотока у 95 % пациентов [21–22].

Ряд авторов считает, что срочное пЧКВ показано также при ОКС без подъема ST (ОКСбпST). Восстановленные миокардиальная перфузия и коронарная гемодинамика приводят

к стабилизации клинических симптомов (часто – к их полному устранению), снижению частоты возникновения ИМ с элевацией сегмента ST, аневризма левого желудочка (ЛЖ), опасных для жизни нарушений сердечного ритма и внезапной коронарной смерти [23–24].

Однако возможности применения пЧКВ в РФ нередко бывают ограничены рядом объективных причин, что вынуждает проводить отбор пациентов, несмотря на отсутствие для этого четких критериев [10]. Проблема выбора способа лечения приобрела особую важность в связи с внедрением тромболитической терапии (ТЛТ) на догоспитальном этапе [22; 25–28], причем нередко тем пациентам, которые могли бы получить пЧКВ [29].

При этом основными недостатками системного тромболитика являются высокий риск серьезных геморрагических осложнений (у 3–20 % пациентов) и высокая частота случаев неполноценного восстановления кровотока в бассейне пораженной артерии. Геморрагические осложнения могут возникать как в первые часы, так и через несколько дней после операции [30–32].

Таким образом, интервенционная терапия больных с ОКС остается одной из актуальных проблем современной кардиологии с учетом стратификации риска. До настоящего времени не существует однозначного взгляда на тактику ведения больных, выбор способа лечения, полноту реваскуляризации и время ее проведения у пациентов, перенесших ОКСпST, которые поступили в стационар в разные



сроки и с разной клинической картиной заболевания [6].

Для оценки частоты и распространенности поражений коронарных артерий, эффективности методов диагностики и уточнения показаний к эндоваскулярным вмешательствам в зависимости от данных коронарографии и предпринято данное исследование.

**Цель исследования** – изучить диагностические возможности неотложной коронароангиографии и эффективность транслюминальной баллонной ангиопластики со стентированием при ОКСпST и ОКСбпST.

### Материалы и методы исследования

Под нашим наблюдением находилось 110 пациентов, поступивших с синдромом коронарной недостаточности в Региональный сосудистый центр г. Саранск за 2014–2015 гг. Их возраст колебался от 34 до 84 лет (из них 9,2 % были в возрасте до 45 лет; 47,3 % – от 45 до 60; 43,5 % – старше 60). Средний возраст среди мужчин составил  $57,5 \pm 1,65$  г., среди женщин –  $69,4 \pm 2,12$  г.

Данный возрастной ценз пациентов указывает на преобладание ОКС у лиц трудоспособного и наиболее активного возраста (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

**Распределение пациентов по возрасту и варианту ОКС**  
**Distribution of patients by age and variant ACS**

Вариант ОКС / Variant ACS	До 45 лет / Under 45 years		45–60 лет / 45–60 years		Старше 60 лет / Over 60 years		Всего / Total	
	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%
ОКСпST / ACS with ST-segment elevation	9	8,3	45	41,7	34	31,5	88	81,5
ОКСбпST / ACS without ST-segment elevation	1	0,9	6	5,6	13	12,0	20	18,5
Всего / Total	10	9,2	51	47,3	47	43,5	110	100,0

Все больные с ОКН по диагнозу были разделены на 2 группы: с ОКСпST (n = 88) и ОКСбпST (n = 22).

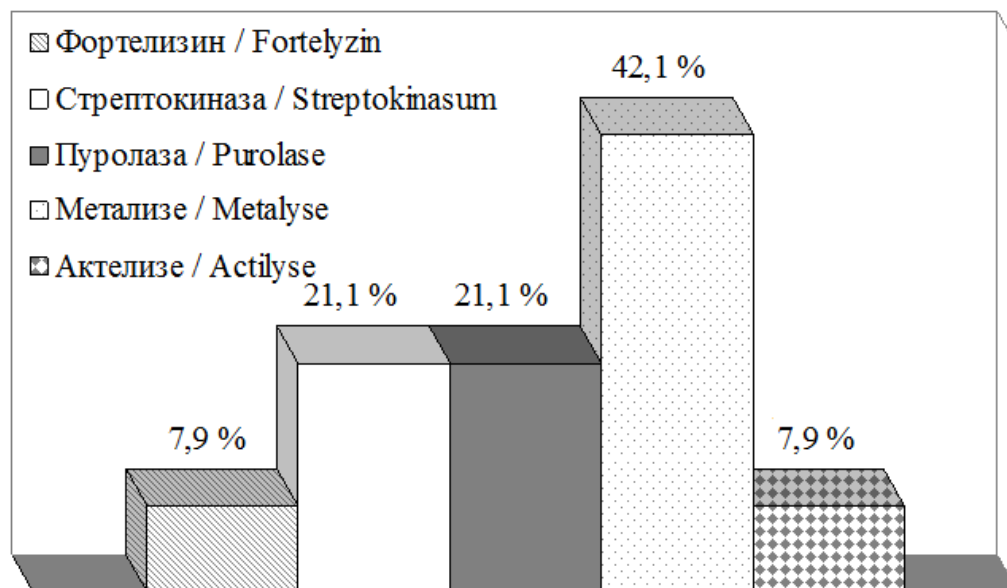
ОКСпST был отмечен у 81,5 %, ОКСбпST – у 18,5 %; средний возраст пациентов 1 группы составил  $51,20 \pm 1,98$  г, 2 –  $68,90 \pm 0,88$  г.

В группе пациентов с ОКСпST 38 пациентам (35,2 %) была проведена догоспитальная тромболитическая терапия (группа А); 50 пациентам (46,3 %) она проведена не была в связи с противопоказаниями (инсульт, закрытая черепно-мозговая травма, наличие операций в последние три недели, кровотечения, язвенная болезнь в анамне-

зе, прием антикоагулянтов непрямого действия) (группа Б).

Частота использования препаратов для проведения системного догоспитального тромболитического представлена на рис. 1.

Среди пациентов с проведенным догоспитальным тромболитическим 27 человек (71,1 %) поступили в сосудистый центр из других стационаров, а 11 (28,9 %) – первично. Среди пациентов, которым ТЛБАП была проведена в первый раз, 32 человека (64 %) поступили непосредственно в сосудистый центр, 18 (36 %) – из других стационаров.



Р и с. 1. Частота применения препаратов для проведения догоспитальной тромболитической терапии у пациентов с ОКСпST

F i g. 1. Frequency of medicament use for prehospital thrombolytic therapy in ACS with ST-segment elevation patients

Средний срок поступления пациентов с ОКСпST в сосудистый центр от начала болевого синдрома составил  $8,00 \pm 2,12$  ч, с ОКСбпST –  $6,00 \pm 1,46$  ч, что превышает рекомендуемые сроки госпитализации для эндоваскулярной хирургии и реперфузионной терапии.

Эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась на цифровых ультразвуковых системах экспертного класса «Vivid-7 GE» фирмы «Toshiba SS – 660A» (на базе регионального сосудистого центра) и «Toshiba Aplio 400» (на базе лаборатории кафедры госпитальной хи-



рургии). Для оценки систолической и диастолической функции были измерены и рассчитаны конечный диастолический (КДО) и конечный систолический (КСО) объемы ЛЖ, его фракция выброса (ФВ) и ударный объем (УО), а также определены наличие и тип диастолической дисфункции.

ЭхоКГ в первые сутки поступления была выполнена 110 пациентам (100 %), повторная – 106 (96,4 %). Систолическая функция ЛЖ оценивалась показателями ФВ по Симпсону по методике М. К. Рыбакова [23]: нормальная ФВ ( $\geq 55$  %), незначительно сниженная (45–54 %), умеренно сниженная (30–44 %), значительно сниженная ( $< 30$  %). Оценка уровня ФВ у больных с ОКСпСТ была проведена после ТЛТ с ТЛБАП и после ТЛБАП без ТЛТ, а также у больных с ИМ с патологическим зубцом Q и без него. Локальная сократимость миокарда ЛЖ оценивалась по 4-балльной шкале: 1 – нормальная сократимость, 2 – гипокинезия, 3 – акинезия, 4 – дискинезия [Там же].

Диастолическая дисфункция ЛЖ оценивалась по 3 степеням: гипертрофический тип – характеризующийся нарушением релаксацией с нормальным давлением наполнения; псевдонормальный – при начинающемся повышении давления в левом предсердии; рестриктивный – с дальнейшим увеличением жесткости ЛЖ и нарастанием давления в левом предсердии [Там же].

Всем пациентам, вошедшим в исследуемую группу, была проведена коронароангиография на ангиографическом комплексе «Angioscop» фирмы «Siemens» (Германия) на базе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Регионального сосудистого центра. В ходе процедуры оценивались локализация, размеры, протяженность, гемодинамическая значимость поражения, степень атеросклеротического сужения магистральных артерий, а также анатомические

особенности и сосудистая геометрия коронарных артерий. После этого при наличии соответствующих условий выполнялась транслюминальная баллонная ангиопластика со стентированием (ТЛБАС).

До эндоваскулярной процедуры больному вводили гепарин в/в в дозе 100 ед./1 кг массы тела, антиагреганты (аспирин 325 мг) и клопидогрель (нагрузочная доза – 600 мг с последующим приемом по 75 мг/день в течение 1 года). Использовался доступ через бедренную артерию; место доступа анестезировалось раствором новокаина, после чего проводилась пункция бедренной артерии. Через интродьюсер вводились проводник и катетер до устьев коронарных артерий. Затем проводилась селективная коронароангиография. После обнаружения места стенозирования или окклюзии коронарный проводник проводился дистальнее места стеноза или окклюзии, после чего по нему вводился баллонный катетер. Инсуффляция баллона в месте стеноза проводилась под рентгеноскопическим контролем. После сдувания баллона осуществлялась контрольная оценка степени остаточного стеноза (у всех больных она составила  $< 50$  %), затем в место остаточного стеноза устанавливался стент. Во всех случаях был достигнут хороший ангиографический эффект.

В момент поступления для всех пациентов определялся риск неблагоприятного исхода ОКС. Для его стратификации была использована шкала GRACE, которая включает 8 переменных, определенных при поступлении (возраст, частота сердечных сокращений, систолический артериальное давление, концентрация креатинина сыворотки, класс Killip, остановка сердца, наличие отклонения ST-сегмента и повышение сердечных ферментов/маркеров). За определенное значение каждой из этих переменных насчитывались баллы, в зависимости от ко-

личества которых каждому пациенту была присвоена определенная группа риска:

а) группа низкого риска: риск госпитальной смертности – < 1 % (риск 6-месячной смертности – < 3 %), количество баллов по шкале GRACE – < 109;

б) группа среднего риска: риск госпитальной смертности – 1–3 % (риск 6-месячной смертности – 3–8 %), количество баллов по шкале GRACE – 109–140;

в) группа высокого риска: риск госпитальной смертности – > 3 % (риск 6-месячной смертности – > 8 %), количество баллов по шкале GRACE – > 140 [10].

Оценка уровня риска неблагоприятного исхода ОКС была прове-

дена у пациентов с ОКС после ТЛТ с ТЛБАП и после ТЛБАП без ТЛТ, а также у больных с ИМ с патологическим зубцом Q и без него. Статистическая обработка полученных цифровых данных была произведена с помощью пакета программ Microsoft Office.

### Результаты и обсуждение

При анализе электрокардиографических данных было выявлено, что у 88 пациентов с ОКС (80,0 %) был диагностирован подъем сегмента ST; у 68 (61,8 %) – патологический зубец Q. Реже встречались инверсия зубца T (у 47,2 %) и депрессия сегмента ST (реципрокная) (у 34,1 % пациентов) (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

**Электрокардиографическая картина у пациентов с ОКС**  
**ECG pattern in patients with ACS**

Электрокардиографический признак / ECG indication	ОКСбпST / ACS without ST-segment elevation		ОКСнST / ACS with ST-segment elevation	
	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%
Элевация сегмента ST / ST-segment elevation	–	–	88	100,0
Депрессия сегмента ST / ST-segment depression	8	36,5	30	34,1
Патологический зубец Q / Pathological Q-wave	–	–	68	77,3
Инверсия зубца T / T-wave inversion	11	50,0	42	47,2
Отсутствие специфических изменений на ЭКГ / Lack of specific changes	5	27,2	–	–
3–4 отведения / 3–4 abductions	6	27,3	28	31,8
5 и более отведений / 5 or more abductions	11	50,0	56	63,6





В ходе исследования было установлено, что в 36,5 % случаев у пациентов с ОКСбпST встречалась депрессия сегмента ST; у половины пациентов – инверсия зубца T; у 27,2 % – специфических изменений выявлено не было.

Также отметим, что у 63,6 % больных с ОКСпST характерная ЭКГ-картина зарегистрирована в 5 и более отведениях, у 31,8 % – в 3–4 отведениях. Для ОКСбпST ЭКГ-картина была менее специфичной: у 27,2 % пациентов соответствующих изменений выявлено не было; у 27,3 % – выявлены только в 3 отведениях; однако следует добавить, что у 50 % пациентов изменения были все же обнаружены в 5 и более отведениях. Кроме этого, было выявлено, что проведение догоспитальной ТЛТ в группе пациентов с ОКСпST не влияло на частоту развития ИМ с зубцом Q и без него.

При оценке результатов ЭхоКГ наибольшее внимание было уделено показателю ФВ как наиболее важному при оценке систолической функции ЛЖ.

Среди пациентов с ОКСпST нормальная ФВ определялась у 40 пациентов (45,5 %), незначительно сниженная – у 26 (29,5 %), умеренно сниженная – у 22 (25,0 %), значительно сниженной ФВ выявлено не было (табл. 3). Кроме того, при ОКСпST с проведенной догоспитальной ТЛТ нормальная ФВ определялась у 29 пациентов (78,9 %), незначительно сниженная – у 5 (13,2 %), умеренно сниженная – у 4 (7,9 %). В группе с ОКСпST без проведенной догоспитальной ТЛТ ФВ была в норме только у 10 пациентов (20 %), незначительно снижена – у 21 (42 %), умеренно снижена – у 19 (38 %).

Таблица 3

Table 3

**Распределение пациентов с ОКС в зависимости от уровня ФВ при поступлении в стационар**  
**Distribution of patients with ACS, depending on level of PV on admission**

Уровень ФВ / Level of PV	Пациенты с ОКСпST / Patients with ACS with ST-segment elevation			Пациенты с ОКСбпST, абс., % (II группа) / Patients with ACS without ST-segment elevation, abs., % (II group)
	Всего, абс., % (I группа) / Total, abs., % (I group)	С догоспитальной ТЛТ, абс., % (А группа) / With prehospital thrombolysis, abs., % (A group)	Без догоспитальной ТЛТ, абс., % (Б группа) / Without hospital thrombolysis, abs., % (B group)	
≥ 55 %	40 (45,5 %)	30 (78,9 %)*	10 (20 %)	21 (95,5 %)*
44–54 %	26 (24,5 %)	5 (13,2 %)*	21 (42 %)	1 (4,5 %)*
30–43 %	22 (25,0 %)	3 (7,9 %)*	19 (38 %)	–
< 30 %	–	–	–	–
Итого / Total	88	38	50	22

\* – отмечены достоверные различия между группами пациентов с ОКСпST, без ТЛТ, с ТЛТ, с ОКСбпST ( $p < 0,05$ )

\* – significant difference between groups of patients with ACS with and without ST-segment elevation, with and without thrombolytic therapy ( $p < 0,05$ )



Среди пациентов с ОКСбпСТ нормальная ФВ была определена у 21 пациента (95,5 %), незначительно сниженная – у 1 (4,5 %).

Среди пациентов с ОКСбпСТ в большинстве случаев уровень ФВ на момент поступления находился в пределах нормы, тогда как среди пациентов с ОКСпСТ аналогичная ситуация наблюдалась только у 45,5 %. Среди пациентов с ОКСпСТ незначительное и умеренное нарушения уровня ФВ встречалось чаще, чем у пациентов с ОКСбпСТ. Среди пациентов с ОКСпСТ с проведением ТЛБАП без ТЛТ досто-

верно чаще встречалось незначительное и умеренное снижение ФВ, тогда как при проведении ТЛТ показатель ФВ в большинстве случаев находился в пределах нормы. Значительного снижения ФВ у обследуемых пациентов выявлено не было.

При оценке динамики систолической функции миокарда ЛЖ во время пребывания пациентов в стационаре нами были исключены все пациенты с ОКСбпСТ, поскольку нарушение данной функции было отмечено у статистически незначительного числа пациентов (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Table 4

**Значения ФВ у пациентов с ОКСпСТ и ее динамика после проведенного ангиостентирования, %**

**Values of PV in patients ACS with ST-segment elevatio and its dynamics after stenting, %**

Время выполнения эхокардиографии / Moment of echocardiography	Тромболитическая терапия + транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика (группа А, n = 38) / Thrombolytic therapy + transluminal balloon coronary angioplasty (group A, n = 38)	Транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика (группа Б, n = 50) / Transluminal balloon coronary angioplasty (group B, n = 50)
При поступлении / On admission	56,26 ± 1,17	47,7 ± 1,28*
После эндоваскулярных вмешательств / After endovascular interventions	58,25 ± 0,98	49,88 ± 1,12*

\* – отмечены достоверные различия между группами пациентов с ТЛТ и без нее (p < 0,05)

\* – significant differences between the groups of patients with and without thrombolytic therapy (p < 0,05)

При поступлении в стационар у пациентов с ОКСпСТ с проведенным догоспитальным тромболитизмом ФВ была достоверно выше, чем у пациентов без догоспитальной ТЛТ. Аналогичная картина наблюдалась и при повторном выполнении ЭхоКГ: у пациентов с догоспитальной ТЛТ ФВ была более высокой, чем у па-

циентов без нее. Из этого следует, что проведение догоспитальной ТЛТ в данной группе пациентов способствовало повышению уровня ФВ.

Также была проведена оценка зависимости нарушения систолической функции миокарда ЛЖ от развития ИМ с патологическим зубцом Q и без него (табл. 5).



**Значения ФВ у пациентов с ОКСпСТ с транслюминальной баллонной ангиопластикой с проведением догоспитального тромболитика и без него при ИМ с патологическим зубцом Q и без него, %**

**Values of PV in patients with ACS with transluminal balloon angioplasty with or without prehospital thrombolysis on myocardial infarction with or without pathological Q-wave, %**

ИМ / Myocardial infarction	Тромболитическая терапия + транслюминальная баллонная ангиопластика (группа А, n = 38) / Thrombolytic therapy + transluminal balloon angioplasty (group A, n = 38)	Транслюминальная баллонная ангиопластика (группа Б, n = 50) / Transluminal balloon angioplasty (group B, n = 50)
С зубцом Q / With Q-wave	45,94 ± 1,11	56,21 ± 1,24*
Без зубца Q / Without Q-wave	51,8 ± 3,36	57,0 ± 4,4

\* – отмечена достоверные различия между группами с ТЛТ и без нее (p < 0,05)

\* – significant differences between the groups of patients with and without thrombolytic therapy (p < 0,05)

Установлено, что проведение догоспитальной ТЛТ при ИМ с патологическим зубцом Q существенно улучшало сократительную способность ЛЖ, тогда как при ИМ без патологического зубца Q она не менялась. Возможно, это связано с тем, что во втором случае нарушение систолической функции выражено меньше, чем в первом. Достоверных различий между группами пациентов с ИМ с зубцом Q и без него выявлено не было, что свидетельствует об отсутствии зависимости состояния систолической функции ЛЖ от развития ИМ.

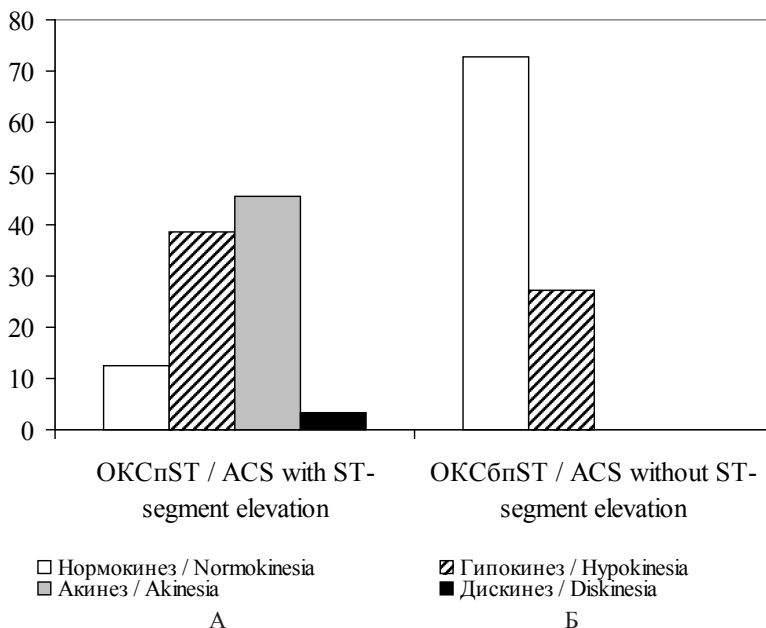
По данным ЭхоКГ также была проведена оценка локальной сократимости пораженных сегментов у пациентов с ОКС. Было выявлено, что у пациентов с ОКСпСТ нормокинез пораженных сегментов встречался в 12,5 % случаев, гипокинез – в 38,6 %, акинез – в 45,5 %, дискинез – в 3,4 %. У пациентов с ОКСбпСТ нормокинез пораженных сегментов встречался в 6 раз чаще, гипокинез – в 1,5 раза

реже, а акинез и дискинез не встречались совсем (рис. 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что группе пациентов с ОКСпСТ нарушения локальной сократимости встречались чаще (87,5 %), чем с ОКСбпСТ (27,3 %), и были тяжелее и выраженнее.

При ОКСпСТ нарушений диастолической функции не было выявлено у 21 пациента (23,7 %), гипертрофическая дисфункция регистрировалась у 64 (72,2 %), псевдонормальная – у 3 (3,4 %). При ОКСбпСТ диастолическая функция была в норме у 9 пациентов (40,9 %), гипертрофический тип диастолической дисфункции регистрировался у 13 (59,1 %). Таким образом, при ОКСпСТ нарушения диастолической функции встречались чаще и носили более выраженный характер, чем при ОКСбпСТ.

Неотложная коронароангиография выявила высокую вариабельность распространенности поражения венечных артерий (табл. 6).



Р и с. 2. Нарушение локальной сократимости у пациентов: А) с ОКСт; Б) ОКСт  
 F i g. 2. Violation of local contractility in patients: А) ACS with ST-segment elevation;  
 Б) ACS without ST-segment elevation

Т а б л и ц а 6

Table 6

**Зависимость варианта синдрома коронарной недостаточности от распространенности поражения венечных артерий**

**Dependence embodiment coronary insufficiency syndrome on prevalence of coronary artery lesions**

Диагноз при поступлении / Diagnosis on admission	1		2		Мультифокальный / Multifocal		Без патологии / Without pathology	
	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%
ОКСт / ACS with ST-segment elevation	73	82,6	14	15,9	1	1,1	0	0,0
ОКСт / ACS without ST-segment elevation	15	68,2	5	22,7	1	4,5	1	4,5
Итого / Total	88	80,0	19	17,3	2	1,8	1	0,9

Примечание: достоверных различий среди групп пациентов с ОКСт и ОКСт выявлено не было

Note: The significant differences among the groups of patients with ACS with ST-segment elevation and ACS without ST-segment elevation weren't found



Однако в данных группах пациентов не было выявлено достоверных различий между вариантом ОКС и числом пораженных сосудов. Оценка зависимости варианта ОКС от степени поражения венечных артерий установила,

что у пациентов с ОКСпST гемодинамически значимый стеноз коронарных артерий выявлялся чаще, чем у пациентов с ОКСбпST; гемодинамически малозначимый стеноз чаще обнаруживался у пациентов с ОКСбпST (табл. 7).

Таблица 7

Table 7

**Зависимость варианта синдрома коронарной недостаточности от степени выраженности коронарного атеросклероза (по данным коронароангиографии)**

**Dependence syndrome variant coronary insufficiency on severity of coronary atherosclerosis (according to coronary angiography)**

Диагноз при поступлении / Diagnosis on admission	Гемодинамически значимый стеноз (> 75 %) / Hemodynamically significant stenosis (> 75 %)		Гемодинамически незначимый стеноз (< 75 %) / Hemodynamically insignificant stenosis (< 75 %)		Патологии в коронарных артериях не выявлено / Pathology in the coronary arteries weren't found		Итого / Total	
	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%	Кол-во, чел. / Number of persons	%
ОКСпST / ACS with ST-segment elevation	87	98,9	1*	1,1	0	0,0	88	80
ОКСбпST / ACS without ST-segment elevation	17*	71,3	4*	18,2	1	4,5	22	20
Итого / Total	104	33,6	5	4,5	1	0,9	110	100

\* – отмечены достоверные различия между группами пациентов с ОКСпST и ОКСбпST ( $p < 0,05$ )

\* – significant differences between the groups of patients with ACS with ST-segment elevation and ACS without ST-segment elevation ( $p < 0,05$ )



В результате анализа локализации патологического процесса в системе коронарных артерий было установлено, что наиболее часто (в 66,4 % случаев) он располагался в бассейне передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ); в бассейне правой коронарной артерии (ПКА) – у 30,9 % больных. Поражение других артерий встречалось не так часто и составило 14,5 % на долю основной артерии (ОА), 5,5 % – на долю ветви тупого края (ВТК) и только 0,9 % –

на долю диагональной артерии (ДА). Были отмечены следующие двусосудистые поражения: ПМЖВ + ОА – у 7 пациентов (6,4 %); ПМЖВ + ПКА – у 5 (4,5 %).

Нами была проведена оценка зависимости значения ФВ и уровня риска у пациентов с ОКС при одно- и двусосудистом поражении коронарного русла (табл. 8). Трехсосудистое поражение отмечено у 2 пациентов, которые не были включены в сравнение.

Т а б л и ц а 8

Table 8

**Изменение показателей ФВ и риска неблагоприятного исхода по GRACE у пациентов с ОКС при одно- и двусосудистом поражении**

**Change the PV parameters and risk of adverse outcomes for GRACE in ACS patients at one-vascular and two-vascular lesion**

Кол-во пораженных сосудов / Number of diseased vessels	ОКСпST / ACS with ST-segment elevation		ОКСбпST / ACS without ST-segment elevation	
	ФВ / PV, %	Кол-во баллов по шкале GRACE / Number of points on scale GRACE	ФВ / PV, %	Кол-во баллов по шкале GRACE / Number of points on scale GRACE
1	52,07 ± 1,09	125,88 ± 3,14	64,27 ± 2,08	113,57 ± 5,59
2	47,71 ± 2,28*	128,93 ± 6,56	65,80 ± 3,73	107,60 ± 3,40

\* – отмечены достоверные различия между группами с одно- и двусосудистым поражением коронарного русла (p < 0,05)

\* – significant differences between the groups with one- and two-vascular coronary disease were marked (p < 0,05)

В группе больных с ОКСпST при наличии достоверной разницы (p < 0,05) в значениях ФВ не было отмечено достоверно значимых различий по риску госпитальной летальности по шкале GRACE.

В группе больных с ОКСбпST достоверной разницы не было выявлено в группах больных с одно- и двусосудистым поражением как по ФВ, так и по уровню риска по шкале GRACE.

В результате распределения пациентов по уровню риска неблагоприятного исхода ОКС было установлено, что большая часть пациентов с ОКСбпST находилась в группах низкого и среднего риска (табл. 8). Кроме этого, в группе с ОКСпST с проведенной догоспитальной ТЛТ большая часть пациентов имела низкий показатель по шкале GRACE, тогда как у пациентов без догоспитального тромбозиса он чаще был средним и высоким.



**Распределение пациентов по уровню риска неблагоприятного исхода после проведения транслюминальной баллонной коронарной ангиопластики при ОКСпСТ и ОКСбпСТ**  
**Distribution of patients by level of risk of adverse outcome after transluminal balloon coronary angioplasty in ACS with ST-segment elevation and ACS without ST-segment elevation**

Степень риска по шкале GRACE / Level of risk on a scale GRACE	ОКСпСТ / ACS with ST-segment elevation		ОКСбпСТ с проведением транслюминальной баллонной ангиопластики / ACS without ST-segment elevation with transluminal balloon angioplasty
	Транслюминальная баллонная ангиопластика / Transluminal balloon angioplasty	Тромболитическая терапия + транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика / Thrombolytic therapy + transluminal balloon coronary angioplasty	
	Кол-во, чел. / Number of persons (%)	Кол-во, чел. / Number of persons (%)	
Низкая / Low	8 (16,0)	29 (76,3) *	10 (45,5)** ,***
Средняя / Average	21 (42,0)	8 (21,1)*	10 (45,5)***
Высокая / High	21 (42,0)	1 (2,6)*	2 (9,1)**
Итого / Total	50	38	22

\* – отмечены достоверные различия между группами ОКСпСТ с ТЛТ и без нее ( $p < 0,05$ ); \*\* – отмечены достоверные различия между группами ОКСпСТ без ТЛТ и группой ОКСбпСТ ( $p < 0,05$ ); \*\*\* – отмечены достоверные различия между группой с ОКСпСТ с ТЛТ и ОКСбпСТ ( $p < 0,05$ )

\* – significant differences between the groups of patients with ACS with ST-segment elevation with and without TLT were marked ( $p < 0,05$ ); \*\* – significant differences between the groups of patients with ACS with ST-segment elevation without TLT and ACS without ST-segment elevation were marked ( $p < 0,05$ ); \*\*\* – significant differences between the groups of patients with ACS with ST-segment elevation with TLT and ACS without ST-segment elevation were marked ( $p < 0,05$ )

В результате анализа было установлено, что у пациентов с ОКСпСТ с ТЛТ достоверно чаще встречался низкий и средний уровни риска, чем в группах с ОКСпСТ без ТЛТ и с ОКСбпСТ. Высокий уровень риска достоверно чаще отмечался у пациентов с ОКСпСТ без ТЛТ.

Кроме этого, мы оценили значения ФВ у пациентов с ОКСпСТ с ТЛТ и без нее с различными уровнями риска по шкале GRACE, а также динамику данного показателя в течение пребывания пациентов в стационаре (табл. 10).

**Значения ФВ в зависимости от уровня риска по шкале GRACE, а также ее динамика у пациентов с ОКСнST**

**PV values depending on level of risk on a scale GRACE, and its dynamics in patients with ACS with ST-segment elevation**

Уровень риска по шкале GRACE / Level of risk on a scale GRACE	Срок госпитализации / Period of hospitalization	Тромболитическая терапия + транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика / Thrombolytic therapy + transluminal balloon coronary angioplasty, %	Транслюминальная баллонная ангиопластика / Transluminal balloon angioplasty
Низкий / Low	При поступлении / On admission	57,21 ± 1,35***	61,63 ± 3,60***
	Повторно / Repeat	57,96 ± 1,12	62,38 ± 3,72
Средний / Average	При поступлении / On admission	52,38 ± 2,79***	49,14 ± 1,07**,***
	Повторно / Repeat	59,00 ± 2,85*	52,43 ± 0,89*,**
Высокий / High	При поступлении / On admission	–	40,76 ± 0,99***
	Повторно / Repeat	–	43,19 ± 0,99*

\* – отмечены достоверные различия ФВ в группах при поступлении и после транслюминальной баллонной коронарной ангиопластики ( $p < 0,05$ ); \*\* – отмечены достоверные различия между группами пациентов после транслюминальной баллонной коронарной ангиопластики с ТЛТ и без нее ( $p < 0,05$ ); \*\*\* – отмечены достоверные различия между группами низкого, среднего и высокого риска по шкале GRACE

\* – significant differences in PV group at admission and after transluminal balloon coronary angioplasty were marked ( $p < 0,05$ ); \*\* – significant difference between groups of patients after transluminal balloon coronary angioplasty with TLT and without it ( $p < 0,05$ ); \*\*\* – significant difference between the groups of low, medium and high risk on a scale GRACE

У пациентов группы низкого риска достоверных различий между значениями ФВ как при поступлении, так и при повторной ЭхоКГ выявлено не было. Это свидетельствует о том, что ТЛТ и ТЛБАП в группе низкого риска не влияли на значение ФВ и ее динамику во время пребывания больных в стационаре.

В группе пациентов среднего уровня риска по шкале GRACE были выявлены достоверные различия между значениями ФВ при поступлении и повторном выполнении ЭхоКГ (как с ТЛТ, так и без нее). Это свидетельствует о том, что в данной группе пациентов проведение догоспитальной ТЛТ улучшало показатели сокра-





тимости миокарда ЛЖ. Кроме того, в данной группе было отмечено достоверное повышение ФВ во время пребывания пациентов в стационаре. Вероятно, восстановление перфузии миокарда способствовало сокращению зоны «оглушенного» миокарда за счет «открытия» как магистрального, так и коллатерального кровотока.

Достоверно оценить значение и динамику ФВ у пациентов высокого риска с ОКСпСТ после ТЛБАП с ТЛТ, к сожалению, не удалось в виду малого числа больных (1 пациент). В группе высокого риска у пациентов с ТЛБАП без ТЛТ было отмечено достоверное увеличение ФВ за период пребывания пациентов в стационаре.

Также были отмечены достоверные различия между группами низкого, среднего и высокого риска. Было установлено, что у пациентов с высоким уровнем риска на момент поступления отмечалось значительное снижение ФВ, в то время как у пациентов с низким уровнем риска ФВ была в норме. Данная закономерность была отмечена в группе пациентов с ТЛБАП как с ТЛТ, так и без нее. Таким образом, снижение ФВ достоверно влияло на уровень риска неблагоприятного исхода ОКС.

У пациентов с ОКСпСТ было проведена оценка зависимости риска неблагоприятного исхода ОКС в группах с вариантами ИМ с патологическим зубцом Q и без него в зависимости от проведения догоспитальной ТЛТ (табл. 11). У пациентов с ИМ с патологическим зубцом Q без ТЛТ средний балл по шкале GRACE равнялся  $142,94 \pm 4,45$ , что соответствует высокому уровню риска неблагоприятного исхода ОКС. У пациентов с ИМ без патологического зубца Q без догоспитальной ТЛТ аналогичный показатель составлял  $132,40 \pm 2,17$ , что соответствует среднему уровню риска. У пациентов с ИМ с патологическим зубцом Q с проведенной догоспитальной ТЛТ –  $108,91 \pm 2,28$  (низкий

уровень риска); с ИМ без патологического зубца Q –  $112,00 \pm 8,07$  (средний уровень риска).

Таким образом, пациенты с проведенной догоспитальной ТЛТ имели достоверно более низкий уровень риска неблагоприятного исхода ОКС, чем пациенты без проведенного догоспитального тромболизиса. Между группами с ИМ с патологическим зубцом Q и без него достоверное снижение риска было в группе пациентов с ТЛБАП, что говорит о необходимости срочной коронароангиографии.

Транслуминальная баллонная коронарная ангиопластика была проведена 108 пациентам с ОКС. Двум пациентам в силу технической невозможности выполнения стентирования было показано аорто-коронарное шунтирование. Всего больным было установлено 178 стентов ( $1,63 \pm 0,68$  на 1 чел.).

Стенты марки «Multilink» (США) установлены 49,1 % пациентам; марки «Resolute Integrity» (Ирландия) – 19,4%; «Nobori» (США) – 18,5 %; «Endeavor» (США), «BioMime» (США) и «Driver» (США) в различных комбинациях – 13,9 %; а комбинация стентов «Skylor», «Promus Element» и «Minvasys» – 5,6 %. Выживаемость больных в ближайшем периоде наблюдения составила 100 %.

Во время проведения ЧКВ у 5 пациентов (4,5 %) развилась фибрилляция предсердий, у 3 (2,7 %) произошло развитие гематомы стенки бедренной артерии, у 2 (1,8 %) возникло артериовенозное соустье, по поводу которого больные были оперированы.

У пациентов с ОКСпСТ развитие некроза миокарда, вероятно, связано с поздней доставкой в стационар, недостаточной реваскуляризирующей эффективностью тромболитической терапии (особенно при полной окклюзии коронарной артерии), развитием реперфузионного синдрома, а также объективными трудностями

в верификации диагноза с помощью биомаркеров некроза миокарда и ЭКГ. Однако у всех пациентов, включенных в клиническое исследование, к концу

госпитализации было отмечено клиническое улучшение состояния, которое подтвердилось функциональными методами диагностики.

Таблица 11

Table 11

**Влияние догоспитальной ТЛТ на риск неблагоприятного исхода у пациентов с ОКСпСТ****Impact of prehospital thrombolytic therapy on risk of an adverse outcome in patients with ACS with ST-segment elevation**

Вариант ИМ / Variant of myocardial infarction	Транслуминальная баллонная ангиопластика без тромболитической терапии (n = 38) / Transluminal balloon angioplasty without thrombolysis (n = 38)	Тромболитическая терапия + транслуминальная баллонная коронарная ангиопластика (n = 50) / Thrombolytic therapy + transluminal balloon coronary angioplasty (n = 50)
С патологическим зубцом Q / With pathological Q-wave	142,94 ± 4,45	108,91 ± 2,28*
Без патологического зубца Q / Without pathological Q-wave	132,40 ± 2,17	112,00 ± 8,07*

\* – отмечены достоверные различия между группами с ТЛТ и без нее ( $p < 0,05$ )

\* – significant differences between the groups with and without thrombolytic therapy were marked ( $p < 0,05$ )

После проведенных рентгенэндоваскулярных методов лечения все пациенты получали медикаментозную терапию. Антитромбоцитарную терапию (аспирин, клопидогрель и их производные) получали 100 % пациентов (из них бикомпонентную терапию – 77,8 %); гиполипидемические средства – 98 пациентов (89,1 %);  $\beta$ -адреноблокаторы – 55 (50 %), антагонисты кальция – 48 (43,6 %).

**Заключение**

Для улучшения результатов лечения ОКС чрезвычайно важна организация своевременной доставки пациентов в региональные сосудистые центры (в первые 1–2 ч с момента появления ангинозного приступа). Положи-

тельный эффект раннего системного тромболитического у больных с ОКСпСТ заключается в восстановлении кровотока и обратном развитии ИМ, а эффект от отсроченного тромболитического позволяет уменьшить зону некроза миокарда и предотвратить формирование аневризмы и сердечной недостаточности [33]. Однако ряд авторов связывают с применением системного тромболитического феномен реперфузионного повреждения, который обусловлен активацией свободнорадикального окисления, и феномен «no-reflow» капилляров. Эти осложнения системного тромболитического могут приводить к увеличению частоты развития аритмий и коагулопатий потребления



в первые трое суток ОКС, состоянию «оглушенного» миокарда и ишемическому апоптозу кардиомиоцитов [34]. Тем не менее всем пациентам с ОКС показана экстренная коронароангиография в сочетании с комплексной медикаментозной и тромболитической терапией. При наличии гемодинамически значимых стенозов показана экстренная баллонная ангиопластика со стентированием. При технической невозможности ангиостентирования (чрезмерная извитость, окклюзия, стеноз устья ствола ЛКА и др.) целесообразно выполнение экстренных шунтирующих операций.

Своевременная коронарная реканализация позволит значительно уменьшить зону повреждения миокарда и улучшить ближайший и отдаленный результат и снизить риск неблагоприятного прогноза. Установлено, что для больных с длительностью ангинозного приступа 60–90 мин эффект ТЛБАП более значим и ассоциируется с 85–90 % положительных исходов [5; 13].

Таким образом, только комплексный подход к оказанию медицинской помощи позволит снизить частоту развития некроза сердечной мышцы, улучшить результаты лечения и качество жизни больных при ОКС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. К вопросу о факторах риска острого коронарного синдрома в Мордовии / А. А. Александровский [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2009. Т. 8, № 6 S1. С. 17. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=12986443>.
2. Кардиологические публикации – конспект с комментариями / А. А. Александровский [и др.] // Российский кардиологический журнал. 2011. № 6. С. 105–108. URL: [http://cardio.medi.ru/66\\_110617a.htm](http://cardio.medi.ru/66_110617a.htm).
3. Распространенность вариантов ишемической болезни сердца в Мордовии / А. А. Александровский [и др.] // Российский кардиологический журнал. 2011. № 3. С. 66–72. URL: [http://cardio.medi.ru/66\\_110306a.htm](http://cardio.medi.ru/66_110306a.htm).
4. Стандарты Минздрава России и ошибки врачей Мордовии / А. А. Александровский [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2014. Т. 13, № S 2. С. 7–8. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21719340>.
5. **Грацианский Н. А.** Лечение острого коронарного синдрома без подъема сегмента ST на ЭКГ: Основные положения рекомендаций всероссийского научного общества кардиологов // Consilium Medicum. 2005. Т. 7, № 5. С. 401–408. URL: [http://con-med.ru/magazines/consilium\\_medicum/consilium\\_medicum-05-2005/lechenie\\_ostrogo\\_koronarnogo\\_sindroma\\_bez\\_podema\\_segmenta\\_st\\_na\\_ekg\\_osnovnye\\_polozheniya\\_rekomendats](http://con-med.ru/magazines/consilium_medicum/consilium_medicum-05-2005/lechenie_ostrogo_koronarnogo_sindroma_bez_podema_segmenta_st_na_ekg_osnovnye_polozheniya_rekomendats).
6. **Соколов М. Ю., Студзинская М. И.** Острый коронарный синдром без стойкой элевации сегмента ST: особенности интервенционной терапии // Украинский кардиологический журнал. 2013. № 5. С. 14–26. URL: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ukzh\\_2013\\_5\\_3.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ukzh_2013_5_3.pdf).
7. Острый коронарный синдром: прошлое и настоящее / З. Х. Шугушев [и др.] // Земский врач. 2014. № 1 (22). С. 31–36. URL: [http://logospress-med.ru/data/zvrach/pdf\\_zvrach/pdf\\_zvrach\\_2014/Zvr-nomer1-2014.pdf](http://logospress-med.ru/data/zvrach/pdf_zvrach/pdf_zvrach_2014/Zvr-nomer1-2014.pdf).
8. Российский регистр острых коронарных синдромов / Д. А. Эрлих [и др.] // Атеротромбоз. 2009. № 1 (2). С. 111–119. URL: <http://www.clinvest.su/articles/ater-2009-01-10.pdf>.
9. Impact of prehospital delay on mortality in patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty and intravenous thrombolysis / R. Zahn [et al.] // American Heart Journal. 2001. Vol. 142 (1). P. 105–111. doi: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2001.115585>
10. Лечение острого коронарного синдрома без стойкого подъема сегмента ST на ЭКГ. Российские рекомендации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика : Приложение. 2006. Т. 5, № 8 S1. С. 6. URL: <http://www.athero.ru/rusrecom-NSTEACS-06.pdf>.

11. Жукова Ю. В., Никитин Ю. П., Масычева В. И. Современные представления об остром коронарном синдроме // Бюл. СО РАМН. 2008. Т. 48, № 1 (129). С. 41–43. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-predstavleniya-ob-ostrom-koronarnom-sindrome.pdf>.
12. ACC/AHA guidelines and indications for coronary artery bypass graft surgery a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Coronary Artery Bypass Graft Surgery) // Journal of the American College of Cardiology. 1999. Vol. 34 (4). P. 1262–1341. doi:10.1016/S0735-1097(99)00389-7
13. Грацианский Н. А. Острый коронарный синдром без подъемов сегмента ST // Доктор.Ру. 2009. № 3 (47). С. 16–22. URL: <http://www.medicina-journal.ru>; Диагностика и лечение больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы / М. Я. Руда [и др.] // Кардиологический вестник. 2014. Т. IX, № 4. С. 3–60. URL: [http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest\\_4\\_2014.pdf](http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest_4_2014.pdf).
14. Алимов Д. А. Гемодинамическая эффективность баллонной ангиопластики со стентированием инфаркт-зависимой коронарной артерии // Вестник экстренной медицины. 2010. № 4. С. 52–56. URL: <http://www.med.uz/emergency/association/magazines/2009/04>.
15. Трехлетний опыт работы регистра больных с острым коронарным синдромом в региональных сосудистых центрах и первичных сосудистых отделениях / Е. В. Ощепкова [и др.] // Кардиологический вестник. 2012. Т. VII (XIX), № 1. С. 5–9. URL: <http://cardio-it.ru/kardvest-2012-1>.
16. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC) // European Heart Journal. doi:10.1093/eurheartj/ehs215
17. Эрлих А. Д. Возможность отбора пациентов для первичного инвазивного вмешательства при ОКС с подъемом сегмента ST при помощи модифицированной шкалы «Рекорд» // Трудный пациент. 2013. Т. 11, № 7. С. 36–39. URL: <http://t-pacient.ru/articles/7792>.
18. High-risk patients with ST-elevation myocardial infarction derive greatest absolute benefit from primary percutaneous coronary intervention: Result from Primary Coronary Angioplasty Trialist Versus Thrombolysis (PCAT)-2 Collaboration / S. de Boer [et al.] // American Heart Journal. 2011. Vol. 161 (3). P. 500–507. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2010.11.022>
19. Invasive treatment of ST-elevation acute coronary syndrome in Russian hospitals is predominantly used in low risk patients: abstract 18692 / A. D. Erlikh [et al.] // American Heart Association scientific session. 2012. URL: <http://athero.ru/Erlikh-abstr-AHA2012.pdf>.
20. A randomized trial of late reperfusion therapy for acute myocardial infarction Thrombolysis and Angioplasty in Myocardial Infarction-6 Study Group / E. J. Topol [et al.] // Circulation. 1992. Vol. 85 (6). P. 2090–2099. doi:10.1161/01.CIR.85.6.2090
21. Никифоров Ю. В., Спирочкин Д. Ю. Обезболивание при остром коронарном синдроме // Российский кардиологический журнал. 2004. № 2. С. 46. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=107919>.
22. Risk reduction for cardiac events after primary coronary intervention compared with thrombolysis for acute ST elevation myocardial infarction (five year results of the Swedish early decision reperfusion strategy [SWEDES] trial) / M. Aasa [et al.] // American Journal of Cardiology. 2010. Vol. 106 (12). P. 1685–1691. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.07.048>
23. Relation between symptom duration before thrombolytic therapy and final myocardial infarct size / M. H. Raitt [et al.] // Circulation. 1996. Vol. 93 (1). P. 48–53. doi:10.1161/01.CIR.93.1.48
24. Rawles J. M. Quantification of the Benefit of Earlier Thrombolytic Therapy: Five-Year Results of the Grampian Region Early Anistreplase Trial (GREAT) // Journal of the American College of Cardiology. 1997. Vol. 30. P. 1181–1186. doi: 10.1016/S0735-1097(97)00299-4
25. Рудой А. С. Место клопидогреля в двойной антитромбоцитарной терапии острого коронарного синдрома с подъемом сегмента ST к 2014 году // Военная медицина. 2014. № 2. С. 123–128. URL: <http://www.bsmu.by/militarymedicine/7e36588f5c5bc8f79c7b9c6420f441ab>.



26. **Brodie B. R.** When should patients with acute myocardial infarction be transferred for primary angioplasty? // *Heart*. 1997. Vol. 78. P. 327–328. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1892275/pdf/v078p00327.pdf>.

27. Improving clinical outcomes by reducing bleeding in patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes / A. Budaj [et al.] // *European Heart Journal*. 2009. Vol. 30. P. 655–661. doi:10.1093/eurheartj/ehn358

28. Relationship of symptom-onset-to-balloon time and door-to-balloon time with mortality in patients undergoing angioplasty for acute myocardial infarction / C. P. Cannon [et al.] // *JAMA*. 2000. Vol. 283 (22). P. 2941–2947. doi:10.1001/jama.283.22.2941

29. Bivalirudin versus heparin during coronary angioplasty for unstable or postinfarction angina: Final report reanalysis of the Bivalirudin Angioplasty Study / J. A. Bittle [et al.] // *American Heart Journal*. 2001. Vol. 142 (6). P. 952–959. doi: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2001.119374>

30. Associations of major bleeding and myocardial infarction with the incidence and timing of mortality in patients presenting with non-ST-elevation acute coronary syndromes: a risk model from the ACUITY trial / R. Mehran [et al.] // *European Heart Journal*. 2009. Vol. 30 (12). P. 1457–1466. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehp110>

31. Effects of various anticoagulant treatments on von Willebrand factor release in unstable angina / G. Montalescot [et al.] // *Journal of the American College of Cardiology*. 2000. Vol. 36 (1). P. 100–114. doi:10.1016/S0735-1097(00)00695-1

32. Comparison of effects on markers of blood cell activation of enoxaparin, dalteparin, and unfractionated heparin in patients with unstable angina pectoris or non-ST-segment elevation acute myocardial infarction (the ARMADA study) / G. Montalescot [et al.] // *American Journal of Cardiology*. 2003. Vol. 91. P. 925–930. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(03\)00105-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(03)00105-X)

33. Рекомендации по лечению острого коронарного синдрома без стойкого подъема сегмента ST на ЭКГ. : Всероссийское научное общество кардиологов / А. А. Агапов [и др.]. М., 2007. 89 с. URL: <http://www.cito03.ru/kardio/oks.pdf>.

34. Influence of treatment delay on infarct size and clinical outcome in patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty / A. L. Liem [et al.] // *Journal of the American College of Cardiology*. 1998. Vol. 32 (3). P. 629–633. doi:10.1016/S0735-1097(98)00280-0

*Поступила 28.08.2015 г.*

*Об авторах:*

**Давыдкин Василий Иванович**, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, доцент, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4201-9661>, [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Романов Михаил Дмитриевич**, профессор кафедры кафедр госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, [mdromanov@yandex.ru](mailto:mdromanov@yandex.ru)

**Ерзин Марат Фатыхович**, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4» (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Ковалев Андрей Александрович**, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4» (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Махров Валерий Викторович**, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4» (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [MVVmagvai@rambler.ru](mailto:MVVmagvai@rambler.ru)



**Тарасова Юлиана Николаевна**, врач-анестезиолог отделения рентгенхирургических методов диагностики и лечения Регионального сосудистого центра Республики Мордовия (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Шумкин Валерий Николаевич**, заведующий отделением функциональной диагностики ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4» (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Тултаева Марина Александровна**, врач отделения функциональной диагностики ГБУЗ РМ «Республиканская клиническая больница № 4» (Россия, г. Саранск, ул. Ульянова, д. 32 а), [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)

**Названов Святослав Мияйлович**, ординатор кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), [Svyatoi77@yandex.ru](mailto:Svyatoi77@yandex.ru)

**Бетяев Антон Андреевич**, ординатор кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), [bet-anton@yandex.ru](mailto:bet-anton@yandex.ru)

## REFERENCES

1. Aleksandrovskiy AA, et al. K voprosu o faktorakh riska ostrogo koronarnogo sindroma v Mordovii. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* = Cardiovascular Therapy and Prevention. 2009; 8(6):17. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=12986443>. (In Russ.)
2. Aleksandrovskiy AA, et al. Kardiologicheskiye publikatsii – konspekt s kommentariyami [Cardiological publication – a summary with comments]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* = Russian Cardiology Journal. 2011; 6:105-108. Available from: [http://cardio.medi.ru/66\\_110617a.htm](http://cardio.medi.ru/66_110617a.htm). (In Russ.)
3. Aleksandrovskiy AA. Rasprostranennost variantov ishemicheskoy bolezni serdtsa v Mordovii [Prevalence of coronary heart disease variants in Mordovia]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* = Russian Cardiology Journal. 2011; 3:66-72. Available from: [http://cardio.medi.ru/66\\_110306a.htm](http://cardio.medi.ru/66_110306a.htm). (In Russ.)
4. Aleksandrovskiy AA. Standarty Minzdrava Rossii i oshibki vrachey Mordovii [Standards of Russian Ministry of Health and medical errors in Mordovia]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* = Cardiovascular Therapy and Prevention. 2014; 13(S2):7-8. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21719340>. (In Russ.)
5. Gratsianskiy NA. Lecheniye ostrogo koronarnogo sindroma bez podyema segmenta ST na EKG: Osnovnye polozheniya rekomendatsiy vserossiyskogo nauchnogo obshchestva kardiologov [Treatment of the acute coronary syndrome without ST-segment elevation on ECG: Summary of the recommendations of the Russian Scientific Society of Cardiology]. *Consilium Medicum*. 2005; 7(5):401-408. Available from: [http://con-med.ru/magazines/consilium\\_medicum/consilium\\_medicum-05-2005/lechenie\\_ostrogo\\_koronarnogo\\_sindroma\\_bez\\_podema\\_segmenta\\_st\\_na\\_ekg\\_osnovnye\\_polozheniya\\_rekomendats](http://con-med.ru/magazines/consilium_medicum/consilium_medicum-05-2005/lechenie_ostrogo_koronarnogo_sindroma_bez_podema_segmenta_st_na_ekg_osnovnye_polozheniya_rekomendats). (In Russ.)
6. Sokolov MYu, Studzinskaya MI. Ostryy koronarnyy sindrom bez stoykoy elevatsii segmenta ST: osobennosti interventsiyonnoy terapii [Acute coronary syndrome without persistent elevation segment ST: features interventional therapy]. *Ukrainskiy kardiologicheskiy zhurnal* = Ukrainian Journal of Cardiology. 2013; 5:14-26. Available from: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ukzh\\_2013\\_5\\_3.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ukzh_2013_5_3.pdf). (In Russ.)
7. Shugushev ZKh, et al. Ostryy koronarnyy sindrom: proshloye i nastoyashcheye. *Zemskiy vrach* = District Doctor. 2014; 1(22):31-36. Available from: [http://logospress-med.ru/data/zvrach/pdf\\_zvrach/pdf\\_zvrach\\_2014/Zvr-nomer1-2014.pdf](http://logospress-med.ru/data/zvrach/pdf_zvrach/pdf_zvrach_2014/Zvr-nomer1-2014.pdf). (In Russ.)
8. Yerlikh DA, et al. Rossiyskiy registr ostrykh koronarnykh sindromov [Russian Register of acute coronary syndromes]. *Aterotromboz* = Atherothrombosis. 2009; 1(2):111-119. Available from: <http://www.clinvest.su/articles/ater-2009-01-10.pdf>. (In Russ.)
9. Zahn R, et al. Impact of prehospital delay on mortality in patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty and intravenous thrombolysis. *American Heart Journal*. 2001; 142(1):105-111. doi: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2001.115585>



10. Lecheniye ostrogo koronarnogo sindroma bez stoykogo podyema segmenta ST na EKG. Rossiyskiye rekomendatsii [Treatment of acute coronary syndromes without persistent ST-segment elevation on ECG. Russian recommendations]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika: Prilozheniye* = Cardiovascular Therapy and Prevention: Appendix. 2006; 5(8S1):6. Available from: <http://www.athero.ru/rusrecom-NSTEACS-06.pdf>. (In Russ.)

11. Zhukova YuV, Nikitin YuP, Masycheva VI. Sovremennyye predstavleniya ob ostrom koronarnom sindrome [Modern concepts of acute coronary syndrome]. *Byulleten SO RAMN = SD RAMS Bulletin*. 2008; 48,1(129):41-43. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-predstavleniya-ob-ostrom-koronarnom-sindrome.pdf>. (In Russ.)

12. ACC/AHA guidelines and indications for coronary artery bypass graft surgery a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *Journal of the American College of Cardiology*. 1999; 34(4):1262-1341. doi: 10.1016/S0735-1097(99)00389-7

13. Gratsianskiy NA. Ostryy koronarnyy sindrom bez podyemov segmenta ST [Acute coronary syndrome without ST-segment elevation]. *Doktor.Ru*. 2009; 3(47):16-22. Available from: <http://www.medicina-journal.ru>. (In Russ.) ; Ruda MYa, et al. Diagnostika i lecheniye bolnykh ostrym infarktomyokarda s podyemom segmenta ST elektrokardiogrammy [Diagnosis and treatment of patients with acute myocardial infarction with ST-segment elevation of electrocardiogram]. *Kardiologicheskyy vestnik* = Cardiology Bulletin. 2014; 4(9):3-60. Available from: [http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest\\_4\\_2014.pdf](http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest_4_2014.pdf). (In Russ.)

14. Alimov DA. Gemodinamicheskaya effektivnost ballonnoy angioplastiki so stentirovaniyem infarkt-zavisimoy koronarnoy arterii [Hemodynamic efficacy of balloon angioplasty with stenting of the infarct-related coronary artery]. *Vestnik ekstreynoy meditsiny* = Emergency Medicine Bulletin. 2010; 4:52-56. Available from: <http://www.med.uz/emergency/association/magazines/2009/04>. (In Russ.)

15. Oshchepkova YeV, et al. Trekhletniy opyt raboty registra bolnykh s ostrym koronarnym sindromom v regionalnykh sosudistykh tsentrakh i pervichnykh sosudistykh otdeleniyakh. *Kardiologicheskyy vestnik* = Cardiology Bulletin. 2012; 1,7(19):5-9. Available from: <http://cardio-it.ru/kardvest-2012-1>. (In Russ.)

16. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. doi:10.1093/eurheartj/ehs215

17. Erlikh AD. Vozmozhnost otbora patsientov dlya pervichnogo invazivnogo vmeshatylstva pri OKS s podemom segmyenta ST pri pomoshchi modifitsirovannoy shkaly "Rekord" [Ability to select patients for primary invasive intervention in ACS with ST-segment elevation using the modified scale "Record"]. *Trudnyy patsiyent* = Difficult patient. 2013; 11(7):36-39. Available from: <http://t-pacient.ru/articles/7792>. (In Russ.)

18. Boer S. de, et al. High-risk patients with ST-elevation myocardial infarction derive greatest absolute benefit from primary percutaneous coronary intervention: Result from Primary Coronary Angioplasty Trialist Versus Thrombolysis (PCAT)-2 Collaboration. *American Heart Journal*. 2011; 161(3):500-507. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2010.11.022>

19. Erlikh AD, et al. Invasive treatment of ST-elevation acute coronary syndrome in Russian hospitals is predominantly used in low risk patients: abstract 18692. American Heart Association scientific session. 2012. Available from: <http://athero.ru/Erlikh-abstr-AHA2012.pdf>.

20. Topol EJ, et al. A randomized trial of late reperfusion therapy for acute myocardial infarction Thrombolysis and Angioplasty in Myocardial Infarction-6 Study Group. *Circulation*. 1992; 85(6):2090-2099. doi:10.1161/01.CIR.85.6.2090

21. Nikiforov YuV, Spirochkin DYu. Obezbolivaniye pri ostrom koronarnom sindrome [Pain relief in acute coronary syndrome]. *Rossiyskiy kardiologicheskyy zhurnal* = Russian Cardiology Journal. 2004; 2:46. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=107919>. (In Russ.)

22. Aasa M, et al. Risk reduction for cardiac events after primary coronary intervention compared with thrombolysis for acute ST elevation myocardial infarction (five year results of the Swedish early decision



reperfusion strategy [SWEDES] trial). *American Journal of Cardiology*. 2010; 106 (12):1685-1691. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.07.048>

23. Raitt MH, et al. Relation between symptom duration before thrombolytic therapy and final myocardial infarct size. *Circulation*. 1996; 93(1):48-53. doi:10.1161/01.CIR.93.1.48

24. Rawles JM. Quantification of the Benefit of Earlier Thrombolytic Therapy: Five-Year Results of the Grampian Region Early Anistreplase Trial (GREAT). *Journal of the American College of Cardiology*. 1997; 30:1181-1186. doi: 10.1016/S0735-1097(97)00299-4

25. Rudoy AS. Mesto klopidogrelya v dvoynoy antitrombotsitarnoy terapii ostrogo koronarnogo sindroma s podemom segmyenta ST k 2014 godu [Place of clopidogrel dual antiplatelet therapy of acute coronary syndrome with ST segment elevation in 2014]. *Voyennaya meditsina = Military medicine*. 2014; 2:123-128. Available from: <http://www.bsmu.by/militarymedicine/7e36588f5c5bc8f79c7b9c6420f441ab>. (In Russ.)

26. Brodie BR. When should patients with acute myocardial infarction be transferred for primary angioplasty? *Heart*. 1997; 78:327-328. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1892275/pdf/v078p00327.pdf>.

27. Budaj A, et al. Improving clinical outcomes by reducing bleeding in patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes. *European Heart Journal*. 2009; 30:655-661. doi:10.1093/eurheartj/ehn358

28. Cannon CP, et al. Relationship of symptom-onset-to-balloon time and door-to-balloon time with mortality in patients undergoing angioplasty for acute myocardial infarction. *JAMA*. 2000; 283(22):2941-2947. doi:10.1001/jama.283.22.2941

29. Bittle JA, et al. Bivalirudin versus heparin during coronary angioplasty for unstable or postinfarction angina: Final report reanalysis of the Bivalirudin Angioplasty Study. *American Heart Journal*. 2001; 142(6):952-959. doi: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2001.119374>

30. Mehran R, et al. Associations of major bleeding and myocardial infarction with the incidence and timing of mortality in patients presenting with non-ST-elevation acute coronary syndromes: a risk model from the ACUITY trial. *European Heart Journal*. 2009; 30(12):1457-1466. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehp110>

31. Montalescot G, et al. Effects of various anticoagulant treatments on von Willebrand factor release in unstable angina. *Journal of the American College of Cardiology*. 2000; 36(1):100-114. doi:10.1016/S0735-1097(00)00695-1

32. Montalescot G, et al. Comparison of effects on markers of blood cell activation of enoxaparin, dalteparin, and unfractionated heparin in patients with unstable angina pectoris or non-ST-segment elevation acute myocardial infarction (the ARMADA study). *American Journal of Cardiology*. 2003; 91:925-930. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(03\)00105-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(03)00105-X)

33. Agapov AA, Akchurin RS, Alyekyan BG, et al. Rekomyendatsii po lecheniyu ostrogo koronarnogo sindroma bez stoykogo podema segmyenta ST na EKG [Recommendations for treatment of acute coronary syndromes without persistent ST-segment elevation on ECG]. Moscow: Vserossiyskoye nauchnoye obshchestvo kardiologov, 2007. Available from: <http://www.cito03.ru/kardio/oks.pdf>. (In Russ.)

34. Liem AL, et al. Influence of treatment delay on infarct size and clinical outcome in patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty. *Journal of the American College of Cardiology*. 1998; 32(3):629-633. doi:10.1016/S0735-1097(98)00280-0

*Submitted 28.08.2015*

*About the authors:*

**Vasily Davydkin**, head of Hospital Surgery chair with training courses of Traumatology and Orthopedics, Ocular Diseases and Dentistry, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4201-9661>**, [mgu-hospital.surgery@yandex.ru](mailto:mgu-hospital.surgery@yandex.ru)





**Mikhail Romanov**, professor of Hospital Surgery chair with training courses of Traumatology and Orthopedics, Ocular Diseases and Dentistry, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), mdromanov@yandex.ru

**Marat Yerzin**, head of Endovascular Methods of Diagnostics and Treatment department, Republic Clinical Hospital no. 4 (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), mgu-hospital.surgery@yandex.ru

**Andrey Kovalev**, physician of Endovascular Methods of Diagnostics and Treatment department, Republic Clinical Hospital no. 4 (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), mgu-hospital.surgery@yandex.ru

**Valeriy Makhrov**, physician of Endovascular Methods of Diagnostics and Treatment department, Republic Clinical Hospital no. 4 (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), MVVmagvai@rambler.ru

**Yuliana Tarasova**, anesthesiologist, Endovascular Diagnostic and Treatment Methods Department, Regional Vascular Center of the Republic of Mordovia (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), mgu-hospital.surgery@yandex.ru

**Valeriy Shumkin**, head of Functional Diagnostics Department, Republic Clinical Hospital no. 4 (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), mgu-hospital.surgery@yandex.ru

**Marina Tultayeva**, physician, Functional Diagnostics Department, Republic Clinical Hospital no. 4 (32 a, Ulyanova St., Saransk, Russia), mgu-hospital.surgery@yandex.ru

**Svyatoslav Nazvanov**, resident physician of Hospital Surgery chair with training courses of Traumatology and Orthopedics, Ocular Diseases and Dentistry, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Svyatoi77@yandex.ru

**Anton Betyayev**, intern of Hospital Surgery chair with training courses of Traumatology and Orthopedics, Ocular Diseases and Dentistry, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), bet-anton@yandex.ru

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН С ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ЭКСТРАСИСТОЛИЕЙ

**Е. Е. Чекашкина, М. Г. Назаркина, Н. Ю. Лещанкина,  
В. В. Столярова, М. В. Шмырева**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Частые желудочковые экстрасистолы (ЖЭ) могут ухудшать показатели гемодинамики и приводить к негативным последствиям для здоровья не только беременной женщины, но и плода. Анализ variability сердечного ритма (BCP) признан информативным методом неинвазивной оценки вегетативных влияний на сердечно-сосудистую систему. BCP у беременных недостаточно изучена, поэтому целью данного исследования является изучение изменений показателей BCP у женщин с частой ЖЭ в III триместре беременности и раннем послеродовом периоде.

### *Материалы и методы*

BCP оценивали у 40 беременных женщин с частой ЖЭ, которые были разделены на 2 группы: 1 группа – в III триместре беременности, 2 – в раннем послеродовом периоде. Контрольную группу составили 20 здоровых беременных женщин без нарушений ритма. Кроме того, их показатели BCP сравнивались с аналогичными показателями группы здоровых небеременных женщин в возрасте от 18 до 30 лет ( $n = 20$ ), которые принимались за норму. Исследование BCP проводилось с помощью 24-часового ХМ-ЭКГ с использованием кардиорегистратора «Валента» (Россия). Были исследованы следующие показатели BCP: SDNN, SDAN, HRV<sub>i</sub>, HF, LF, VLF и индекс LF/HF.

### *Результаты исследования*

При анализе временных показателей было выявлено снижение BCP во время беременности (в III триместре – SDNN). В послеродовом периоде SDNN достоверно повышалось. Также было выявлено снижение rMSSD у беременных женщин и увеличение его в послеродовом периоде, что свидетельствует о возрастании парасимпатических влияний. Аналогичная динамика была отмечена при анализе показателя HF, отражающего активность вагусных влияний: при беременности он был ниже нормы, а в раннем послеродовом периоде активность HF-волн значительно увеличилась. Отметим, что активность LF-волн, отражающих активность симпатических влияний на сердце, также постепенно нарастала у беременных и снижалась в послеродовом периоде.

### *Обсуждение и заключение*

Исследование BCP позволяет оценить не только выраженность вегетативного дисбаланса в организме беременных и родильниц, но и установить вклад различных звеньев вегетативной и гуморальной регуляции в сердечную деятельность.

**Ключевые слова:** нарушение ритма, беременность, экстрасистолия, variability сердечного ритма, вегетативная нервная система

**Для цитирования:** Variability сердечного ритма у беременных женщин с желудочковой экстрасистолией / Е. Е. Чекашкина [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 122–133. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.122-133



## HEART RATE VARIABILITY IN PREGNANT WOMEN WITH VENTRICULAR EXTRASYSTOLES

**Ye. Ye. Chekashkina, M. G. Nazarkina, N. Yu. Leshchankina, V. V. Stolyarova, M. V. Shmyreva**  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

Frequent ventricular extrasystoles (VE) can affect haemodynamic indexes and lead to negative consequences for the health of not only an expectant mother, but also a fetus. The analysis of heart rate variability (HRV) is recognized as an informative method for noninvasive assessment of the impact of the autonomic nervous system on the cardiovascular system. HRV in pregnant women has been understudied. Therefore, the goal of the present research is to investigate HRV indexes in pregnant women with frequent VE in the 3-rd trimester of pregnancy and early postnatal period.

### *Materials and Methods*

HRV was estimated in 40 pregnant women with frequent VE, who were divided into 2 groups: group 1 – in the 3-rd trimester of pregnancy, and group 2 – in the early postnatal period. A control group included 20 normal pregnant women without any arrhythmias. In addition, HRV indexes in these groups were compared to the indexes in the group of healthy non-pregnant women at the age of 18 to 30. The investigation of HRV was conducted by using the 24-hour HM-ECG with “Valenta” cardioregistrator (Russia). SDNN, SDAN, HRV<sub>i</sub>, HF, LF, VLF and LF/HF indexes of HRV were under the study.

### *Results*

The analysis of time indexes revealed the decreased of HRV during pregnancy: in the 3-rd trimester SDNN decreased. In the postnatal period SDNN increased. It was found that rMSSD decreased in pregnant women and increased in the postnatal period that is indicative of enhanced parasympathetic effects. Similar dynamics was noted in analyzing the HF index associated with vagal activity. Vagal activity tended to decrease in pregnancy as compared to its normal values and increased significantly in the early postnatal period. We should note that the LF waves activity reflecting the sympathetic effects on the heart increased gradually in pregnant women and decreased in the postnatal period.

### *Discussion and Conclusions*

The investigation of HRV allows to estimate an extent of the autonomic nervous system imbalance in pregnant women and in women in the postnatal period and to determine a contribution made by various links of the autonomic and humoral systems into cardiac activity.

**Keywords:** arrhythmias, pregnancy, extrasystole, heart rate variability, autonomic nervous system

**For citation:** Chekashkina YeYe., Nazarkina MG., Leshchankina NYu., Stolyarova VV., Shmyreva MV. Heart rate variability in pregnant women with ventricular extrasystoles. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):122-133. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.122-133

Нарушения ритма сердца являются довольно распространенной патологией во время беременности (встречаются ~ у 20 % женщин), причем наиболее часто регистрируются наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы [1–2]. Известно, что частые ЖЭ, ухудшая показатели гемодинамики, в совокупности с высокой адаптационной нагрузкой, которую испытывает система кровообращения в период беременности, могут при-

вести к негативным последствиям для здоровья не только женщины, но и плода [3–5].

По мнению ряда авторов [6–7], беременность способствует возникновению аритмий, поскольку физиологические гестационные изменения являются причиной гемодинамических, нейрогуморальных и электрофизиологических колебаний [8–9]. Существуют различные взгляды на преимущественный характер аритмогенных влияний

на сердечно-сосудистую систему при беременности [10–12]. Одним из значимых механизмов аритмий является изменение активности вегетативной нервной системы.

Нарушение вегетативной регуляции сердечной деятельности служит ранним признаком срыва адаптации организма к нагрузкам и может привести к негативным последствиям [13–14]. Регулярность сердечного ритма в большей степени обусловлена влиянием вегетативной нервной системы (ВНС) [15–16]. ВСП – это современный неинвазивный метод исследования и оценки состояния регуляторных систем организма, в частности функционального состояния различных отделов ВНС [17–19].

Существуют работы, посвященные изучению ВСП у беременных и рожениц. Известно, что в первой половине беременности преобладают нервные (вагусные и симпатические) влияния на сердечно-сосудистую систему, во второй – гуморально-метаболические. Изменения вегетативных процессов в организме матери приводят к изменениям двигательной активности плода и ритма его сердцебиений. В исследовании [20–21] подтверждается взаимосвязь между степенью гипоксии плода и показателями ВСП матери.

Вполне обосновано, что реальный вклад в снижение частоты осложненной беременности (у матери и плода) заключается в их профилактике и своевременной диагностике [22–24]. Перспективы изучения и широкого внедрения оценки параметров ВСП в клиническую практику связаны с прогностической значимостью метода в плане осложнений, их ранней диагностики и оценки эффективности лечения [25–27].

**Целью исследования** является изучение изменений показателей ВСП у женщин с частой желудочковой экстрасистолией в III триместре беременности и раннем послеродовом периоде.

### **Материалы и методы**

В исследование были включены 40 женщин с частой ЖЭ, находившихся на обследование и лечении в ГБУЗ РМ «Мордовский республиканский перинатальный центр». Возраст обследованных составлял 18–40 лет (средний возраст –  $31,7 \pm 5,3$ ). Все женщины были разделены на 2 группы по 20 человек. В 1 группе проводились обследования в III триместре беременности, во 2 – в раннем послеродовом периоде. Критерием включения в ту или иную группу было наличие у женщин частой ЖЭ. Контрольную группу составили 20 здоровых беременных женщин в возрасте от 18 до 40 лет ( $27,7 \pm 4,0$ ) без нарушения ритма. Показатели ВСП в данных группах сравнивались с аналогичными показателями здоровых небеременных женщин в возрасте от 18 до 30 лет ( $n = 20$ ), которые принимались за норму.

Исследование ВСП проводилось с помощью 24-часового ХМ-ЭКГ с использованием кардиорегастратора «Валента» (Россия). В процессе обследования пациентки придерживались обычного распорядка дня и отмечали в дневнике изменения самочувствия.

В работу были включены следующие временные показатели: SDNN – среднее квадратическое отклонение величин интервалов RR за весь рассматриваемый период (используется для оценки общей ВСП и особенно ее парасимпатической составляющей); HRV<sub>i</sub> – триангулярный индекс (общее число интервалов NN, разделенное на высоту гистограммы всех интервалов NN; также используется для оценки общей ВСП); SDANN – стандартное отклонение средних значений интервалов RR, вычисленных за 5 мин при 24-часовой записи ЭКГ (применяется для оценки низкочастотных составляющих ВСП); rMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар нормальных интервалов RR (используется для оценки высоко-



частотных составляющих ВСП). Спектральный анализ ВСП позволяет определить максимальную общую мощность спектра, спектральные мощности высокочастотного (HF), низкочастотного (LF) и ультранизкочастотного (VLF) компонентов, а также индекс LF/HF. Статистический анализ проводился с помощью программ Microsoft Office Access 2007 и Microsoft Office Excel 2007.

### Результаты и их обсуждение

При анализе временных показателей ВСП были получены данные, свидетельствующие о снижении ВСП и усилении симпатических влияний на сердечную деятельность во время беременности, что отразилось в динамике показателей SDANN и SDNN в 1 и 2 контрольных группах (табл. 1; рисунок).

Таблица 1

Table 1

**Показатели временного анализа ВСП в исследуемых группах**  
**Heart rate variability time related indexes in investigated groups**

Показатели / Indices	Норма / Norm	Контрольная группа (n = 20) / Control group (n = 20)	Группа 1 (до родов) (n = 20) / Group 1 (before delivery) (n = 20)	Группа 2 (после родов) (n = 20) / Group 2 (after delivery) (n = 20)
SDNN, мс / ms	141 ± 39	<b>115,2 ± 22,5</b>	<b>116,1 ± 29,8</b>	133,8 ± 23,4#*
SDANN, мс / ms	127 ± 35	<b>100,4 ± 18,9</b>	<b>91,5 ± 17,3</b>	<b>111,6 ± 13,2#*</b>
rMSSD, мс / ms	27 ± 12	30,7 ± 16,1	<b>30,3 ± 11,9</b>	<b>38,6 ± 11,8#*</b>
HRVi, ед / units	37 ± 15	31,3 ± 7,4	<b>31,7 ± 10,2</b>	37,3 ± 8,4#*

\* – достоверность различий к контрольной группе ( $p < 0,05$ ); # – достоверность различий между 1 и 2 группой ( $p < 0,05$ ); полужирный шрифт – достоверность различий в группах по отношению к норме ( $p < 0,05$ )

\* – validity of distinctions to control group ( $p < 0,05$ ); # – validity of distinctions between groups 1 and 2 ( $p < 0,05$ ); bold type – validity of distinctions in groups with relation to the norm ( $p < 0,05$ )

Уровень SDANN в 1 группе практически не отличим от аналогичного показателя в контрольной группе, но снижен на 35,1 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с нормой. После родов этот показатель становится выше на 11,1 %, чем в контрольной группе, и на 21,9 % – чем в группе беременных ( $p < 0,05$ ),

хотя и не достигает нормы. Показатель SDNN снижен в группе беременных с желудочковой экстрасистолией, повышен у женщин в послеродовом периоде. Так, SDNN во 2 группе достоверно выше на 15,2 % относительно 1 и на 16,1 % ( $p < 0,05$ ) – относительно контрольной группы, что отражает

усиление парасимпатической регуляции сердечного ритма у рожениц. В результате сравнения гMSSD в группах было выявлено, что во 2 группе отмечается его повышение на 42,9 % ( $p < 0,05$ ) относительно нормальных значений и на 27,3 % – по сравнению с 1 группой, что также свидетельствует о возрастании парасимпатических влияний на ритм сердечной деятельности в послеродовом периоде.

Известно, что регуляция ритма сердца осуществляется вегетативной и центральной нервной системой с помощью ряда гуморальных и рефлекторных воздействий [28–31]. Парасимпатическая и симпатическая нервные системы нахо-

дятся в определенном взаимодействии. Беременность сопровождается существенным ростом таких гормонов как эстрогены, прогестерон и окситоцин, которые способствуют образованию, захвату и распаду норадреналина – основного медиатора симпатической нервной системы (СНС) [15; 32]. Данные спектрального анализа ВСР в исследуемых группах свидетельствуют о преобладании низкочастотных волн у беременных женщин по сравнению с нормой, причем это касается как имеющих, так и не имеющих желудочковые экстрасистолы (табл. 2). Ряд авторов отмечает также снижение ВСР при нормально протекающей беременности [33–34].

Таблица 2

Table 2

Показатели спектрального анализа ВСР в исследуемых группах  
Heart rate variability spectral indexes in investigated groups

Показатели / Indices	Норма / Norm	Контрольная группа (n = 20) / Control group (n = 20)	Группа 1 (до родов) (n = 20) / Group 1 (before delivery) (n = 20)	Группа 2 (после родов) (n = 20) / Group 2 (after delivery) (n = 20)
VLF, $ms^2 / ms^2$	765 ± 410	<b>4918,5 ± 2083,7</b>	<b>4065,7 ± 1854,8*</b>	<b>6663,2 ± 3016,3*</b>
LF, $ms^2 / ms^2$	1170 ± 416	<b>1203 ± 790,5</b>	<b>1182 ± 591,3</b>	<b>958,1 ± 388,2</b>
HF, $ms^2 / ms^2$	975 ± 203	945 ± 790,5	931,1 ± 728,6	<b>1615,6 ± 1203,9*#</b>
LF/HF	0,7 ± 1,5	0,7 ± 0,3	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,1

\* – достоверность различий к контрольной группе ( $p < 0,05$ ); # – достоверность различий между 1 и 2 группой ( $p < 0,05$ ); полужирный шрифт – достоверность различий в группах по отношению к норме ( $p < 0,05$ )

\* – validity of distinctions to control group ( $p < 0,05$ ); # – validity of distinctions between groups 1 and 2 ( $p < 0,05$ ); bold type – validity of distinctions in groups with relation to the norm ( $p < 0,05$ )

Показатель волн HF при беременности имеет тенденцию к снижению по сравнению с нормой, что обусловлено,

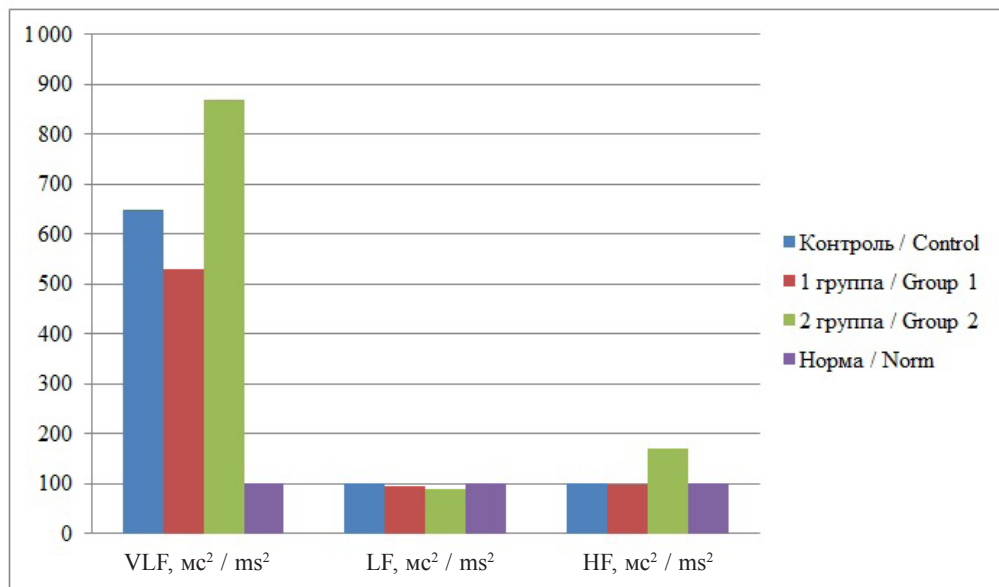
вероятно, снижением вагусного компонента регуляции ВСР. В раннем послеродовом периоде, наоборот, активность



HF-волн возрастает относительно нормы на 65,7 %, относительно контрольной группы – на 74,1 % и относительно показателей в группе беременных с экстрасистолией – на 73,4 % ( $p < 0,05$ ).

Активность LF-волн, отражающих активность симпатических

центров продолговатого мозга, постепенно нарастает у беременных по сравнению с нормой, снижаясь в послеродовом периоде на 18,9 % относительно 1 группы и на 20,3 % – относительно контрольной ( $p < 0,05$ ) (рисунок).



Р и с у н о к. Некоторые показатели спектрального анализа variability сердечного ритма в исследуемых группах

F i g u r e. Some spectral indexes of heart rate variability in the investigated groups

При оценке спектрального анализа ВСР было выявлено также повышение значений VLF во всех исследуемых группах относительно нормы: в 1 группе уровень VLF всего на 17,3 % меньше, чем в контрольной, но в 5,3 раза больше нормы, что свидетельствует о существенном влиянии изменений гормонального фона на ВСР в организме беременных женщин. После родов уровень VLF-волн остается достоверно повышенным по отношению к контрольной группе (на 35,4 %), показателям 1 группы (на 63,9 %), но самая большая разница наблюдается с нормой: значение превышает ее в 8,7 раз. Полученные данные свидетельствуют о чрезвычайно высокой активности центральных эрготропных и гуморально-

метаболических механизмов регуляции сердечного ритма в раннем послеродовом периоде.

Таким образом, исследование ВСР позволяет оценить не только выраженность вегетативного дисбаланса в организме беременных и родильниц, но и установить вклад различных звеньев вегетативной и гуморальной регуляции в сердечную деятельность.

#### Выводы

1) У женщин с частой желудочковой экстрасистолией во время беременности отмечается снижение ВСР, что обусловлено преобладанием симпатических влияний вегетативной нервной системы.

2) После родов усиливается активность парасимпатических отделов регу-

ляции сердечной деятельности, что свидетельствует о восстановлении функциональных резервов организма женщин.

3) Во время беременности и в раннем послеродовом периоде у жен-

щин с желудочковой экстрасистолией отмечается высокая активность гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечной деятельности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вариабельность ритма сердца: применение в кардиологии / В. А. Снежицкий [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2010. 211 с. URL: <http://nabookcat.org/by/isgbi/marcview.do?id=677211&position=1>.
2. Состояние вегетативной нервной системы у женщин со слабостью родовой деятельности / С. Л. Дмитриева [и др.] // Медицинский альманах. 2011. № 6. С. 76–79. URL: [http://www.medalmanac.ru/uploads/shared/old/archive/year2011/number\\_19/pathology\\_of\\_pregnancy/2478/dmitrieva.pdf](http://www.medalmanac.ru/uploads/shared/old/archive/year2011/number_19/pathology_of_pregnancy/2478/dmitrieva.pdf).
3. **Машин В. А.** Вариабельность сердечного ритма: трехфакторная модель ВСП в исследованиях функциональных состояний человека. LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2012. 580 с. URL: <http://mashinva.narod.ru>.
4. Heart rate variability changes in pregnant and non-pregnant women during standardized psychosocial stress. / A. V. Klinkenberg [et al.] // Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica. 2009. Vol. 88 (1). P. 77–82. doi: 10.1080/00016340802566762
5. **Sztajzel J., Jung M., de Luna A. B.** Reproducibility and gender-related differences of heart rate variability during all-day activity in young men and women // Ann Noninvasive Electrocardiol. 2008. Vol. 13, No. 3. P. 270–277. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1542-474X.2008.00231.x>
6. **Стрюк Р. И.** Заболевания сердечно-сосудистой системы и беременность. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 280 с. URL: <http://www.geotar.ru/lots/Q0110888.html>.
7. A study on cardiac autonomic modulation during pregnancy by non-invasive heart rate variability measurement / H. G. Pritesh [et al.] // International Journal of Medicine and Public Health. 2014. No. 4. P. 441–445. URL: [http://www.ijmedph.org/temp/IntJMedPublicHealth44441-5936182\\_162921.pdf](http://www.ijmedph.org/temp/IntJMedPublicHealth44441-5936182_162921.pdf).
8. Reproducibility of heart rate variability parameters measured in healthy subjects at rest and after a postural change maneuver. / E. M. Dantas [et al.] // Braz. J. Med. Biol. Res. 2010. Vol. 43, No. 10. P. 982–988. doi: 10.1590/S0100-879X2010007500101
9. **Thayler, J. F., Yamamoto S. S., Brosschot J. F.** The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors // Int. J. Cardiol. 2010. Vol. 141. P. 122–131. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543>
10. Home orthostatic training in vasovagal syncope modifies autonomic tone : results of a randomized, placebo-controlled pilot study / M. P. Tan [et al.] // Europace. 2010. Vol. 12 (2). P. 240–246. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/europace/eup368>
11. Influence of pregnancy stage on heart rate variability / L. A. D’Silva [et al.] // Proceedings Abstracts of the Physiological Society. 2012. Vol. 27. URL: <http://www.physoc.org/proceedings/abstract/Proc%20Physiol%20Soc%2027PC107>.
12. **Soliman E. Z., Elasm M. A., Li Y.** The relationship between high resting heart rate and ventricular arrhythmogenesis in patients referred to ambulatory 24 h electrocardiographic recording // Europace. 2010. Vol. 12 (2). P. 261–265. doi: 10.1093/europace/eup344
13. Вариабельность сердечного ритма у женщин накануне срочных родов / Г. Н. Ходырев [и др.] // Вестник Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского. 2012. № 2 (1). С. 125–129. URL: [http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999\\_West\\_2012\\_2\(1\)/19.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2012_2(1)/19.pdf).
14. Особенности нелинейных параметров вариабельности ритма сердца и их взаимосвязь со структурно-функциональным ремоделированием сердца у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формой фибрилляции предсердий / В. А. Снежинский [и др.] // Медицинские новости. 2014. № 11. С. 81–87. URL: <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=5969>.





15. Вариабельность сердечного ритма у женщин при физиологическом и осложненном течении беременности / С. В. Хлыбова [и др.] // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 5. С. 97–105. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=191884>.

16. Effect of weight gain during pregnancy on heart rate variability and hypotension during caesarean section under spinal anaesthesia / М. В. Ghabach [et. al.] // Anesthesia. 2012. № 66. P. 1106–1111. doi: 10.1111/j.1365-2044.2011.06873.x

17. **Абрамова А.** Вариабельность сердечного ритма у больных рецидивирующей формой фибрилляции предсердий : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.06. М., 2009. 112 с. URL: <http://medical-diss.com/medicina/variablnost-serdechnogo-ritma-u-bolnyh-retsidiviruyushey-formoy-fibrillyatsii-predserdiy-1>.

18. Применение спектрального анализа вариабельности сердечного ритма для повышения диагностической значимости нагрузочных проб / В. И. Гриднев [и др.] // Вестник Санкт-Петербург. ун-та (Сер. 11). 2008. № 2. С. 18–31. URL: [http://med.spbu.ru/archiv/vest/8\\_2/2\\_02.pdf](http://med.spbu.ru/archiv/vest/8_2/2_02.pdf).

19. **Рудникова Н. А., Стручков П. В., Цека О. С.** Информативность показателей вариабельности сердечного ритма в выявлении диагностически значимых нарушений сердечно-сосудистой системы на этапе скрининга // Функциональная диагностика. 2010. № 3. С. 10–21. URL: <http://medicom77.ru/ru/stati/interesnye-stati-na-temu-monitorirovaniya/informativnost-pokazatelej-variablnosti-serdechnogo-ritma>.

20. **Goldberger A. L.** Predicting survival in heart failure case and control subjects by use of fully automated methods for deriving nonlinear and conventional indices of heart rate dynamics // Psychosomatic Medicine. 2008. Vol. 70. P. 177–185. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9264491>.

21. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use // Circulation. 2010. Vol. 12 (2). P. 2–57. doi: 10.1161/01.CIR.93.5.1043

22. **Рябыкина Г. В., Соболев А. В.** Холтеровское и бифункциональное мониторирование ЭКГ и артериального давления. М. : ИД «Медпрактика-М», 2010. 320 с. URL: <http://www.knigo-poisk.ru/books/item/in/718637>.

23. **De Souza N. M., Vanderlei L. C. M., Garner D. M.** Risk evaluation of diabetes mellitus by relation of chaotic globals to HRV // Complexity. 2015. Vol. 20 (3). P. 84–92. doi: 10.1002/cplx.21508

24. **Dünser M. W., Hasibeder W. R.** Sympathetic overstimulation during critical illness: adverse effects of adrenergic stress // Intensive Care Medicine. 2009. Vol. 24 (5). P. 293–316. doi: 10.1177/0885066609340519

25. **Макаров Л. М.** Холтеровское мониторирование. 3-е изд. М. : ИД «Медпрактика-М», 2008. 456 с. URL: [http://books.iqbuy.ru/categories\\_offer/9785988031260/holterovskoe-monitorirovanie-makarov](http://books.iqbuy.ru/categories_offer/9785988031260/holterovskoe-monitorirovanie-makarov).

26. **Яблчанский Н. И., Мартыненко А. В.** Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу: для настоящих врачей. Харьков, 2010. 131 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/873987>.

27. Spectral analysis of heart rate variability for early prediction of pregnancy-induced hypertension / G. Pal [et al.] // Clin. Exp. Hypertens. 2009. Vol. 31, No. 4. P. 330–341. doi: 10.1080/10641960802621333

28. **Мравян С. Р., Петрухин С. Р., Федорова С. И.** Нарушения ритма сердца и проводимости у беременных. М. : МИКЛОШ, 2011. 128 с. URL: <http://e1book.info/index.php?newsid=22885>.

29. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике: РКО, РОХМИНЭ, РАСФД, ВНОА, ОССН // Российский кардиологический журнал. 2014. № 2 (106). С. 6–71. URL: [http://www.scardio.ru/content/Guidelines/Rek\\_Holter\\_2013.pdf](http://www.scardio.ru/content/Guidelines/Rek_Holter_2013.pdf).

30. Особенности показателей вегетативной регуляции кровообращения и вариабельности сердечного ритма у женщин в перименопаузе / И. В. Нейфельд [и др.] // Неинвазивная аритмология. 2014. Т. 11, № 2. С. 98–108. URL: <http://arrhythmology.pro/files/pdf/2015/98-108.pdf>.

31. **Billman G. E.** The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance // Frontiers in Physiology. 2013. P. 4–26. doi: 10.3389/fphys.2013.00026

32. Вариабельность сердечного ритма в оценке клинико-функционального состояния и прогноза при хронической сердечной недостаточности / А. М. Алиева [и др.] // Креативная кардиология. 2015. № 3. С. 42–55. URL: [http://www.bakulev.ru/about/news.php?SID=16&ID=44927&PAGEN\\_2=3](http://www.bakulev.ru/about/news.php?SID=16&ID=44927&PAGEN_2=3).

33. **Полянская О. В.** Мониторинг нейровегетативных и экг-изменений у рожениц, его значение в прогнозировании течения, исходов родов : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Воронеж, 2009. 28 с.



URL: [http://www.disszakaz.com/catalog/monitoring\\_neyrovegetativnih\\_i\\_ekg\\_izmeneniy\\_u\\_rozhenits\\_ego\\_znachenie\\_v\\_prognozirovanii\\_avtoreferat.html](http://www.disszakaz.com/catalog/monitoring_neyrovegetativnih_i_ekg_izmeneniy_u_rozhenits_ego_znachenie_v_prognozirovanii_avtoreferat.html).

34. Effects of a 48-h fast on heart rate variability and cortisol levels in healthy female subjects / N. Mazurak [et al.] // Eur. J. Clin. Nutr. 2013. Vol. 67. P. 401–406. doi: 10.1038/ejcn.2013.32

Поступила 01.12.2015 г.

Об авторах:

**Чекашкина Евгения Евгеньевна**, аспирант кафедры госпитальной терапии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1933-9904>, [er290385@mail.ru](mailto:er290385@mail.ru)

**Назаркина Мария Геннадьевна**, аспирант кафедры госпитальной терапии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3805-7726>, [bmgmasjanja@mail.ru](mailto:bmgmasjanja@mail.ru)

**Лещанкина Нина Юрьевна**, заведующий кафедрой госпитальной терапии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8076-9802>, [bream25@yandex.ru](mailto:bream25@yandex.ru)

**Столярова Вера Владимировна**, профессор кафедры госпитальной терапии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6164-4737>, [vera\\_s00@mail.ru](mailto:vera_s00@mail.ru)

**Шмырева Мария Викторовна**, доцент кафедры госпитальной терапии Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1318-2355>, [mvshmyreva@yandex.ru](mailto:mvshmyreva@yandex.ru)

## REFERENCES

1. Snezhitskiy VA, et al. Variablnost ritma serdtsa: primeneniye v kardiologii [Heart rate variability: application in cardiology]. Grodno: GrGMU Publ.; 2010. Available from: <http://natbookcat.org.by/isgbi/marcview.do?id=677211&position=1>. (In Russ.)
2. Dmitriyeva SL, et al. Sostoyaniye vegetativnoy nervnoy sistemy u zhenshchin so slabostyu rodovoy deyatelnosti [Condition of the autonomic nervous system in women with uterine inertia]. *Meditsinskiy almanakh* = Medical almanac. 2011; 6:76-79. Available from: [http://www.medalmanac.ru/uploads/shared/old/archive/year2011/number\\_19/pathology\\_of\\_pregnancy/2478/dmitrieva.pdf](http://www.medalmanac.ru/uploads/shared/old/archive/year2011/number_19/pathology_of_pregnancy/2478/dmitrieva.pdf). (In Russ.)
3. Mashin VA. Variablnost serdechnogo ritma: trekhfaktornaya model VSR v issledovaniyakh funktsionalnykh sostoyaniy cheloveka [Heart rate variability: three-factor model of HRV in studies of human functional state]. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co; 2012. Available from: <http://mashinva.narod.ru>. (In Russ.)
4. Klinkenberg AV, et al. Heart rate variability changes in pregnant and non-pregnant women during standardized psychosocial stress. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2009; 88(1):77-82. doi: 10.1080/00016340802566762
5. Sztajzel J, Jung M, de Luna AB. Reproducibility and gender-related differences of heart rate variability during all-day activity in young men and women. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2008; 13(3):270-277. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1542-474X.2008.00231.x>
6. Stryuk RI. Zabolevaniya serdechno-sosudistoy sistemy i beremennost [Diseases of the cardiovascular system and pregnancy]. Moscow: GEOTAR-Media, 2010. Available from: <http://www.geotar.ru/lots/Q0110888.html>. (In Russ.)
7. Pritesh HG, et al. A study on cardiac autonomic modulation during pregnancy by non-invasive heart rate variability measurement. *International Journal of Medicine and Public Health*. 2014; 4:441-445. Available from: [http://www.ijmedph.org/temp/IntJMedPublicHealth44441-5936182\\_162921.pdf](http://www.ijmedph.org/temp/IntJMedPublicHealth44441-5936182_162921.pdf).



8. Dantas EM, et al. Reproducibility of heart rate variability parameters measured in healthy subjects at rest and after a postural change maneuver. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 2010; 43(10):982-988. doi: 10.1590/S0100-879X2010007500101
9. Thayler JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int. J. Cardiol.* 2010; 141:122-131. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543>
10. Tan MP, et al. Home orthostatic training in vasovagal syncope modifies autonomic tone: results of a randomized, placebo-controlled pilot study. *Europace.* 2010; 12(2):240-246. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/europace/eup368>
11. D'Silva LA, et al. Influence of pregnancy stage on heart rate variability. *Proceedings Abstracts of the Physiological Society.* 2012:27. Available from: <http://www.physoc.org/proceedings/abstract/Proc%20Physiol%20Soc%2027PC107>.
12. Soliman EZ, Elasm MA, Li Y. The relationship between high resting heart rate and ventricular arrhythmogenesis in patients referred to ambulatory 24 h electrocardiographic recording. *Europace.* 2010; 12(2):261-265. doi: 10.1093/europace/eup344.
13. Khodyryev GN, et al. Variabelnost serdechnogo ritma u zhenshchin nakanune srochnykh rodov [Heart rate variability in women on eve of urgent delivery]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta = Nizhny Novgorod University Bulletin.* 2012; 2(1):125-129. Available from: [http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999\\_West\\_2012\\_2\(1\)/19.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2012_2(1)/19.pdf). (In Russ.)
14. Snezhinskiy VA, et al. Osobennosti nelineynykh parametrov variabylnosti ritma serdtsa i ikh vzaimosvyaz so strukturno-funktsionalnym remodelirovaniyem serdtsa u patsientov s paroksizmalnoy i persistiruyushchey formoy fibrillyatsii predserdiy [The features of non-linear parameters of heart rate variability and its relationship with the structural and functional heart remodeling in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation]. *Meditsinskiye novosti = Medical News.* 2014; 11:81-87. Available from: <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=5969>. (In Russ.)
15. Khlybova SV, et al. Variabelnost serdechnogo ritma u zhenshchin pri fiziologicheskoy i oslozhnennoy techenii beremennosti [Heart rate variability in women with physiological and complicated pregnancy]. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology.* 2008; 34(5):97-105. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=191884>. (In Russ.)
16. Ghabach MB, et al. Effect of weight gain during pregnancy on heart rate variability and hypotension during caesarean section under spinal anesthesia. *Anesthesia.* 2012; 66:1106-1111. doi: 10.1111/j.1365-2044.2011.06873.x
17. Abramova A. Variabelnost serdechnogo ritma u bolnykh retsidiviruyushchey formoy fibrillyatsii pryedserdiy [Heart rate variability in patients with recurrent atrial fibrillation]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Moscow; 2009. Available from: <http://medical-diss.com/medicina/variabelnost-serdechnogo-ritma-u-bolnyh-retsidiviruyushchey-formoy-fibrillyatsii-predserdiy-1>. (In Russ.)
18. Gridnev VI, et al. Primeneniye spektralnogo analiza variabylnosti serdechnogo ritma dlya povysheniya diagnosticheskoy znachimosti nagruzochnykh prob [Application of spectral analysis of heart rate variability to improve the diagnostic value of exercise testing]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta (Ser. 11) = St. Petersburg University Bulletin (11 series).* 2008; 2:18-31. Available from: [http://med.spbu.ru/archiv/vest/8\\_2/2\\_02.pdf](http://med.spbu.ru/archiv/vest/8_2/2_02.pdf). (In Russ.)
19. Rudnikova NA, Struchkov PV, Tseka OS. Informativnost pokazateley variabylnosti serdechnogo ritma v vyyavlenii diagnosticheskoy znachimykh narusheniy serdechno-sosudistoy sistemy na etape skrininga [Informative heart rate variability in detection of diagnostically significant violations of cardiovascular system at the stage of screening]. *Funktsionalnaya diagnostika = Functional diagnostics.* 2010; 3:10-21. Available from: <http://medicom77.ru/ru/stati/interesnye-stati-na-temu-monitorirovaniya/informativnost-pokazateley-variabylnosti-serdechnogo-ritma>. (In Russ.)
20. Goldberger AL. Predicting survival in heart failure case and control subjects by use of fully automated methods for deriving nonlinear and conventional indices of heart rate dynamics. *Psychosomatic Medicine.* 2008; 70:177-185. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9264491>.



21. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*. 2010; 12(2):2-57. doi: 10.1161/01.CIR.93.5.1043
22. Ryabykhina GV, Sobolev AV. Kholterovskoye i bifunktsionalnoye monitorirovaniye EKG i arterialnogo davleniya [Holter ECG monitoring and bifunctional and blood pressure]. Moscow: Medpraktika-M; 2010. 320 p. Available from: <http://www.knigo-poisk.ru/books/item/in/718637>. (In Russ.)
23. De Souza NM, Vanderlei LCM, Garner DM. Risk evaluation of diabetes mellitus by relation of chaotic globals to HRV. *Complexity*. 2015; 20(3):84-92. doi: 10.1002/cplx.21508
24. Dünser MW, Hasibeder WR. Sympathetic overstimulation during critical illness: adverse effects of adrenergic stress. *Intensive Care Medicine*. 2009; 24(5):293-316. doi: 10.1177/0885066609340519
25. Makarov LM. Kholterovskoye monitorirovaniye [Holter monitor]. 3<sup>rd</sup> ed. Moscow: Medpraktika-M; 2008. Available from: [http://books.iqbuy.ru/categories\\_offer/9785988031260/holterovskoe-monitorirovanie-makarov](http://books.iqbuy.ru/categories_offer/9785988031260/holterovskoe-monitorirovanie-makarov). (In Russ.)
26. Yabluchanskiy NI, Martynenko AV. Variabelnost serdechnogo ritma v pomoshch prakticheskomu vrachu: dlya nastoyashchikh vrachey [Heart rate variability in care practitioner: for real doctors]. Kharkov; 2010. Available from: <http://www.twirpx.com/file/873987>. (In Russ.)
27. Pal G, et al. Spectral analysis of heart rate variability for early prediction of pregnancy-induced hypertension. *Clin. Exp. Hypertens*. 2009; 31:4.330-341. doi: 10.1080/10641960802621333
28. Mravyan SR, Petrukhin SR, Fedorova SI. Narusheniya ritma serdtsa i provodimosti u beremennykh [Cardiac arrhythmias and conduction in pregnant women]. Moscow: MIKLOSH; 2011. Available from: <http://e1book.info/index.php?newsid=22885>. (In Russ.)
29. Natsionalnyye rossiyskiye rekomendatsii po primeneniyu metodiki kholterovskogo monitorirovaniya v klinicheskoy praktike: RKO, ROKMINE, RASFD, VNOA, OSSN [Russian national recommendations on use of Holter monitoring technique in clinical practice: RKO, ROKMINE, RASFD, VNOA, OSSN]. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal* = Russian Cardiology Journal. 2014; 2(106):6-71. Available from: [http://www.scario.ru/content/Guidelines/Rek\\_Holter\\_2013.pdf](http://www.scario.ru/content/Guidelines/Rek_Holter_2013.pdf). (In Russ.)
30. Neyfeld IV, et al. Osobennosti pokazateley vegetativnoy regulyatsii krovoobrashcheniya i variabelnosti serdechnogo ritma u zhenshchin v perimenopauze [Features of the vegetative regulation of blood circulation and heart rate variability in perimenopausal women]. *Neinvazivnaya aritmologiya* = Noninvasive arrhythmology. 2014; 11(2):98-108. Available from: <http://arrhythmology.pro/files/pdf/2015/98-108.pdf>. (In Russ.)
31. Billman GE. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology*. 2013;4-26. doi: 10.3389/fphys.2013.00026
32. Aliyeva AM, et al. Variabelnost serdechnogo ritma v otsenke kliniko-funktsionalnogo sostoyaniya i prognoza pri khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti [Heart rate variability in the assessment of clinical and functional status and prognosis in chronic heart failure]. *Kreativnaya kardiologiya* = Creative cardiology. 2015; 3:42-55. Available from: [http://www.bakulev.ru/about/news.php?SID=16&ID=44927&PAGEN\\_2=3](http://www.bakulev.ru/about/news.php?SID=16&ID=44927&PAGEN_2=3). (In Russ.)
33. Polyanskaya OV. Monitoring neyrovegetativnykh i ekg-izmeneniy u rozhenits, yego znacheniy v prognozirovanii techeniya, iskhodov rodov [Neuro monitoring and ECG changes in patients, its value in predicting trends, birth outcomes]: Abstract of Ph.D. thesis (Medicine). Voronezh; 2009. Available from: [http://www.disszakaz.com/catalog/monitoring\\_neyrovegetativnih\\_i\\_ekg\\_izmeneniy\\_u\\_rozhenits\\_ego\\_znachenie\\_v\\_prognozirovanii\\_avtoreferat.html](http://www.disszakaz.com/catalog/monitoring_neyrovegetativnih_i_ekg_izmeneniy_u_rozhenits_ego_znachenie_v_prognozirovanii_avtoreferat.html). (In Russ.)
34. Mazurak N, et al. Effects of a 48-h fast on heart rate variability and cortisol levels in healthy female subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013; 67:401-406. doi: 10.1038/ejcn.2013.32

Submitted 01.12.2015

About the authors:

**Yevgeniya Chekashkina**, postgraduate student of Hospital Therapy chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1933-9904>, er290385@mail.ru



**Mariya Nazarkina**, postgraduate student of Hospital Therapy chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3805-7726>**, [bmgmasjanja@mail.ru](mailto:bmgmasjanja@mail.ru)

**Nina Leshchankina**, head of Hospital Therapy chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8076-9802>**, [bream25@yandex.ru](mailto:bream25@yandex.ru)

**Vera Stolyarova**, professor of Hospital Therapy chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6164-4737>**, [vera\\_s00@mail.ru](mailto:vera_s00@mail.ru)

**Mariya Shmyreva**, associate professor of Hospital Therapy chair, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1318-2355>**, [mvshmyreva@yandex.ru](mailto:mvshmyreva@yandex.ru)



## АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА МЕТИЛЕНТЕТРАГИДРОФОЛАТРЕДУКТАЗЫ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ

**Л. Н. Гончарова, Т. А. Дегаева, Н. П. Сергутова**  
*ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Артериальная гипертония (АГ) является главным фактором риска развития нарушения мозгового кровообращения и инфаркта миокарда вследствие дисбаланса в сосудисто-тромбоцитарном звене гемостаза. В большинстве случаев она носит генетический характер. В качестве наиболее значимых факторов такого рода обсуждаются мутации гена метилентетрагидрофолатредуктазы (MTHFR) в позициях A1298C и C677T. В Республике Мордовия сохраняется высокий процент больных с осложненным течением АГ, поэтому в статье приводятся данные анализа полиморфизма гена MTHFR у больных с первичной АГ мордовской и русской национальностей, проживающих на территории РМ.

### *Материалы и методы*

Было обследовано 113 пациентов (50,4 % мордовской и 49,6 % русской национальностей) с АГ (I–II стадией по классификации ВНОК 2008 г., АД > 140/90 мм рт. ст.). Наряду с традиционными клинико-инструментальными исследованиями проводилась идентификация аллелей полиморфных маркеров методом полимеразной цепной реакции. Статистический анализ результатов осуществлялся с помощью пакетов программ «Statistica for Windows 6.0» (StatSoft), «SPSS» (версия 14.0), а также программного обеспечения «MS Excel XP» (Microsoft). При сравнении частот генотипов и аллелей в группах больных лиц использовался  $\chi^2$ .

### *Результаты исследования*

Анализ распределения генотипов гена MTHFR в позиции 677 и в позиции A1298C выявил преобладание промежуточных генотипов СТ и АС у пациентов АГ мужского и женского пола вне зависимости от национальной принадлежности. Неблагоприятный генотип СТ гена MTHFR в позиции 677 встречается в 20 % случаев у больных мужчин АГ мордовской национальности и в 2,5 % – у больных женщин АГ русской национальности. Патологический генотип СС гена MTHFR в позиции A1298C выявлен у представителей как мордовской (2,3–27 %) так и русской (19,3–33,7 %) национальностей.

### *Заключение*

Данное сочетание промежуточных и патологических генотипов позволяет предположить наличие склонности к развитию повышенного тромбообразования у обследованных больных АГ.

**Ключевые слова:** артериальная гипертония, система гемостаза, полиморфизм гена метилентетрагидрофолатредуктазы в позициях A1298C и C677T, титульное население

**Для цитирования:** Гончарова Л. Н., Дегаева Т. А., Сергутова Н. П. Анализ полиморфизма гена метилентетрагидрофолатредуктазы у больных артериальной гипертонией в Республике Мордовия // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 134–143. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.134-143



## THE ANALYSIS OF METHYLENETETRAHYDROFOLATE REDUCTASE GENE POLYMORPHISM IN THE PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

L. N. Goncharova, T. A. Degayeva, N. P. Sergutova  
*Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

Hypertension (HTN or HT) is the main risk factor for cerebrovascular accidents and myocardial infarction, since it leads to imbalances during the vascular and thrombocytic part of hemostasis. In most cases, HTN is genetic in nature. Mutation of methylenetetrahydrofolate (MTHFR) gene in positions C677T and A1298C is supposedly one of the major factors in evolution of this medical condition. High percentage of patients with complicated hypertension persists in Republic of Mordovia, so the article provides data analysis of polymorphism of MTHFR gene in patients with primary hypertension of Mordvinian and Russian ethnicity residing in the Republic.

### *Materials and Methods*

The study involved 113 patients (50,4 % – Mordvinian and 49,6 % – Russian nationalities) with hypertension (stages II-III in classification of Society of cardiology of Russian Federation, year 2008, BP <140/90 mm Hg). Along with the traditional clinical and instrumental studies, the authors conducted identification of alleles of polymorphic markers by polymerase chain reaction method. Statistical analysis was performed with implementation of software packages “Statistica for Windows 6.0” (StatSoft), “SPSS” (version 14.0), “MS Excel XP” (Microsoft). The authors used  $\chi^2$  in the process of consideration of the frequencies of genotypes and alleles in individual groups of patients.

### *Results*

Analysis of the distribution of genotypes of the MTHFR gene at position 677 and positions A1298C revealed the predominance of intermediate genotypes CT and AC in male and female patients with hypertension, with no correlation to nationality. Adverse CT genotype of MTHFR gene at position 677 is found in 20 % of patients with hypertension among Mordvinian males and 2,5 % – among hypertensive Russian females. Pathological CC genotype of MTHFR gene in the A1298C position was identified either in Mordvinian (from 2,3 % to 27 %) and Russian (from 19,3 % to 33,7 %) patients.

### *Discussion and Conclusions*

Revealed combinations of intermediate and pathological genotypes of this gene enable the authors to suggest an increased liability for the development of thrombosis in this group of patients with HT.

**Keywords:** hypertension, hemostasis system, methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism at positions C677T and A1298C, titular population

**For citation:** Goncharova LN, Degayeva TA, Sergutova NP. The analysis of methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism in the patients with arterial hypertension the Republic of Mordovia. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 1(26):134-143. doi: 10.15507/0236-2910.026.201601.134-143

В Республике Мордовия, как и в Российской Федерации в целом, сердечно-сосудистые заболевания занимают ведущее место в развитии фатальных осложнений. Их последствия приводят к необратимой инвалидизации больных и большим экономическим затратам со стороны как государства, так и пациента [1–3]. Одним из главных факторов риска сердеч-

но-сосудистых осложнений (инфаркта миокарда и нарушения мозгового кровообращения) является артериальная гипертензия (АГ) [1; 4–5]. Развитие осложнений при АГ связано со многими гемодинамическими факторами, в том числе нарушением в системе свертываемости крови. Рост склонности к повышенному тромбообразованию при АГ происходит за

счет дисбаланса и активации сосудисто-тромбоцитарного звена гемостаза, которое неуклонно прогрессирует с течением основного заболевания. Одним из наиболее значимых факторов активации в системе гемостаза является мутация гена метилентетрагидрофолатредуктазы (МТНФР) в позициях А1298С и С677Т [6–8].

Полиморфизм данного гена связан с концентрацией гомоцистеина (ГЦ) в крови. В частности, в позиции С677Т он влияет на распределение соединений фолиевой кислоты, которая необходима для реметилирования ГЦ. При неспособности регенерировать метионин происходит выброс в кровь избытка ГЦ. Полиморфизм гена МТНФР в позиции 1298 (А1298С) при распределении аллелей (гетерозиготность или монозиготность) не играет значимой роли в повышении концентрации общего ГЦ или снижении уровня фолата в плазме [9]. Однако сочетание гетерозиготного генотипа АС гена МТНФР в позиции 1298 и гетерозиготного СТ гена МТНФР в позиции 677Т приводят к таким же изменениям (снижению активности фермента, повышению концентрации ГЦ в плазме и снижению уровня фолата), как при носительстве гомозиготного генотипа 677Т [10–11]. В настоящее время существуют многочисленные данные, указывающие на гомоцистеин как на независимый модифицируемый фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний [12–15]. Были выявлены и изучены механизмы ГЦ, влияющие на усиление тромбогенеза и гиперкоагуляцию, а также возможные патогенетические механизмы влияния ГЦ на сосудистую стенку [16–19]. Повышение коагуляционной активности гипергомоцистеинемии связано с угнетением синтеза эндотелиального мембранного белка – тромбомодулина. Вследствие этого запускается каскад нарушений в сосудисто-тромбоцитар-

ном звене гемостаза, приводящий к повышению коагуляционных свойств крови [8; 20]. Имеется значительное количество работ, указывающих на гомоцистеинемиию как на фактор риска развития ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, нарушения мозгового кровообращения, а также на раннее развитие атеросклероза сосудов головного мозга и/или периферических сосудов [12; 21–22].

Крайне интересной является информация о распространенности носительства аллеля 677 в популяции. Частота встречаемости носительства гомозиготных генотипов у европейской расы составляет 4–14% [23]; гетерозиготных – ~ 40 %. Дело в том, что по данным проведенных исследований, у больных – носителей генотипа ТТ гена МТНФР уровень ГЦ в крови на 25% выше, чем у лиц с генотипом СС [24], и это прослеживается независимо от места проживания [25]. Наличие носительства генотипа ТТ гена МТНФР в позиции 677 было выявлено в большей степени у лиц европейской расы по отношению к чернокожим африканцам и аборигенам Шри-Ланки и Австралии [26], что указывает на зависимость от этнической принадлежности.

Учитывая роль гена МТНФР в развитии коагуляционных нарушений в плане повышенного тромбообразования, ранее были проведены скрининговые исследования по изучению данного гена у больных АГ в Республике Мордовия, в ходе которых было выявлено преобладание носительства гетерозиготного генотипа СТ гена МТНФР в позиции 677 [27–28]. В настоящее время особый интерес представляет изучение генетических аспектов гена МТНФР при АГ у больных мордовской и русской национальностей, проживающих в разных районах РМ (в частности, Зубово-Полянском) для разработки индивидуальных программ первичной





и вторичной профилактики с целью предупреждения развития фатальных и нефатальных осложнений.

### Материалы и методы

Было обследовано 113 пациентов с АГ I–II стадии по классификации ВНОК 2008 г. (АД > 140/90 мм рт.ст.), проживающих на территории Zubovo-Полянского р-на РМ и обратившихся в ГБУЗ РМ «Зубово-Полянская РБ». Больные АГ мордовской национальности составили 50,4 %, русской – 49,6 %. Группы были репрезентативны по возрастно-половому критерию: средний возраст больных АГ мордовской национальности составил  $42,7 \pm 0,8$  лет, русской –  $44,2 \pm 1,2$  лет ( $p > 0,05$ ). Соотношение мужчин и женщин в данных группах составило 27 и 73, 26 и 74 % соответственно.

Диагностика АГ, ее стадии, расчет риска развития осложнений проводились на основании данных анамнеза, лабораторных и инструментальных методов исследований, согласно принятой классификации АГ. Наряду с традиционными клинико-инструментальными исследованиями была осуществлена идентификация аллелей полиморфных маркеров методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Молекулярно-генетические исследования проводились в лаборатории ГБУЗ РМ «Зубово-Полянская РБ»; у всех пациентов было получено информированное согласие на них.

Статистический анализ результатов проведен с помощью пакетов программ «Statistica for Windows 6.0», «SPSS» (версия 14.0), программного обеспечения «MS Excel XP». При сравнении частот генотипов и аллелей в группах больных лиц использовался критерий согласия Пирсона ( $\chi^2$ ).

### Результаты исследования

При рассмотрении встречаемости носительства полиморфизма гена MTHFR в позиции 677 у больных АГ в зависимости от гендерной принад-

лежности было выявлено преобладание гетерозиготного генотипа СТ у больных АГ мужского пола – 76 % и женского пола – 92 %. «Неблагоприятный» генотип ТТ достоверно чаще встречается у мужчин АГ (20 %) по сравнению с мужчинами – носителями генотипа СС (4 %), а также женщинами – носителями генотипа ТТ (2,5 %).

Анализ полиморфизма гена MTHFR в позиции 677 в зависимости не только от пола больных, но и национальной принадлежности выявил, что среди больных АГ мордовской национальности, как у мужчин (65 %,  $p < 0,05$ ), так и у женщин (90 %,  $p < 0,05$ ) преобладает носительство промежуточного генотипа СТ. Генотип ТТ гена MTHFR в позиции 677, характеризующийся как «неблагоприятный», у больных АГ мордовской национальности встречается только у лиц мужского пола (20 %).

У больных АГ русской национальности также отмечается преобладание носительства генотипа СТ независимо от принадлежности к полу (мужчин – 87 %, женщин – 95 %). Однако в отличие от носительства генотипа ТТ у больных мордовской национальности, который проявился только у лиц мужского пола, у больных АГ русской национальности генотип ТТ встречается только у женщин (2,5 %) (табл. 1).

Таким образом, при сравнительном анализе встречаемости носительства генотипов гена MTHFR в позиции 677 в зависимости от гендерной и национальной принадлежности отмечается низкое носительство «благоприятного» генотипа СС и преобладание гетерозиготного генотипа СТ во всех группах обследованных больных. Носительство «неблагоприятного» генотипа ТТ данного гена выявлено только у больных АГ мужского пола мордовской национальности и, в низком процентом соотношении, –

у женщин АГ русской национальности. Выявленное носительство генотипа ТТ гена МТНFR в позиции 677 у больных АГ в данном случае обусловлено национальной принадлежностью.

Таблица 1

Table 1

**Распределение полиморфизма гена МТНFR в позиции 677 в зависимости от гендерной и национальной принадлежности**

**Distribution of polymorphism of the МТНFR gene at position 677, depending on gender and ethnicity**

Пол, национальность больных АГ / Sex and ethnicity of hypertensive patients	СС, %	СТ, %	ТТ, %
Мужчины, рус. / Male, Russians (n = 15)	13,0 P1/2 = 0,003	87	–
Женщины, рус. / Female, Russians (n = 41)	2,5 P1/2 = 0,005	95	2,5 P2/3 = 0,005
Мужчины, морд. / Male, Mordovians (n = 15)	13,0 P1/2 = 0,001	67	20,0 P2/3 = 0,003
Женщины, морд. / Female, Mordovians (n = 42)	10,0 P1/2 = 0,003	90	–

В группах обследованных больных АГ также был проведен анализ встречаемости генотипов гена МТНFR в позиции А1298С. Отмечено, что преобладание носительства промежуточного генотипа АС гена МТНFR в позиции А1298С характерно для больных АГ мужского и женского пола (62,5 и 63 % соответственно). Однако частота встречаемости «неблагоприятного» генотипа СС гена МТНFR в позиции А1298С у мужчин АГ (30 %) достоверно чаще встречается по сравнению с числом носителей генотипа АА (7 %), а для больных АГ женского пола выявлено достоверно более частое носительство генотипа АА (26,4 %).

Учитывая полученные результаты полиморфизма гена МТНFR в позиции 677 и данные литературных источников относительно «привязки» носительства «неблагоприятных» генотипов к этническим группам населения, особый интерес вызвал анализ полиморфизма гена МТНFR в позиции А1298С у обследованных больных АГ

в зависимости от национальной принадлежности.

Среди больных русской национальности независимо от принадлежности к полу достоверно доминирует носительство промежуточного генотипа АС гена МТНFR в позиции А1298С. Частота встречаемости генотипа СС как у мужчин, так и у женщин русской национальности с АГ достоверно выше, чем генотипа АА (табл. 2).

У обследованных больных АГ мордовской национальности мужского пола отмечается отсутствие носительства «благоприятного» генотипа АА гена МТНFR в позиции А1298С. В данной группе больных отмечается преобладание промежуточного генотипа АС и носительство «неблагоприятного» генотипа СС (33,7 %) (Там же). Для женщин АГ мордовской национальности выявлено преобладание носительства промежуточного генотипа АС гена МТНFR в позиции А1298С над генотипом АА, но данное преобладание не достигает  $\chi^2$  (Там же).



**Распределение полиморфизма гена MTHFR в позиции A1298C в зависимости от гендерной и национальной принадлежности**

**Distribution of polymorphism in the MTHFR gene A1298C positions depending on gender and ethnicity**

Пол, национальность больных АГ / Sex and ethnicity of hypertensive patients	АА, %	АС, %	СС, %
Мужчины, рус. / Male, Russians (n = 15)	13 P1/2/3 = 0,001	53,3	33,7
Женщины, рус. / Female, Russians (n = 41)	9,7 P1/2 = 0,001	71 P2/3 = 0,003	19,3
Мужчины, морд. / Male, Mordovians (n = 15)	–	73 P1/2/3 = 0,001	27
Женщины, морд. Female, Mordovians (n = 42)	43 P1/2/3 = 0,001	54,7	2,3 P1/2/3 = 0,004

Таким образом, анализ полиморфизма исследуемого гена MTHFR в позиции A1298C выявил преобладание носительства гетерозиготного генотипа АС и встречаемость «неблагоприятного» генотипа СС у всех обследованных больных АГ независимо от гендерной и национальной принадлежности. В то же время сравнительный анализ носительства генотипа СС гена MTHFR в позиции A1298C у больных АГ показал, что у больных мордовской национальности мужского пола отсутствует носительство генотипа, характеризующегося как «благоприятный». Частота встречаемости генотипа СС у женщин русской национальности достоверно выше, чем у женщин с АГ мордовской национальности.

#### **Заключение**

У обследованных больных АГ, проживающих в Zubovo-Polyanskom r-ne PM, было выявлено достоверное преобладание встречаемости гетерозиготных генотипов гена MTHFR незави-

симо от пола и национальной принадлежности. Однако частота носительства «неблагоприятных генотипов» ТТ в позиции 677 и СС в позиции A1298C гена MTHFR более характерна для мужчин АГ мордовской национальности.

Носительство генотипа СС гена MTHFR в позиции A1298C встречается у всех обследованных больных АГ. Учитывая, что наиболее значимым в развитии повышенного тромбообразования является сочетание носительства гетерозиготных и монозиготных генотипов СС и ТТ, то группой риска развития тромбофилических состояний являются больные АГ мужского пола мордовской национальности.

Полученные результаты не противоречат данным ранее проведенных исследований по изучению полиморфизма гена MTHFR у больных АГ (группу больных составили обследуемые из 11 районов РМ), в ходе которых было выявлено, что гетерозиготный генотип СТ встречается достоверно чаще у лиц мордовской национальности.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. **Кобалава Ж. Д., Котовская Ю. В., Виллевалде С. В.** Рекомендации по артериальной гипертонии 2007: текст, контекст и размышления // Кардиология. 2008. № 2. С. 97–112. URL: <http://www.cardio-journal.ru/ru/archive/article/2070>.
2. **Чазова И. Е., Ратова Л. Г.** Гипертоническая болезнь: от А. Л. Мясникова до наших дней // Кардиологический вестник. 2010. № 1. С. 5–11. URL: [http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest\\_1\\_2010.pdf](http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest_1_2010.pdf).
3. **Kearney P. M., Whelton M. L., Reynolds K.** Global burden of hypertension: analysis of worldwide data // The Lancet. 2005. Vol. 365 (9455). P. 217–223. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)17741-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(05)17741-1)
4. Randomised double-blind comparison of placebo and active treatment for older patients with isolated systolic hypertension / J. A. Staessen [et al.] // The Lancet. 1997. Vol. 350 (9080). P. 757–764. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)05381-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(97)05381-6)
5. **Chalmers J., Chapman N.** Challenges for the prevention of primary and secondary stroke: the importance of lowering blood pressure and total cardiovascular risk // Blood pressure. 2001. № 10. P. 344–351. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11822538>.
6. Prothrombin G20210A mutant genotype is a risk factor for cerebrovascular ischemic disease in young patients / V. de Stefano [et al.] // Blood. 1998. Vol. 91. P. 3562–3565. URL: <http://www.bloodjournal.org/content/bloodjournal/91/10/3562.full.pdf>.
7. **Хубутия М. Ш., Шевченко О. П.** Гомоцистеин при коронарной болезни сердца и сердечного трансплантата : монография. М. : Реафарм, 2004. 271 с. URL: <http://www.libex.ru/detail/book41896.html>.
8. **Markus H. S., Alberts M. J.** Update on genetics of stroke and cerebrovascular disease 2005 // Stroke. 2006. Vol. 37 (2). P. 288–290. doi: 10.1161/01.STR.0000200449.58684.8a
9. Methylene tetrahydrofolate reductase polymorphisms and homocysteine-lowering effect of vitamin therapy in Singaporean stroke patients / G. Y. Ho [et al.] // Stroke. 2006. Vol. 37. P. 456–460. doi: 10.1161/01.STR.0000199845.27512.8a
10. Circulating aggregated platelets, number of platelets per aggregate, and platelet size during acute myocardial infarction / I. Weinberg [et al.] // American Journal of Cardiology. 1992. Vol. 70, No. 11. P. 981–983. doi: 10.1016/0002-9149(92)90347-2
11. The effect of the C677T and A1298C polymorphisms in the methylenetetrahydrofolate reductase gene on homocysteine levels in elderly men and women from the British regional heart study / V. Dekou [et al.] // Atherosclerosis. 2001. Vol. 154 (3). P. 659–666. doi: 10.1016/S0021-9150(00)00522-0
12. Plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. The European Concerted Action Project / I. M. Graham [et al.] // JAMA. 1997. Vol. 277 (22). P. 1775–1781. doi: 10.1001/jama.1997.03540460039030
13. **Mayer E., Jacobsen D., Robinson K.** Homocysteine and coronary atherosclerosis // Journal of the American College of Cardiology. 1996. Vol. 27 (3). P. 517–527. doi: 10.1016/0735-1097(95)00508-0
14. **Stampfer M., Malinow M.** Can lowering homocysteine levels reduce cardiovascular risk? // New England Journal of Medicine. 1995. Vol. 332 (5). P. 328–329. doi: 10.1056/NEJM199502023320511
15. **Warren C.** Emergent cardiovascular risk factor: Homocysteine // Progress in Cardiovascular Nursing. 2002. Vol. 17. P. 35–41. URL: <http://www.medscape.com/viewarticle/431273>.
16. Homocysteine, coagulation platelet, function, and thrombosis / A. Coppola [et al.] // Semin Thromb Hemost. 2000. Vol. 26. P. 243–254. doi: 10.1055/s-2000-8469
17. **Genser D.** Homocysteine, vitamins, and restenosis after percutaneous coronary intervention // Cardiovascular Reviews and Reports. 2003. Vol. 24 (5). P. 253–258. URL: <http://www.medscape.com/viewarticle/457621>.
18. Role of oxidant stress in endothelial dysfunction produced by experimental hyperhomocysteinemia in humans / P. Kanani [et al.] // Circulation. 1999. Vol. 100 (11). P. 1161–1168. doi: 10.1161/01.CIR.100.11.1161
19. Hyperhomocysteinemia is associated with impaired endothelium-dependant vasodilatation in humans / A. Tawakol [et al.] // Circulation. 1997. Vol. 95 (5). P. 1119–1121. doi: 10.1161/01.CIR.95.5.1119



20. Гипергомоцистеинемия как фактор риска инсульта / А. И. Федин [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова : Приложение «Инсульт». 2002. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=77541>.

21. Association of polymorphism in the thermolabile 5,10-methylenetetrahydrofolate reductase gene and hyperhomocysteinemia with coronary artery disease / M. A. Alam [et al.] // Molecular and Cellular Biochemistry. 2008. Vol. 310 (1–2). P. 111–117. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18074111>.

22. Methylenetetrahydrofolate reductase gene and coronary artery disease / F. M. van Bockxmeer [et al.] // Circulation. 1997. Vol. 95 (1). P. 21–23. doi: 10.1161/01.CIR.95.1.21

23. **Brophy J.** The epidemiology of acute myocardial infarction and ischemic heart disease in Canada: data from 1976 to 1991 // Canadian Journal of Cardiology. 1997. Vol. 13. P. 474–478. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9179086>.

24. Homocysteine, endothelial dysfunction and oxidative stress in type 1 diabetes mellitus / F. Wotherspoon [et al.] // British Journal of Diabetes & Vascular Disease. 2003. Vol. 3 (5). doi: 10.1177/14746514030030010601

25. **Kalina A., Czeizel A. E.** The methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism (C677T) is associated with increased cardiovascular mortality in Hungary // International Journal of Cardiology. 2004. Vol. 97 (2). P. 333–334. doi: 10.1016/j.ijcard.2003.08.021

26. Homocysteine levels in men and women of different ethnic and cultural background living in England / F. Cappuccio [et al.] // Atherosclerosis. 2002. Vol. 164 (1). P. 95–102. doi: 10.1016/S0021-9150(02)00024-2

27. Изучение генов тромбогенеза у лиц артериальной гипертонией титульного населения Республики Мордовия / Л. Н. Гончарова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2009. Т. 8, № 4 S2. URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=638935>.

28. **Гончарова Л. Н., Дегаева Т. А.** Полиморфизм гена метилентетрагидрофолатредуктазы у больных артериальной гипертонией в Республике Мордовия // Теоретические и прикладные аспекты современной науки : сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2014. С. 218–221. URL: <http://issledo.ru/wp-content/uploads/2014/07/Sbornik-11.pdf>.

*Поступила 28.10.2015 г.*

*Об авторах:*

**Гончарова Людмила Никитична**, профессор кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4324-9071>**, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

**Дегаева Татьяна Алексеевна**, аспирант кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6922-5871>**, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

**Сергутова Наталья Петровна**, ассистент кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры Медицинского института ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8274-7906>**, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

## REFERENCES

1. Kobalava ZhD, Kotovskaya YuV, Villevalde SV. Rekomendatsii po arterialnoy gipertonii 2007: tekst, kontekst i razmyshleniya [Recommendations for hypertension in 2007: text, context and reflection]. *Kardiologiya = Cardiology*. 2008; 2:97-112. Available from: <http://www.cardio-journal.ru/ru/archive/article/2070>. (In Russ.)



2. Chazova IYe, Ratova LG. Gipertonicheskaya bolezn: ot A. L. Myasnikova do nashikh dney [Hypertensive heart disease: from A. L. Myasnikov to present day] // *Kardiologicheskii vestnik* = Cardiology Bulletin. 2010; 1:5-11. Available from: [http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest\\_1\\_2010.pdf](http://cardioweb.ru/files/Cardiovest/Kardiovest_1_2010.pdf). (In Russ.)
3. Kearney PM, Whelton ML, Reynolds K. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *The Lancet*. 2005; 365(9455):217-223. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)17741-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(05)17741-1)
4. Staessen JA, et al. Randomised double-blind comparison of placebo and active treatment for older patients with isolated systolic hypertension. *The Lancet*. 1997; 350(9080):757-764. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)05381-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(97)05381-6)
5. Chalmers J, Chapman N. Challenges for the prevention of primary and secondary stroke: the importance of lowering blood pressure and total cardiovascular risk. *Blood pressure*. 2001; 10:344-351. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11822538>.
6. Stefano V. de, et al. Prothrombin G20210A mutant genotype is a risk factor for cerebrovascular ischemic disease in young patients. *Blood*. 1998; 91:3562-3565. Available from: <http://www.bloodjournal.org/content/bloodjournal/91/10/3562.full.pdf>.
7. Khubutiya MSh, Shyevchyenko OP. Gomotsistein pri koronarnoy bolezn serdtsa i serdechnogo transplantata: monografiya [Homocysteine in coronary heart disease and heart transplant: monograph]. Moscow: Reafarm; 2004. Available from: <http://www.libex.ru/detail/book41896.html>. (In Russ.)
8. Markus HS, Alberts MJ. Update on genetics of stroke and cerebrovascular disease 2005. *Stroke*. 2006; 37(2):288-290. doi: 10.1161/01.STR.0000200449.58684.8a
9. Ho GY, et al. Methylenetetrahydrofolate reductase polymorphisms and homocysteine-lowering effect of vitamin therapy in Singaporean stroke patients. *Stroke*. 2006; 37:456-460. doi: 10.1161/01.STR.0000199845.27512.8a
10. Weinberg I, et al. Circulating aggregated platelets, number of platelets per aggregate, and platelet size during acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*. 1992; 11(70):981-983. doi: 10.1016/0002-9149(92)90347-2
11. Dekou V, et al. The effect of the C677T and A1298C polymorphisms in the methylenetetrahydrofolate reductase gene on homocysteine levels in elderly men and women from the British regional heart study. *Atherosclerosis*. 2001; 154(3):659-666. doi: 10.1016/S0021-9150(00)00522-0
12. Graham IM, et al. Plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. The European Concerted Action Project. *JAMA*. 1997; 277(22):1775-1781. doi:10.1001/jama.1997.03540460039030
13. Mayer E, Jacobsen D, Robinson K. Homocysteine and coronary atherosclerosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 1996; 27(3):517-527. doi:10.1016/0735-1097(95)00508-0
14. Stampfer M, Malinow M. Can lowering homocysteine levels reduce cardiovascular risk? *New England Journal of Medicine*. 1995; 332(5):328-329. doi: 10.1056/NEJM199502023320511
15. Warren S. Emergent cardiovascular risk factor: Homocysteine. *Progress in Cardiovascular Nursing*. 2002; 17:35-41. Available from: <http://www.medscape.com/viewarticle/431273>.
16. Coppola A, et al. Homocysteine, coagulation platelet, function, and thrombosis. *Semin Thromb Hemost*. 2000; 26:243-254. doi: 10.1055/s-2000-8469
17. Genser D. Homocysteine, vitamins, and restenosis after percutaneous coronary intervention. *Cardiovascular Reviews and Reports*. 2003; 24(5):253-258. Available from: <http://www.medscape.com/viewarticle/457621>.
18. Kanani P, et al. Role of oxidant stress in endothelial dysfunction produced by experimental hyperhomocysteinemia in humans. *Circulation*. 1999; 100(11):1161-1168. doi: 10.1161/01.CIR.100.11.1161
19. Tawakol A, et al. Hyperhomocysteinemia is associated with impaired endothelium-dependant vasodilatation in humans. *Circulation*. 1997; 95(5):1119-1121. doi: 10.1161/01.CIR.95.5.1119
20. Fedin AI, et al. Gipergomotsisteinemiya kak faktor riska insulta [Hyperhomocysteinemia as a risk factor for stroke]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova: Prilozheniye "Insult"* = Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry: Application "Stroke". 2002. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=77541>. (In Russ.)



21. Alam MA, et al. Association of polymorphism in the thermolabile 5,10-methylenetetrahydrofolate reductase gene and hyperhomocysteinemia with coronary artery disease. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2008; 310(1-2): 111-117. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18074111>.

22. Bockxmeer van FM, et al. Methylenetetrahydrofolate reductase gene and coronary artery disease. *Circulation*. 1997; 95(1):21-23. doi: 10.1161/01.CIR.95.1.21

23. Brophy J. The epidemiology of acute myocardial infarction and ischemic heart disease in Canada: data from 1976 to 1991. *Canadian Journal of Cardiology*. 1997; 13:474-478. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9179086>.

24. Wotherspoon F, et al. Homocysteine, endothelial dysfunction and oxidative stress in type 1 diabetes mellitus. *British Journal of Diabetes & Vascular Disease*. 2003; 3(5):334-340. doi: 10.1177/14746514030030010601

25. Kalina A, Czeizel AE. The methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism (C677T) is associated with increased cardiovascular mortality in Hungary. *International Journal of Cardiology*. 2004; 97(2):333-334. doi: 10.1016/j.ijcard.2003.08.021

26. Cappuccio F, et al. Homocysteine levels in men and women of different ethnic and cultural background living in England. *Atherosclerosis*. 2002; 164(1):95-102. doi: 10.1016/S0021-9150(02)00024-2

27. Goncharova LN, et al. Izucheniyе genov trombogeneza u lits arterialnoy gipertoniey titulnogo naseleniya Respubliki Mordoviya [Studying genes thrombogenesis in patients with arterial hypertension of the Republic of Mordovia title]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* = Cardiovascular therapy and prevention. 2009; 8(4):2. Available from: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=638935>. (In Russ.)

28. Goncharova LN, Degayeva TA. Polimorfizm gena metilentetragidrolatreduktazy u bolnykh arterialnoy gipertoniey v Respublike Mordoviya [Methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphism in patients with arterial hypertension in the Republic of Mordovia]. *Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty sovremennoy nauki: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* = Theoretical and applied aspects of modern science: Proceedings. Belgorod; 2014:218-221. Available from: <http://issledo.ru/wp-content/uploads/2014/07/Sbornik-11.pdf>. (In Russ.)

Submitted 28.10.2015

*About the authors:*

**Lyudmila Goncharova**, professor of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4324-9071>, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

**Tatyana Degayeva**, postgraduate student of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6922-5871>, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

**Natalya Sergutova**, assistant of Faculty Therapy chair with a course of Physiotherapy, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8274-7906>, [glnsn@mail.ru](mailto:glnsn@mail.ru)

**Редакция журнала «Вестник Мордовского университета»  
объявляет о наборе научных статей**

1. Редакция журнала «Вестник Мордовского университета» принимает оригинальные научные статьи на русском и английском языках, соответствующие профилю Журнала и отражающие результаты теоретических и/или экспериментальных исследований авторов (а также хронику, рецензии и обзоры) кандидатов и докторов наук, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов (в соавторстве) по следующим направлениям:

- 01.04.00 Физика
- 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 14.01.00 Клиническая медицина
- 14.03.00 Медико-биологические науки

Не допускается направление в редакцию уже опубликованных статей или статей, отправленных на публикацию в другие журналы. Мониторинг несанкционированного цитирования осуществляется с помощью систем «Антиплагиат» и «CrossCheck». Журнал приветствует статьи, имеющие потенциально высокий импакт-фактор и/или содержащие материал о значительных достижениях в указанных направлениях.

2. Особое внимание следует уделить качеству перевода. Желательно, чтобы он был выполнен носителем английского языка.

3. Необходимо указать **УДК** (<http://www.udk-codes.net>).

4. **Заголовок статьи** должен кратко (не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. *Приводится на русском и английском языках.*

5. **Аннотация** (200–250 слов.) выполняет функцию расширенного названия статьи и повествует о ее содержании. В ней должны быть четко обозначены следующие составные части:

- 1) Введение (Introduction);
- 2) Материалы и методы (Materials and Methods);
- 3) Результаты исследования (Results);
- 4) Обсуждение и заключения (Discussion and Conclusions).

*Приводится на русском и английском языках.*

6. **Ключевые слова** (5–10) являются поисковым образом научной статьи. В связи с этим, они должны отражать основные положения, достижения, результаты, терминологию научного исследования. *Приводятся на русском и английском языках.*

7. **Благодарности.** В этом разделе следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам. *Приводятся на русском и английском языках.*

8. **Основной текст** статьи излагается на русском или английском языках.

1) Введение (1–2 стр.) – постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности.

2) Обзор литературы (1–2 стр.). Необходимо описать основные (последние по времени) исследования и публикации, на которые опирается автор; современные взгляды на проблему; трудности при разработке данной темы; выделение нерешенных вопросов в пределах общей проблемы, которым посвящена статья.

3) Материалы и методы (1–2 стр.). В данном разделе описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, использованная аппаратура; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт и т. д.).

4) Результаты исследования. Это основной раздел, цель которого – при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты исследования должны быть изложены кратко, но при этом содержать достаточно информации для оценки сделанных выводов. Также должно быть обосновано, почему для анализа были выбраны именно эти данные. **Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках.**





5) Обсуждение и заключения. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области.

9. Список использованных источников (оформляется в соответствии с требованиями ГОСТа Р 7.0.5–2008). Ссылаться нужно в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования. Желательно использовать 30–40 источников. Из них за последние 3 года – не менее 20, иностранных – не менее 15. Следует указать DOI или адрес доступа в сети Интернет. *Оформляется на русском и английском языках.*

10. **Аффилиация авторов.** Ф.И.О., организация(и), адрес организации(й) (требуется указать все места работы автора, в которых выполнялись исследования (постоянное место, место выполнения проекта и др.)), должность и ученое звание, ORCID ID, Researcher ID, электронная почта, телефон, почтовый адрес для отправки авторского экземпляра. *Приводится на русском и английском языках.*

11. **Вклад соавторов.** В конце рукописи необходимо включить примечания, в которых разъясняется фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу. *Приводится на русском и английском языках.*

#### 12. Сопроводительные документы:

- выписка из протокола заседания кафедры, на котором обсуждалась статья (представление к печати);
- рецензия доктора наук, работающего в сфере, соответствующей тематике статьи; она должна содержать рекомендацию к публикации представленной работы в журнале, включенном в Перечень ВАК;
- для аспирантов: справка об обучении в аспирантуре.

При подаче статьи в редакцию автор соглашается с положениями прилагаемого лицензионного договора.

В журнале «Вестник Мордовского университета» принята четырехуровневая система рецензирования статей (срок действия рецензии – 1 год):

1. Проверка текста статьи на соответствие требованиям, предъявляемым к публикациям в научном журнале и на наличие заимствованного текста. Статья должна содержать не менее 85 % оригинального текста.

2. Открытое внешнее рецензирование (автор и рецензент знают друг о друге). В данном случае рецензентами должны быть лица, имеющие ученую степень доктора наук. Редакция имеет право направить представленную автором статью на дополнительное рецензирование одному или более рецензентам.

3. «Одностороннее слепое» внутреннее рецензирование (рецензент знает имя автора, автор не знает имени рецензента). Проводится членами экспертного совета журнала, сформированного согласно требованиям ВАК.

4. «Двустороннее слепое» рецензирование (рецензент и автор не знают имен друг друга). Осуществляется в случае поступления дискуссионных материалов и неоднозначной оценки члена экспертного совета.

Рецензент на основании анализа статьи принимает решение или рекомендовать ее к публикации (без доработки или с доработкой), или о ее отклонении. В случае несогласия автора статьи с замечаниями рецензента его мотивированное заявление рассматривается редакционной коллегией.

Политика редакционной коллегии журнала базируется на современных юридических требованиях в отношении клеветы, авторского права, законности и плагиата, поддерживает Кодекс этики научных публикаций, сформулированный Комитетом по этике научных публикаций, и строится на с учетом этических норм работы редакторов и издателей, закрепленных в Кодексе поведения и руководящих принципах наилучшей практики для редактора журнала и Кодексе поведения для издателя журнала, разработанных Комитетом по публикации этике (COPE).

Допускается свободное воспроизведение материалов журнала в личных целях и свободное использование в информационных, научных, учебных и культурных целях в соответствии со ст. 1273 и 1274 гл. 70 ч. IV Гражданского кодекса РФ. Иные виды использования возможны только после заключения соответствующих письменных соглашений с правообладателем.

Электронные версии статей размещаются на сайте Научной электронной библиотеки. Журнал распространяется по подписке, заявкам высших учебных заведений, учреждений образования и отдельных лиц, а также путем рассылки номеров наложенным платежом.

Вдовин Сергей Михайлович – главный редактор. Тел.: +7 (8342) 24-48-88.

Полутин Сергей Викторович – заместитель главного редактора. Тел.: +7 (8342) 32-81-57.

Гордина Светлана Викторовна – ответственный секретарь. Тел.: +7 (8342) 48-14-24.

**“Mordovia University Bulletin” invites the authors for collaboration**

1. “Mordovia University Bulletin” accepts scholarly articles and debatable academic materials in Russian, English from holders of the following degrees: Ph. D., Dr. Sci., lecturer, post-graduate student and senior student (co-authored). Articles should conform to the subject of the journal and report on the results of theoretical and/or experimental studies of the authors (as well as highlights, and reviews).

The journal covers the following specialties:

01.04.00 Physics

05.13.00 Computer Science and Computer Facilities and Management

05.20.00 Agroengineering System Processes and Machines

14.01.00 Clinical Medicine

14.03.00 Medicobiological Sciences

Submission of a manuscript implies that the work described has not been published previously. Monitoring of unauthorized citations is provided by services “Antiplagiat” and “CrossCheck”. The journal gives preference to the articles with potentially high impact factor or containing significant advances in considered areas of science.

2. If you translate your text into English, please do so in correct English (either American or British usage is accepted, but not a mixture of both).

3. It is necessary to indicate the **UDC** code (<http://www.udk-codes.net>).

4. The title of the article should be short and informative (less than 10 words) and should convey your essential points clearly.

*The title is to be provided in Russian and English.*

5. **The abstract** plays a role of an enhanced title. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions (200–250 words). It consists of 4 distinct parts:

1) Introduction

2) Materials and Methods

3) Results

4) Discussion and Conclusions

The abstract is to be provided in Russian and English.

6. The structure of the paper should contain the **list of keywords** (5–10 words) *in Russian and English*. They should reflect basic statements, results achieved and the terminology of the investigation.

7. **Acknowledgements:** List in this section those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.). *The acknowledgements are to be provided in Russian and English.*

8. **The main body** of the article should be presented in Russian or in English.

1) Introduction (1–2 pp.) is the challenge of the problem treated, its relevance, its connection with the chief tasks to be solved, its importance for the development of a definite area of science or for practical activity.

2) Literature review (1–2 pp.): It is necessary to describe the recent principal studies and publications relied upon by the author; modern views on the issue; difficulties in the development of the subject; the allotment of the outstanding issues within the general problem of the article.

3) Materials and methods (1–2 pp.): This section describes the process of the experiment, using techniques and equipment; provides detailed information about the target of research; indicates the sequence of research and justifies the choice of methods used (observation, survey, test, experiment, laboratory experience, analysis, modeling, learning and generalization, etc).

4) Results: In this section should be presented systematic analytical and statistical material. The research results should be described adequately, so that the reader can trace the process and assess the validity of the conclusions made by the author. This is the main section, which aims to prove a working hypothesis (or hypotheses) by analysis, synthesis and data clarification. All titles, signatures, and structural elements of graphs, tables, charts etc. should be in Russian and in English.

5) Discussion and conclusion: The conclusion must contain a brief summary of research results. The main points of the work must be repeated. It is better to present any repetition of the material with new formulations. It is necessary to compare the results with the target, indicated at the beginning of the article. In conclusion, the results are to be summarized from a theoretical and practical point of view; the main directions for further research are indicated in this area.

9. **Bibliography:** The bibliography should be drawn up strictly according to the GOST P 7.0.5-2008 and in uniform format (in Russian and English).

It would be desirable to refer to papers published in indexed journals with impact factor.

It is advisable to refer to 30–40 sources (at least 20–30 recent sources).



Citations of articles published in “Mordovia University Bulletin” should include author, title, volume number, year, and page number, DOI and/or URL. The bibliography is to be provided in Russian and English.

10. **Institutional affiliation of authors:** Last name, first name, the name of the institution, the address of the institution, the place where the project occurred, the position and academic title of the author, ORCID ID, Researcher ID, e-mail, phone, postal address for delivery of obligatory copy (*in Russian and in English*).

11. **Authors’ contributions.** At the end of the manuscript, authors should explain in the notes the actual contribution of each collaborator in the work performed. The order of the authors and co-authors of the article must be consistent in itself (*in Russian and in English*).

12. **Enclosed documents:**

– Extracts from minutes of sub-faculty meeting to discuss the article (recommendation for publication);  
– Review with recommendation for publication of a Dr.Sci., working in the field of topics related to the articles;

– Postgraduate students need a certificate of education in graduate school.

The author agrees to the terms of the enclosed license agreement by submission of the article.

The journal has adopted a 4-level system of reviewing of papers/manuscripts (term of validity “Mordovia University Bulletin” 1 year):

1st level – checking the compliance of the main body of the article with submission requirements and for the availability of the borrowed text. Monitoring of unauthorized citation is carried out with the use of Plagiarism detection system (at least 85% of the original text);

2nd level – public external reviewing (author and reviewer are familiar with each other). External reviewing implies receiving a review of the author’s manuscript. Along with a manuscript the author provides a review of his/her paper prepared by specialists in this specific scientific domain. Reviewers should be holders of a doctoral degree. At this stage of reviewing the editorial board has the right to forward the paper for a further review to one or more independent reviewers who may be scholars whose research interest are consistent with the research theme of presented for a review paper.

3rd level – “unilateral blind” internal reviewing (reviewer knows the author’s name but the author does not know the reviewer’s name) – reviewing is carried out by members of the journal’s expert board that is formed according to requirement of Highest Attestation Committee on degrees conferment;

4th level – “double blind” reviewing (reviewer and author are not familiar with each other) – reviewing is carried out when a paper to be reviewed is debating in nature or ambivalently evaluated by a member of the journal’s expert board. In order to improve the objectivity of views on papers to be reviewed, the editorial board has the right to arrange for an anonymous review, i.e. not to let the reviewer know the author’s name whose article is to be reviewed.

A reviewer analyses an article and decides recommending it for publication (after revision of without it), additional reviewing or refusing of it. In case of noncompliance of an author with the comment of a reviewer, they can address a motivated statement to editorial council.

Editorial staff’s policy is based on modern legal requirements concerning libel, copyright, legitimacy, plagiarism, ethical principles, kept in community of leading scientific issues publishers. Journal’s editorial policy is based upon traditional ethical principles of Russian academic periodicals; it supports Academic Periodicals Ethical Codex, stated by Committee on Publication Ethics (Russia, Moscow) and it is formed in account of standards of ethics of editors’ and publishers’ work confirmed by Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers, developed by Committee on Publication Ethics (COPE).

Free recall of journal’s material is allowed for personal purposes. Free use is permitted for informational, academic, educational and cultural purposes in compliance of paragraphs 1273 and 1274 of chapter 70, part IV of Civil Codex of Russia. Other types of use are possible only after making agreements in writing with copyright holder.

Electronic copies of the journal with full text of the articles in PDF are in free access at the website of Academic Electronic Library. The journal is distributed by subscription, requests of universities, educational institutions and individuals and pay-on-delivery mailing.

Vdovin Sergey Mikhaylovich – Editor in chief. Tel.: +7 (8342) 24-48-88.

Polutin Sergey Viktorovich – Deputy editor in chief. Tel.: +7 (8342) 32-81-57.

Gordina Svetlana Viktorovna – Executive editor. Tel.: +7 (8342) 48-14-24.

Редактор – *Л. А. Пудовкина*  
Перевод *С. В. Голованова, Н. Н. Плеханковой*  
Компьютерная верстка *А. С. Полутина*  
Информационная поддержка *Р. В. Карасева*

Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны.

Подписано в печать 10.03.2016 г. Дата выхода в свет 31.03.2016 г.

Формат  $70 \times 108 \frac{1}{16}$ . Усл. печ. л. 12,95.

Тираж 250 экз. Заказ № 327. Свободная цена.

Отпечатано в типографии Издательства Мордовского университета  
430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Советская, 24

Editor *L. A. Pudovkina*  
Translation *S. V. Golovanov, N. N. Plekhankova*  
Desktop publishing *A. S. Polutin*  
Informational support *R. V. Karasev*

Distributed in Russian Federation and foreign countries.

Signed to print 10.03.16. Date of publishing 31.03.16.

Sheet size  $70 \times 108 \frac{1}{16}$ . Conventional printed sheets 12,95.

Number of copies 250. Order no. 327. Free price.

Publishing House of Mordovia State University  
24, Sovetskaya St., 430005 Saransk, Republic of Mordovia