

Министерство здравоохранения Российской Федерации  
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи

---

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

# ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ

---

VOPROSY PITANIYA  
(PROBLEMS OF NUTRITION)

Основан в 1932 г.

ТОМ 89

№ 4, 2020

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Журнал представлен в следующих информационно-справочных изданиях и библиографических базах данных: Реферативный журнал ВИНТИ, Biological, MedART, eLibrary.ru, The National Agricultural Library (NAL), Nutrition and Food Database, FSTA, EBSCOhost, Health Index, Scopus, Web of Knowledge, Social Sciences Citation Index, Russian Periodical Catalog



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА  
«ГЭОТАР-Медиа»

**Тутельян Виктор Александрович**, главный редактор, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией энзимологии питания, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

**Никитюк Дмитрий Борисович**, заместитель главного редактора, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией спортивной антропологии и нутрициологии, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

**Вржесинская Оксана Александровна**, ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

**Пузырева Галина Анатольевна**, ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

**Арчаков Александр Иванович** (Москва, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича»

**Багиров Вугар Алиевич** (Москва, Россия)  
член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России

**Батурич Александр Константинович** (Москва, Россия)  
доктор медицинских наук, профессор, руководитель направления «Оптимальное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**Бойцов Сергей Анатольевич** (Москва, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России

**Бреда Жоао** (Копенгаген, Дания)  
доктор медицинских наук, руководитель Европейского офиса по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними и Программы по вопросам питания, физической активности и ожирения Европейского регионального бюро ВОЗ в отделе неинфекционных заболеваний и укрепления здоровья на всех этапах жизни

**Валента Рудольф** (Вена, Австрия)  
профессор, руководитель Департамента иммунопатологии, кафедры патофизиологии и аллергии Медицинского университета г. Вены

**Голухова Елена Зеликовна** (Москва, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии Института кардиохирургии им. В.И. Бураковского ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России

**Григорьев Анатолий Иванович** (Москва, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, советник РАН

**Зайцева Нина Владимировна** (Пермь, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

**Исаков Василий Андреевич** (Москва, Россия)  
доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**Кочеткова Алла Алексеевна** (Москва, Россия)  
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**Медведева Ирина Васильевна** (Тюмень, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

**Нареш Маган** (Лондон, Великобритания)  
профессор факультета изучения окружающей среды и технологии Кренфильдского университета

**Онищенко Геннадий Григорьевич** (Москва, Россия)  
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой экологии человека и гигиены окружающей среды медико-профилактического факультета ФГАУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), первый заместитель председателя комитета Государственной Думы по образованию и науке

**Попова Анна Юрьевна** (Москва, Россия)  
доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

**Савенкова Татьяна Валентиновна** (г. Москва, Россия)  
доктор технических наук, профессор, директор Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиала ФГБУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

**Салагай Олег Олегович** (Москва, Россия)  
кандидат медицинских наук, заместитель министра здравоохранения РФ

**Стародубова Антонина Владимировна** (Москва, Россия)  
доктор медицинских наук, заведующий отделением сердечно-сосудистой патологии, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**Суханов Борис Петрович** (Москва, Россия)  
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ФГАУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)

**Тсатсакис Аристидис Михаил** (Крит, Греция)  
академик РАН, профессор, руководитель Департамента токсикологии и судебной медицины при Университете Крита, председатель отдела морфологии Медицинской школы Университета Крита

**Хотимченко Сергей Анатольевич** (Москва, Россия)  
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий, первый заместитель директора ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Акимов М.Ю.** (Мичуринск, Россия)  
**Бакиров А.Б.** (Уфа, Россия)  
**Бессонов В.В.** (Москва, Россия)  
**Боровик Т.Э.** (Москва, Россия)  
**Камбаров А.О.** (Москва, Россия)  
**Коденцова В.М.** (Москва, Россия)  
**Кузьмин С.В.** (Москва, Россия)  
**Мазо В.К.** (Москва, Россия)  
**Погожева А.В.** (Москва, Россия)  
**Попова Т.С.** (Москва, Россия)

**Сазонова О.В.** (Самара, Россия)  
**Симоненко С.В.** (Москва, Россия)  
**Сычик С.И.** (Минск, Республика Беларусь)  
**Турчанинов Д.В.** (Омск, Россия)  
**Хенсел А.** (Берлин, Германия)  
**Шабров А.В.** (Санкт-Петербург, Россия)  
**Шарафетдинов Х.Х.** (Москва, Россия)  
**Шарманов Т.Ш.** (Алматы, Казахстан)  
**Шевелева С.А.** (Москва, Россия)  
**Шевырева М.П.** (Москва, Россия)

## Научно-практический журнал «Вопросы питания» № 4, 2020

Выходит 6 раз в год.  
Основан в 1932 г.

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
ПИ № 77-14119 от 11.12.2002.

Все права защищены.

Никакая часть издания  
не может быть воспроизведена  
без согласия редакции.

При перепечатке публикаций  
с согласия редакции ссылка  
на журнал «Вопросы питания»  
обязательна.

Ответственность за содержание  
рекламных материалов  
несут рекламодатели.

### Адрес редакции

109240, г. Москва,  
Устьинский проезд, д. 2/14,  
ФГБУН «ФИЦ питания  
и биотехнологии», редакция  
журнала «Вопросы питания»  
Телефон: (495) 698-53-60, 698-53-46  
Факс: (495) 698-53-79

### Научный редактор

Вржесинская Оксана Александровна:  
(495) 698-53-30, red@ion.ru

### Подписные индексы

каталог «Пресса России»: 88007

### Сайт журнала:

<http://www.voprosy-pitaniya.ru>

### Издатель

ООО Издательская группа  
«ГЭОТАР-Медиа»  
115035, г. Москва, ул. Садовническая,  
д. 11, стр. 12  
Телефон: (495) 921-39-07  
[www.geotar.ru](http://www.geotar.ru)

### Выпускающий редактор:

Красникова Ольга,  
[krasnikova@geotar.ru](mailto:krasnikova@geotar.ru)

Корректор: Макеева Елена

Верстка: Килимник Арина

Тираж 3000 экземпляров.  
Формат 60x90 1/8.  
Печать офсетная. Печ. л. 34.  
Отпечатано в ООО «Типография  
«Перфектум». 428000, г. Чебоксары,  
ул. К. Маркса, д. 52, оф. 102.  
Заказ №

© ООО Издательская группа  
«ГЭОТАР-Медиа», 2020

**Viktor A. Tutelyan**, Editor-in-Chief, Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Nutrition Enzymology, Scientific supervisor of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (Moscow, Russia)

**Dmitriy B. Nikityuk**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Sport Anthropology and Nutrition, Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (Moscow, Russia)

**Oksana A. Vrzhesinskaya**, Executive Secretary of the Editorial Office, PhD, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

**Galina A. Puzyreva**, Executive Secretary of the Editorial Office, PhD, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Sport Anthropology and Nutrition of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (Moscow, Russia)

### Scientific and practical journal «Problems of Nutrition» N 4, 2020

6 times a year.  
Founded in 1932.

The mass media registration  
certificate PI N 77-14119  
from 11.12.2002.

All rights reserved.

No part of the publication  
can be reproduced without  
the written consent of editorial office.

Any reprint of publications with consent  
of editorial office should obligatory  
contain the reference to the "Problems  
of Nutrition" provided the work is  
properly cited.

The content  
of the advertisements is the  
advertiser's responsibility.

#### Address of the editorial office

109240, Moscow,  
Ust'inskiy driveway, 2/14,  
Federal Research Centre of Nutrition,  
Biotechnology and Food Safety, editorial  
office of the "Problems of Nutrition"  
Phone: (495) 698-53-60, 698-53-46  
Fax: (495) 698-53-79

#### Science editor

Vrzhesinskaya O.A.:  
(495) 698-53-30, red@ion.ru

#### Subscription index

in catalogue of "The Press of Russia": 88007

#### The journal's website:

<http://www.voprosy-pitaniya.ru>

#### Publisher

GEOTAR-Media Publishing Group  
Sadovnicheskaya st.,  
11/12, Moscow  
115035, Russia  
Phone: (495) 921-39-07  
[www.geotar.ru](http://www.geotar.ru)

#### Desk editor:

Krasnikova Olga,  
[krasnikova@geotar.ru](mailto:krasnikova@geotar.ru)

Proofreader: Makeeva E.I.

Layout: Kilimnik A.I.

Circulation of 3000 copies.

Format 60x90 1/8.

Offset printing. 34.

LLC «Perfectum».

428000, Cheboksary,

K. Marx St., 52, office 102.

Order N

© GEOTAR-Media Publishing Group,  
2020

**Aleksander I. Archakov** (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific director of Institute of Biomedical Chemistry named after V.N. Orekhovich

**Vugar A. Bagirov** (Moscow, Russia)

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Department for Coordination and Support of Organizations in the Field of Agricultural Sciences the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

**Aleksander K. Baturin** (Moscow, Russia)

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department "Optimal Nutrition" of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

**Sergey A. Boytsov** (Moscow, Russia)

Full Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, General director of National Medical Research Center of Cardiology

**Joao Breda** (Copenhagen, Denmark)

PhD MPH MBA, Head of WHO European Office for Prevention and Control of Noncommunicable Diseases & a.i. Programme Manager Nutrition, Physical Activity and Obesity of the Division of Noncommunicable Diseases and Promoting Health through the Life-course

**Rudolf Valenta** (Vienna, Austria)

Professor, Head of the Laboratory for Allergy Research of Division of Immunopathology at the Department of Pathophysiology and Allergy Research at the Center for Pathophysiology, Infectology and Immunology of Medical University of Vienna

**Elena Z. Golukhova** (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Non-Invasive Arrhythmology and Surgical Treatment of Combined Pathology at the V.I. Bourakovskiy Institute for Cardiac Surgery of A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery

**Anatoliy I. Grigoriev** (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Advisor of the Russian Academy of Sciences

**Nina V. Zaytseva** (Perm', Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific supervisor of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

**Vasily A. Isakov** (Moscow, Russia)

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Gastroenterology and Hepatology of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

**Alla A. Kochetkova** (Moscow, Russia)

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Preventive Products of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

**Irina V. Medvedeva** (Tyumen, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector of Tyumen State Medical University

**Magan Naresh** (London, United Kingdom)

Professor of Applied Mycology of Cranfield Soil and Agrifood Institute of Cranfield University

**Gennady G. Onishchenko** (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, head of the Department of Human Ecology and Environmental Hygiene of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, First Deputy Chairman of the State Duma Committee on Education and Science

**Anna Yu. Popova** (Moscow, Russia)

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing

**Tatiana V. Savenkova** (Moscow, Russia)

Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of All-Russian Scientific Research Institute of the Confectionery Industry – a Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

**Oleg O. Salagay** (Moscow, Russia)

PhD, Candidate of Medical Sciences, Deputy Minister of Health Care of the Russian Federation

**Antonina V. Starodubova** (Moscow, Russia)

Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Cardiovascular Pathology, Deputy Director for Scientific and Medical Work of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

**Boris P. Sukhanov** (Moscow, Russia)

Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Hygiene and Toxicology at the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

**Aristides M. Tsatsakis** (Crete, Greece)

Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, the Director of the Department of Toxicology and Forensic Sciences of the Medical School at the University of Crete and the University Hospital of Heraklion, the Chairman of the Division of Morphology of the Medical School of the University of Crete in Greece

**Sergey A. Khotimchenko** (Moscow, Russia)

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Food Toxicology and Safety Assessments of Nanotechnology, First Deputy Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

### EDITORIAL COUNCIL

**Akimov M.Yu.** (Michurinsk, Russia)

**Bakirov A.B.** (Ufa, Russia)

**Bessonov V.V.** (Moscow, Russia)

**Borovik T.E.** (Moscow, Russia)

**Kambarov A.O.** (Moscow, Russia)

**Kodentsova V.M.** (Moscow, Russia)

**Kuzmin S.V.** (Moscow, Russia)

**Mazo V.K.** (Moscow, Russia)

**Pogozheva A.V.** (Moscow, Russia)

**Popova T.S.** (Moscow, Russia)

**Sazonova Olga V.** (Samara, Russia)

**Simonenko S.V.** (Moscow, Russia)

**Sychik S.I.** (Minsk, Belarus)

**Turchaninov Denis V.** (Omsk, Russia)

**Hensel A.** (Berlin, Germany)

**Shabrov A.V.** (St. Petersburg, Russia)

**Sharafetdinov Kh.Kh.** (Moscow, Russia)

**Sharmanov T.S.** (Alma-Ata, Kazakhstan)

**Sheveleva S.A.** (Moscow, Russia)

**Shevyreva M.P.** (Moscow, Russia)

## ОТ РЕДАКЦИИ

**Тутельян В.А.**

К 90-летию Института питания: взгляд сквозь годы

## ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ

**Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батурич А.К., Васильев А.В., Гаппаров М.М.Г., Жилинская Н.В., Жминченко В.М., Камбаров А.О., Коденцова В.М., Кравченко Л.В., Кулакова С.Н., Лашнева Н.В., Мазо В.К., Соколов А.И., Суханов Б.П., Хотимченко С.А.**

Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи

**Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Маркова Ю.М., Присянников М.Ю.**

Микробиом кишечника: от эталона нормы к патологии

**Мазо В.К., Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Василевская Л.С.**

Физиолого-биохимические исследования как необходимый компонент алгоритма оценки эффективности минорных биологически активных веществ пищи

## ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

**Батурич А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О.**

Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий

**Пырьева Е.А., Гмошинская М.В., Сафронова А.И., Шилина Н.М., Георгиева О.В.**

Развитие детской нутрициологии в России

**Никитюк Д.Б.**

Антропонутициология: развитие идей основоположников нового научного направления

## МИКРОНУТРИЕНТЫ В ПИТАНИИ

**Коденцова В.М., Жилинская Н.В., Шпигель Б.И.**

Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩИ

**Тышко Н.В., Садыкова Э.О., Шестакова С.И., Аксюк И.Н.**

Новые источники пищи: от генно-инженерно-модифицированных организмов к расширению биоресурсной базы России

**Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Багрянцева О.В., Шатров Г.Н.**

Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы

## EDITORIAL

**Tutelyan V.A.**To the 90<sup>th</sup> anniversary of the Institute of Nutrition: a look through the years

## PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF NUTRITION

**Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Baturin A.K., Vasiliev A.V., Gapparov M.M.G., Zhilinskaya N.V., Zhminchenko V.M., Kambarov A.O., Kodentsova V.M., Kravchenko L.V., Kulakova S.N., Lashneva N.V., Mazo V.K., Sokolov A.I., Sukhanov B.P., Khotimchenko S.A.**

Nutriome as the direction of the "main blow": determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances

**Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Markova Yu.M., Prosyannikov M.Yu.**

Gut microbiome: from the reference of the norm to pathology

**Mazo V.K., Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Vasilevskaya L.S.**

Physiological and biochemical studies as a necessary component of the algorithm for assessing the effectiveness of food minor biologically active substances

## HYGIENE OF NUTRITION

**Baturin A.K., Martinchik A.N., Kambarov A.O.**The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries**Pyrieva E.A., Gmshinskaya M.V., Safronova A.I., Shilina N.M., Georgieva O.V.**

The development of children nutrition science in Russia

**Nikityuk D.B.**

Anthroponutriciology: the development of the ideas of the founders of a new scientific direction

## MICRONUTRIENTS IN NUTRITION

**Kodentsova V.M., Zhilinskaya N.V., Shpigel B.I.**

Vitaminology: from molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults

## FOOD SAFETY

**Tyshko N.V., Sadykova E.O., Shestakova S.I., Aksyuk I.N.**

Novel food sources: from GMO to the broadening of Russia's bioresource base

**Khotimchenko S.A., Gmshinski I.V., Bagryantseva O.V., Shatrov G.N.**

Chemical food safety: development of methodological and regulatory base

<b>Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П.</b>	<b>125</b>	<b>Sheveleva S.A., Kuvayeva I.B., Efimochkina N.R., Minaeva L.P.</b>	<b>125</b>
Микробиологическая безопасность пищи: развитие нормативной и методической базы		Microbiological safety of food: development of normative and methodical base	
<b>ЛЕЧЕБНОЕ ПИТАНИЕ</b>		<b>DIET TREATMENT</b>	
<b>Стародубова А.В., Ливанцова Е.Н., Дербенева С.А., Косюра С.Д., Поленова Н.В., Вараева Ю.Р.</b>	<b>146</b>	<b>Starodubova A.V., Livantsova E.N., Derbeneva S.A., Kosyura S.D., Polenova N.V., Varaeva Yu.R.</b>	<b>146</b>
Кардионутрициология: лечебное питание в профилактике и лечении ведущей патологии современности		Cardiovascular nutrition: disease management and prevention as major public health problem nowadays	
<b>Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А.</b>	<b>161</b>	<b>Sharafetdinov Kh.Kh., Plotnikova O.A.</b>	<b>161</b>
Ожирение как глобальный вызов XXI века: лечебное питание, профилактика и терапия		Obesity as a global challenge of the 21 <sup>st</sup> century: clinical medical nutrition, prevention and therapy	
<b>Исаков В.А., Морозов С.В., Пилипенко В.И.</b>	<b>172</b>	<b>Isakov V.A., Morozov S.V., Pilipenko V.I.</b>	<b>172</b>
Инновационные подходы к анализу состава рациона и диетотерапии функциональных заболеваний органов пищеварения		Innovative approaches to study food patterns in functional gastrointestinal disorders	
<b>Ревякина В.А.</b>	<b>186</b>	<b>Revyakina V.A.</b>	<b>186</b>
Проблема пищевой аллергии на современном этапе		The problem of food allergies at the present stage	
<b>Строкова Т.В., Багаева М.Э., Зубович А.И., Павловская Е.В., Таран Н.Н., Тин И.Ф., Матинян И.А., Дремучева Т.А., Кутырева Е.А., Васильева Е.А.</b>	<b>193</b>	<b>Strokova T.V., Bagaeva M.E., Zubovich A.I., Pavlovskaya E.V., Taran N.N., Tin I.F., Matinyan I.A., Dremucheva T.A., Kutyreva E.A., Vasil'eva E.A.</b>	<b>193</b>
Питание и орфаные заболевания		Nutrition and orphan diseases	
<b>СПОРТИВНОЕ ПИТАНИЕ</b>		<b>NUTRITION OF SPORTSMEN</b>	
<b>Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В.</b>	<b>203</b>	<b>Nikityuk D.B., Kobelkova I.V.</b>	<b>203</b>
Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины		Sports nutrition as a model of maximum individualization and implementation of integrative medicine	
<b>ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ</b>		<b>CHEMICAL COMPOSITION OF FOODSTUFFS</b>	
<b>Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О., Макаренко М.А., Малинкин А.Д., Сокуренок М.С., Зотов В.А., Шевякова Л.В.</b>	<b>211</b>	<b>Bessonov V.V., Bogachuk M.N., Bokov D.O., Makarenko M.A., Malinkin A.D., Sokurenko M.S., Zotov V.A., Shevyakova L.V.</b>	<b>211</b>
Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии		Databases of the chemical composition of foods in the era of digital nutrition science	
<b>Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В.</b>	<b>220</b>	<b>Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Bogachuk M.N., Malinkin A.D., Makarenko M.A., Shevyakova L.V., Perova I.B., Rylina E.V., Makarov V.N., Zhidehina T.V., Koltsov V.A., Yushkov A.N., Novotortsev A.A., Briksin D.M., Khromov N.V.</b>	<b>220</b>
Биологическая ценность плодов и ягод российского производства		Biological value of fruits and berries of Russian production	
<b>ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ</b>		<b>PROPHYLACTIC NUTRITION</b>	
<b>Кочеткова А.А., Воробьева В.М., Саркисян В.А., Воробьева И.С., Смирнова Е.А., Шатнюк Л.Н.</b>	<b>233</b>	<b>Kochetkova A.A., Vorobyeva V.M., Sarkisyan V.A., Vorobyeva I.S., Smirnova E.A., Shatnyuk L.N.</b>	<b>233</b>
Динамика инноваций в технологии производства пищевых продуктов: от специализации к персонализации		Dynamics of innovations in food technologies: from specialization to personalization	

**Акимов М.Ю.**

Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания

**244 Akimov M.Yu.**

New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry

**244**

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**CONTROL OF FOOD QUALITY AND SAFETY**

**Эллер К.И., Перова И.Б.**

Тенденции развития аналитических методов определения качества и подлинности пищевых продуктов

**255 Eller K.I., Perova I.B.**

Trends in the development of analytical methods for determination of the quality and authenticity of foodstuffs

**255**

**СОЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ**

**SOCIAL ISSUES OF NUTRITION**

**Погожева А.В., Смирнова Е.А.**

К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания

**262 Pogozeva A.V., Smirnova E.A.**

To the health of the nation through multi-level educational programs for the population in the field of optimal nutrition

**262**

## ***Уважаемые коллеги!***

Номер журнала, который вы держите в руках, посвящен 90-летию ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и 100-летию со дня создания его предшественника – Научно-исследовательского института физиологии питания.

Не вызывает сомнения, что оптимальное питание, характеризующееся адекватным поступлением в организм пищевых и биологически активных веществ, имеет крайне важное значение для здоровья, сохранения и повышения качества жизни всех групп населения. В связи с этим научное обоснование и разработка практических рекомендаций по оптимизации рациона для разных возрастных групп, а также модификации рациона для пациентов с различными заболеваниями, представляет чрезвычайно актуальную задачу современной науки о питании.

В этом номере журнала консолидированы знания из различных областей современной нутрициологии: биохимии, гигиены, новых технологий в создании и применении специализированных и функциональных пищевых продуктов.

Журнал содержит ряд обзоров литературы и обобщающих оригинальных статей, характеризующих состояние науки о питании на современном этапе.

Таким образом, в нем вы найдете современные и крайне интересные данные и исследования, касающиеся проблем оптимального питания.

*Главный редактор*

*Тутельян В.А., академик РАН, доктор медицинских наук, профессор,  
научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,  
заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии*

*ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),  
председатель профильной комиссии по диетологии Экспертного совета  
в сфере здравоохранения Минздрава России,  
главный внештатный специалист-диетолог Минздрава России*

**Для корреспонденции**

Тутельян Виктор Александрович (Viktor A. Tutelyan) – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-46  
 E-mail: tutelyan@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>

Тутельян В.А.

## К 90-летию Института питания: взгляд сквозь годы

To the 90<sup>th</sup> anniversary  
of the Institute of Nutrition:  
a look through the years

Tutelyan V.A.

- <sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation
- <sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

*Примерно 50% нашего здоровья зависит от качества питания. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (в прошлом – Институт питания) занимается этой проблемой уже 90 лет. Основные направления деятельности: медицинская энзимология, поиск новых источников пищи (проблема белка), эпидемиология питания, спортивное питание для профессионалов и питание спецконтингентов (в частности, космонавтов), поиск новых биологически активных соединений, пищевая токсикология и оценка безопасности нанотехнологий, изучение метаболизма и механизма действия контаминантов пищевых продуктов, создание нормативной базы по химической и микробиологической безопасности и многое другое. Бурное развитие в последние годы получило направление детского питания и питания лиц пожилого возраста.*

**Ключевые слова:** безопасность пищи, рацион питания, эпидемиология питания

*Half of our health depends on the food quality. Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety has been dealing with this problem for 90 years. Core*

**Финансирование.** Работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Тутельян В.А. К 90-летию Института питания: взгляд сквозь годы // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 8–23. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10038

**Статья поступила в редакцию** 15.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interests.** The author declare no conflict of interests.

**For citation:** Tutelyan V.A. To the 90<sup>th</sup> anniversary of the Institute of Nutrition: a look through the years. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 8–23. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10038 (in Russian)

**Received** 15.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

*issues are medical enzymology, searching new food sources (protein problem), nutritional epidemiology, nutrition for professional athletes and cosmonauts, seeking new biologically active compounds, food toxicology and safety assessment of nanotechnologies, a study of the metabolism and mechanism of action of food contaminants, creation of a regulatory framework for chemical and microbiological safety, and much more. The infant and baby nutrition and nutrition of older people in recent years has developed rapidly.*

**Keywords:** food safety, diet, nutritional epidemiology

**90** лет Институту и 60 лет как я в нем работаю. У меня одна трудовая книжка и одно место работы – Институт питания. Первая самая низкая из возможных должностей называлась «препаратор». Дальше я поднимался по карьерной лестнице, «наступая» на каждую ступеньку: аспирант, младший, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории, заместитель директора по науке, директор и, наконец, научный руководитель. 60 лет становления и развития Института прошло с моим участием.

Институт имеет многолетнюю историю, его создание начинается с 1920 г., когда был основан Научно-исследовательский институт физиологии питания, которым руководил ученик и ближайший соратник И.М. Сеченова, один из основоположников науки о питании профессор М.Н. Шатерников. В первые годы существования основной задачей Института было изучение вопросов, касающихся физиологических норм питания для различных профессиональных и возрастных групп населения. Большое внимание уделялось вопросам общественного питания, в том числе питания детей в различного рода детских учреждениях.

Приказом Народного комиссариата здравоохранения от 26 июля 1930 г. № 587 было организовано комплексное научное учреждение по проблемам питания – Государственный научно-исследовательский институт питания Наркомздрава РСФСР, директором института был назначен крупный ученый-биохимик профессор Б.И. Збарский (1930–1934 гг), затем В.М. Каганов.

В 1936 г. Институт получил статус Центрального государственного научно-исследовательского института питания Наркомздрава РСФСР, а в 1937 г. он был переименован во Всесоюзный институт питания Наркомздрава СССР. В этот период на Институт была возложена задача по изучению всего комплекса вопросов питания здорового и больного человека, включая решение научно-практических вопросов в области питания и подготовки научных кадров. Продолжалась разработка вопросов, связанных с санитарно-пищевым законодательством и массовой санитарно-гигиенической пропагандой по проблемам питания [1–3].

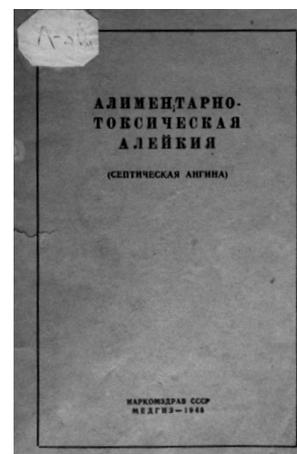
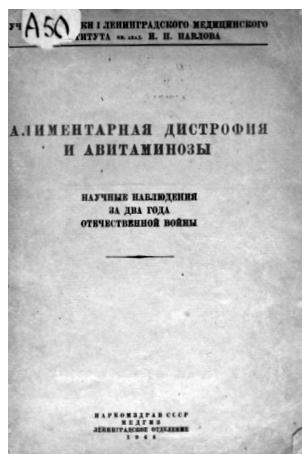
В 1941 г., после начала Великой Отечественной войны, исследования в Институте были направлены на разработку принципов питания различных родов войск, а также раненых в госпиталях. Разрабатывались дифференцированные продовольственные наборы пищевых продуктов для разных категорий гражданского населения и военнослужащих.

В середине 1943 г. было утверждено новое положение о Центральном научно-исследовательском институте питания Наркомздрава СССР, основной задачей которого стало комплексное развитие науки о питании здорового и больного человека. Продолжилась разработка вопросов, связанных с военной обстановкой. Было обращено особое внимание на восстановление функциональных способностей организма, нарушенных в результате имевшей место недостаточности питания. Значительное внимание уделялось физиологическим



Рис. 1. Институт питания в годы Великой Отечественной войны

Fig. 1. Institute of Nutrition during the Great Patriotic War



нормам питания для подростков, многие из которых напряженно трудились на промышленных предприятиях. В Клинике лечебного питания проводили исследования по восстановлению функций организма, нарушенных при алиментарных формах дистрофии [4, 5].

После образования в 1944 г. Академии медицинских наук СССР (АМН СССР) Институт вошел в ее систему по Отделению гигиены, микробиологии и эпидемиологии (впоследствии Отделение профилактической медицины). Тесная связь с Академией обеспечивала большие возможности координации работы с учеными других специальностей. Институт был мультидисциплинарным, а площадка Академии позволяла сотрудничать с институтами сельскохозяйственного профиля, агропромышленного комплекса, отделениями физики, химии, биологии. Совместная плодотворная работа – вот что необходимо науке для интенсивного развития. В разные периоды Институт питания возглавляли такие видные ученые, как профессор М.Ф. Мережинский, академик Академии наук СССР и АМН СССР С.Е. Северин, член-корреспондент АМН СССР О.П. Молчанова, академик АМН СССР А.А. Покровский, профессор М.Ф. Нестерин, член-корреспондент АМН СССР В.А. Шатерников, академик Российской академии медицинских наук (РАМН) М.Н. Волгарев (рис. 2) [6–9].

Я пришел в Институт питания, который тогда располагался на улице Погодинская, будучи студентом II курса Первого Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Государственного медицинского института им. И.М. Сеченова. Почему я выбрал именно это место? Мой учитель, известный биохимик профессор Алексей Алексеевич Покровский, в начале 1961 г. был назначен директором Института питания. Он пригласил меня, члена студенческого научного кружка по биохимии, которым он руководил, рассказал о дальнейших перспективах: после окончания института предложил поступить в аспирантуру, подготовить и защитить диссертацию. Я выслушал его и ответил, что питание – это «котлеты», а я хочу быть биохимиком. Действительно, я посещал кружок биохимии в МГУ, ходил на лекции в другие биохимические институты. Но все же принял решение в пользу Института питания. Все студенческие годы я вел научную работу в лаборатории энзимологии Института. После окончания медицинского вуза уехал на целину, 3 мес проработал врачом в Казахстане. Когда вернулся в Москву, поступил в аспирантуру в наш Институт. Направлением моей научной деятельности стала клеточная биохимия.

Мы вместе с другим бывшем кружковцем из 2-го МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова М.М.Г. Гаппаровым изучали влияние алиментарных и токсических факторов, связанных с пищей, на мембраны, ферменты, оценивали роль лизосом и митохондрий в метаболизме различных пищевых веществ, в процессе онтогенеза, в процессе голодания. Исследовали ферментную организацию клеток органов, в частности печени, кишечника, клеточные и субклеточные механизмы желудочной секреции. Вся работа велась с нуля. Это была огромная школа жизни, очень интересный период.

В 1963 г. Институт питания переехал с Погодинской улицы на Устьинский проезд, д. 2/14. Началась перестройка здания. Капитальный ремонт длился вплоть до 1970-х гг. К этому времени Институт превратился в лидера в области нутрициологии не только в СССР, но и в мире. Была разработана и сформулирована теоретическая концепция о сбалансированном питании. На базе Института проходили крупнейшие международные форумы. Мы были главным исследовательским центром по проблемам белка в мире. К нам приезжали учиться и работать мировые лидеры в области науки о питании, безопасности пищи.

Какие новые направления с 1961 по 1976 г. развивались в Институте питания? Первое направление – медицинская энзимология. Изучали роль ферментов в патогенезе нарушений, связанных с характером питания, с воздействием токсических факторов. Характеристика ферментных констелляций сыворотки крови интенсивно внедрялась в клинику для диагностики различных нарушений. Изучались вопросы энзимотерапии: использование ферментов для лечения различных заболеваний. Во главе создания медицинской энзимологии стоял Алексей Алексеевич Покровский [10–15].

Второе направление, вышедшее на самый высокий международный уровень, – это проблема белка, поиск новых источников пищи. В Институте была проведена большая работа по оценке возможности использования биомассы, полученной микробиологическим синтезом, как одного из перспективных путей увеличения белкового фонда страны. Результаты этих исследований заложили базу индустриального производства углеводородных дрожжей для производства мяса. Была создана специальная лаборатория по изучению белково-витаминных концентратов. Исследования, которые начинались с белка одноклеточных, с продукции микробного синтеза, выросли в целую отрасль микробиологической промышленности. Проводились крупномасштабные исследования оценки безопасности кормов для сельскохозяйственных животных. В них участвовало около 70 научных организаций, учреждений сельскохозяйственного, микробиологического профиля. Ключом к проблеме, с одной стороны, является разработка методов производства, создание продукции, а с другой – оценка безопасности и возможности дальнейшего использования в качестве кормовых добавок для животных.

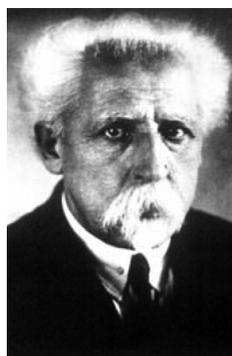
Конечный этап этих исследований – проведение наблюдений с участием людей. Я был одним из тех, кто в течение полугода питался экспериментальной пищей, полученной от сельскохозяйственных животных, принимавших с рационом продукцию микробиологического синтеза. Проводились тщательные клинические, биохимические исследования. Анализы показали отсутствие неблагоприятных эффектов. После многочисленных исследований продукция была разрешена к использованию в качестве кормов. Так поднималась микробиологическая промышленность Советского Союза. Мы производили 1,5 млн тонн кормового белка, все субстанции витаминов, необходимые аминокислоты.

К сожалению, в 1990-е гг., в период перестройки, большинство предприятий прекратило свою работу. Под предлогом выбросов белковой биомассы в атмосферу заводы стали закрывать, вместо того чтобы модернизировать. Мы потеряли производство кормового белка, а за ним все птицеводство и часть животноводства. Экономический урон никто не может посчитать до сих пор.

Прошло уже 30 лет, а у нас нет витаминов, аминокислот, отечественной кормовой базы, в полной мере

отвечающей современным требованиям. В настоящее время на государственном уровне поднимается вопрос о возрождении биотехнологической промышленности.

В 1970-х гг. активно развивались гигиена питания и пищевая токсикология. Были проведены широкомасштабные исследования по изучению токсичности пестицидов и их гигиеническому нормированию в пищевых продуктах. Проводились многолетние региональные исследования загрязненности некоторыми тяжелыми металлами пищевых продуктов. С 1968 г. Институт пи-



М.Н. Шатерников  
1920–1930



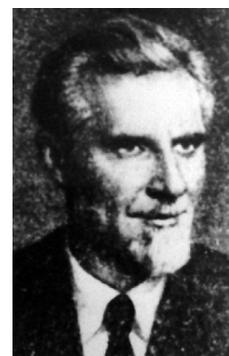
Б.И. Збарский  
1930–1934



В.М. Каганов  
1934–1944



М.Ф. Мережинский  
1944–1945



С.Е. Северин  
1945–1947



О.П. Молчанова  
1947–1961



А.А. Покровский  
1961–1976



М.Ф. Нестерин  
1976–1978



В.А. Шатерников  
1978–1982



М.Н. Волгарев  
1982–2000



В.А. Тутельян  
2000–2015



Д.Б. Никитюк  
2015 – настоящее время

Рис. 2. Директора Института питания (1920–2020 гг.)

Fig. 2. Directors of the Institute of Nutrition (1920–2020)

тания стал мировым лидером в области микотоксикологии – контаминации растительного сырья токсинообразующими микроскопическими грибами [16–24].

В 2015 г., согласно приказу Федерального агентства научных организаций (ФАНО), Институт питания был реорганизован путем присоединения к нему филиалов и в настоящее время называется Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи (далее – ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Центр). Он интегрировал в своем составе 3 института: Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии, Научно-исследовательский институт детского питания.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» стоял, стоит и будет стоять на нескольких ключевых направлениях, которые требуют наукоемких решений и дальнейшей незамедлительной реализации в практику.

Главная проблема, стоящая перед нутрициологией, – это обоснование и уточнение физиологических потребностей в энергии, микро- и макронутриентах, минорных биологически активных веществах. В организм человека ежедневно должно поступать около 170 химических соединений, значительная часть из них относится к незаменимым. Это тот комплекс веществ, который мы условно обозначаем термином «нутриом» и который обеспечивает оптимальное функционирование всех органов и систем, сохраняет здоровье и способствует активному долголетию. Все эти знания обобщены в концепцию оптимального питания (рис. 3), основные положения которой закреплены в законах науки о питании:

- соответствие энергетической ценности рациона человека энерготратам организма;
- величины потребления основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов) должны находиться в пределах физиологически необходимых соотношений между ними. С рационом должны поступать оптимальные количества животных белков – источников незаменимых аминокислот, ненасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты в физиологических пропорциях, оптимальное количество витаминов;
- содержание макроэлементов и эссенциальных микроэлементов должно соответствовать физиологическим потребностям человека;
- содержание минорных и биологически активных веществ в пище должно соответствовать их адекватным уровням потребления.

Приведенная формула оптимального питания – это тот усредненный эталон, к которому мы должны стремиться, чтобы оставаться здоровыми и обеспечить себе активное долголетие.

Одно из основных направлений деятельности Центра – это оценка состояния питания детского и взрослого населения России с учетом региональных особенностей. Этим занимается лаборатория эпидемиологии питания.

Основным направлением лаборатории является изучение фактического питания и состояния здоровья различных групп населения РФ, включая распространенность дефицита макро- и микронутриентов, избыточной массы тела и ожирения, других факторов риска неинфекционных заболеваний [25, 26].

Для развития этого направления создана и функционирует система мониторинга состояния питания населения и методология оценки фактического питания человека. Эпидемиологические исследования направлены на выявление нарушений в структуре питания и пищевом статусе различных групп населения, отклонений от современных принципов здорового питания, изучение распространенности и причин развития недостаточности или избыточности отдельных нутриентов в рационах.

Важным разделом работы лаборатории совместно с другими подразделениями является изучение социально-экономических проблем, определяющих характер питания и пищевой статус населения России, а также участие в разработке потребительской корзины для различных групп населения [27–29].

Большое внимание уделяется разработке и оценке эффективности программ профилактики нарушений питания, созданию рационов и разработке продуктов профилактического назначения для организованных коллективов. Оптимальное питание работников отдельных отраслей промышленности может обеспечить защиту от неблагоприятных факторов окружающей среды, повысить адаптационный потенциал организма [30–35].

Важное направление работы нашего Центра – разработка основ здорового питания для лиц с различным уровнем физической активности, включая специализированную пищевую продукцию для питания профессиональных спортсменов [36–40]. Проводятся фундаментальные исследования в области спортивной нутрициологии, оценка фактического питания и физического развития людей с различным уровнем физической активности, начиная от любителей до спортсменов высшей квалификации. Одним из направлений исследований является изучение обеспеченности витаминами и минеральными веществами спортсменов различных видов спорта в зависимости от фазы спортивной деятельности.

Мы знаем все о важной роли белков, жиров, углеводов для организма. Роль микронутриентов (витаминов, минеральных веществ) часто недооценивают. Конечно, организму они нужны в меньшем количестве, но это не значит, что они менее важны. Многие физиологические процессы зависят именно от микронутриентов, а их недостаток может серьезно влиять на здоровье [41–45].

В нашем Центре разработаны неинвазивные методы оценки витаминного статуса. Установлены возрастные критерии оценки обеспеченности витаминами здоровых и больных людей. Уточнены рекомендуемые нормы потребления витаминов и минеральных веществ для различных возрастных групп населения. Научно обоснованы принципы и уровни обогащения витаминами и ми-

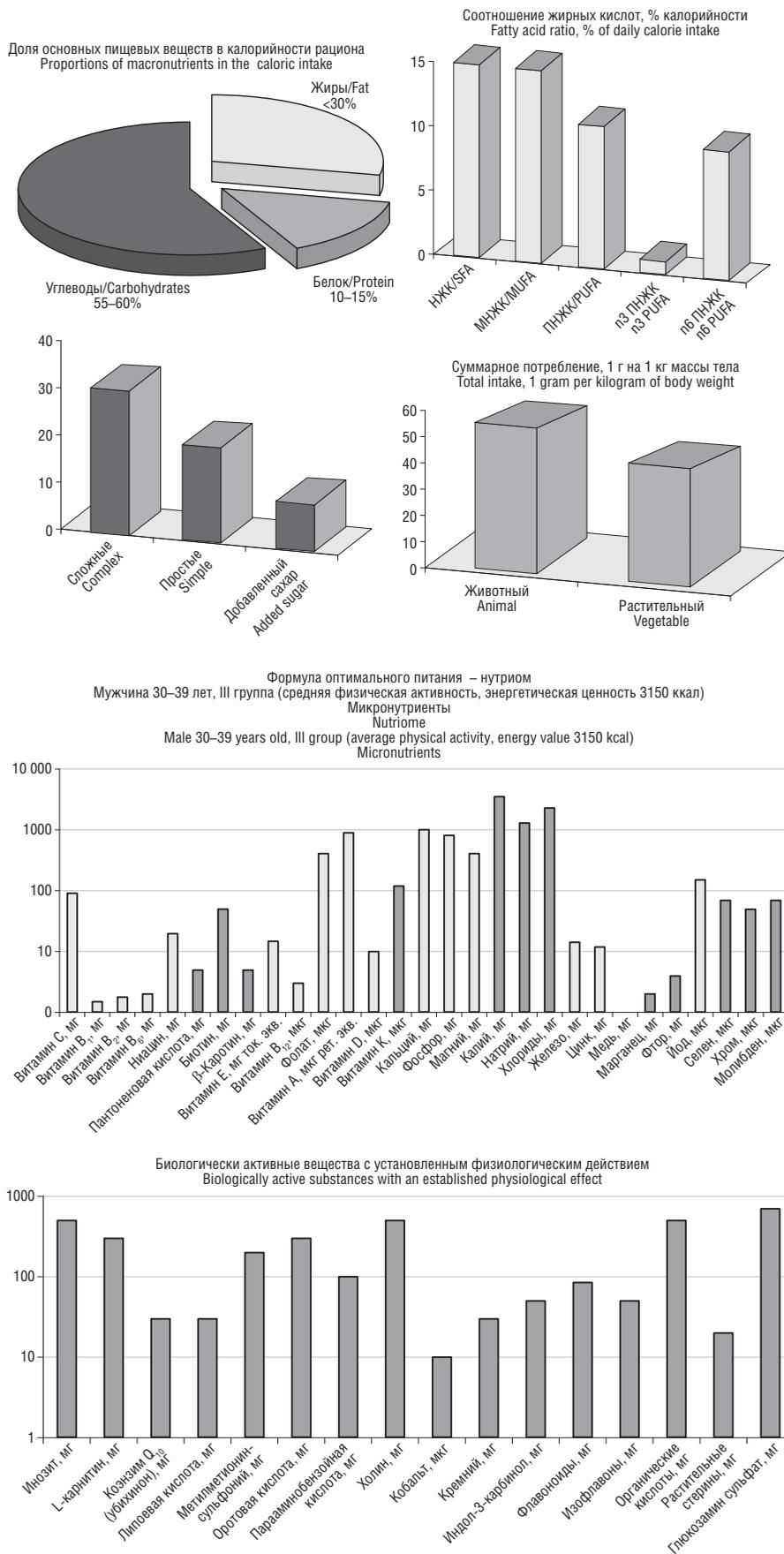


Рис. 3. Формула оптимального питания

Fig. 3. Optimal Nutrition Formula

неральными веществами пищевых продуктов массового потребления, специализированных пищевых продуктов для различных групп населения.

В последние годы в лаборатории витаминов и минеральных веществ выполняются исследования по клинико-экспериментальному обоснованию оптимальной схемы коррекции алиментарной сочетанной недостаточности витаминов и минеральных веществ, в том числе в диетотерапии больных с хроническими заболеваниями [46–54].

Проведенные в Институте питания в 1970–1980-е гг. исследования показали особую роль микрофлоры кишечника в формировании метаболического и биохимического статуса организма. В настоящее время ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проводит исследования по уточнению состава микробиоценоза в норме и при различных патологиях с учетом современных научных данных, осуществляет поиск новых, более эффективных способов нормализации функции этого экстракорпорального органа при помощи новых пробиотиков и биологически активных веществ, обладающих пребиотическими свойствами [55, 56].

Центр многие годы занимается поиском новых источников биологически активных соединений, участвует в экспертизах, в оценке биологически активных добавок к пище (БАД) [57–61]. Биологически активные вещества участвуют в регуляции метаболизма. Они поступают с пищей, в первую очередь растительной, и отвечают за экспрессию генов, за синтез ферментов, адаптационный потенциал. Мы впервые ввели понятие БАД. До сих пор это направление интенсивно развивается в нашем Центре. Была сформирована методическая основа, законодательная база, и в 2000 г. в Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» было внесено понятие «биологически активная добавка к пище». Не лекарственное средство, а микронутриенты и биологически активные вещества в концентрированном виде. Они создаются в виде капсул, таблеток, порошка или другой удобной для употребления форме, служат дополнением к пищевому рациону. В обычном рационе активные вещества могут быть «разбавлены», в БАД сконцентрированы в той дозе, которая позволяет обеспечить физиологические потребности организма.

Это очень важное направление продолжает развиваться, имеет фундаментальную составляющую. Практическое значение – оценка эффективности, создание доказательной базы тех показаний, которые обосновывают целесообразность применения БАД. Из тысячи химических соединений целью исследований является выявить наиболее важные, понять механизм их молекулярного действия, взаимодействия с метаболизмом человека и подобрать дозировки, гарантирующие безопасность и положительный эффект. В настоящее время мы занимаем лидирующие позиции в этом направлении на мировом уровне.

Одним из важнейших направлений исследований ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» является рас-

ширение сырьевой базы пищевой промышленности за счет новых источников пищи. В мировом масштабе проблема дефицита пищи по разным причинам сохранялась на протяжении всего XX в. и остается актуальной в начале XXI в. И если в период Великой Отечественной войны институт участвовал в решении задач обеспечения армии и населения пищевой продукцией, содержащей достаточное для поддержания жизнедеятельности количество пищевых веществ и энергии, в 1960–1970-е гг. – в развитии кормовой базы для животноводства и птицеводства за счет белковой продукции, полученной с помощью микробного синтеза, то начиная с 1990-х гг. по настоящее время – в формировании системы оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов (ГМО) растительного, животного и микробного происхождения. Отличительной чертой ГМО является использование современных генно-инженерных методов для направленного изменения генома организмов с целью придания им необходимых свойств: устойчивости к вредителям, гербицидам, климатическим факторам, возможности синтеза новых пищевых веществ и ингредиентов. В отличие от методов традиционной селекции, новая технология позволяет преодолеть межвидовые барьеры, а также достигает поставленных целей по получению новых сортов и линий в значительно более короткие сроки, однако требования к безопасности новой продукции также беспрецедентно высоки [62].

Формирование российской системы оценки безопасности ГМО было начато в 1995–1996 гг. Начиная с исследований первых генно-инженерно-модифицированных линий, проходивших процедуру государственной регистрации в Российской Федерации, данная система получила международное признание и была квалифицирована как самая строгая из существующих в мире. Система оценки безопасности ГМО представляет собой комбинированный алгоритм, включающий, помимо сравнения химического состава ГМО и его традиционного аналога, обязательный блок исследований *in vivo*. Используемый комплексный подход обеспечивает наиболее полную и достоверную информацию о потенциальном токсическом, генотоксическом, иммунотоксическом и аллергенном действии ГМО, а также позволяет выявить возможные незадаанные эффекты генетической модификации, действие на репродуктивную функцию и развитие потомства. За 1999–2020 гг. в России была проделана большая научная работа по направлениям обеспечения безопасности ГМО, создана нормативно-методическая база и реализована возможность использования ГМО в пищевой промышленности в рамках действующего законодательства. Опыт исследований ГМО, накопленный в России за это время, подтвердил эффективность используемого подхода: так, ни один из ГМО, проходивших регистрационные исследования в России, не был впоследствии признан опасным для здоровья человека или животных [63, 64].

Важное направление – безопасность пищи. Оно включает изучение проблем микробиологической и химиче-

ской безопасности пищевых продуктов, предусматривает оценку риска загрязненности пищевых продуктов контаминантами химической и биологической природы, в том числе микроорганизмами и их токсическими метаболитами, разработку критериев оценки качества и безопасности пищевых продуктов, профилактику пищевых отравлений и заболеваний с пищевым путем передачи. Немаловажное значение в этом отношении имеет разработка современных высокочувствительных, прецизионных и селективных методов обнаружения, идентификации и количественного определения загрязнителей пищевой продукции различной природы. Все эти исследования необходимы для установления и уточнения гигиенических регламентов содержания загрязнителей в различных видах пищевой продукции и совершенствования системы мониторинга безопасности пищевой продукции.

При этом исследования в области микробиологической безопасности пищевых продуктов предусматривают оценку риска загрязненности пищевых продуктов микроорганизмами, в том числе эмерджентными патогенами, и их токсическими метаболитами, разработку микробиологических критериев оценки качества и безопасности пищевых продуктов, профилактику пищевых отравлений и заболеваний с пищевым путем передачи. При этом проводится:

- оценка содержания в пищевой продукции патогенных и условно-патогенных микроорганизмов;
- генетическая идентификация факторов патогенности и оценка их экспрессии, анализ профиля антибиотикорезистентности штаммов;
- разработка высокоспецифичных методов выявления, идентификации и подсчета патогенов;
- оценка микробиологического риска и обоснование гигиенических нормативов содержания контаминантов микробного происхождения в пищевых продуктах.

В рамках борьбы с антибиотикорезистентностью микроорганизмов разработан ряд методических документов, устанавливающих регламенты безопасного использования и методы анализа микробных контаминантов на наличие у них устойчивости к антибиотикам. Кроме того, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» принял участие в разработке государственной программы «Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 25.09.2017 № 2045-Р). Фундаментальные исследования касаются определения степени риска контаминантов, в том числе новых. Их список постоянно расширяется, и в нашем Центре на этапе фундаментальных исследований решается вопрос о необходимости контроля тех или иных показателей. Если контаминанты представляют низкую опасность для здоровья, наша задача – организовать систему мониторинга, разработать нормативную и методическую базу контроля.

В Центре проводят исследования метаболизма и механизма действия приоритетных контаминантов продовольственного сырья и пищевых продуктов биологиче-

ского и химического происхождения. Разрабатывают соответствующие гигиенические требования и регламенты. Мы изучаем механизмы защиты организма человека от воздействия чужеродных веществ, загрязняющих пищевые продукты. Оценка рисков загрязнителей пищевой продукции для здоровья населения проводится на основе результатов выявления биомаркеров токсичности с использованием методов протеомики, метаболомики, геномики, нутримикробиомики, токсикологических исследований, а также имеющихся научных данных. Уделяется внимание содержанию в продовольственном сырье и пищевых продуктах токсичных элементов, некоторых эссенциальных микроэлементов, а также биологически активных веществ. Разрабатываем и обобщаем аналитические материалы в области токсикологии загрязнителей пищевых продуктов, а также по частоте и уровням загрязнения продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Федеральный исследовательский центр формирует методические подходы к оценке риска – идентификация опасности, характеристика опасности, оценка нагрузки, характеристика риска. В последние годы в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведены исследования в области оценки рисков содержания нитратов, нитритов, нитрозаминов в различных видах пищевых продуктов, микотоксина стеригматоцистина, загрязнителей морепродуктов – фикотоксина (домоевой кислоты, окадаиковой кислоты, йессотоксинов, азаспироцидов). Определены риски содержания в жареных и запеченных пищевых продуктах акриламида, в жировых продуктах – глицериновых альдегидов, в пищевых продуктах с низким содержанием жира – полихлорированных бифенилов, в зерновых продуктах – тропановых алкалоидов, являющихся метаболитами сорных растений, а также алюминия, ветеринарных препаратов и антибиотиков. Разработаны высокоспецифичные, прецизионные методы анализа этих загрязнителей в пищевой продукции при помощи газожидкостной хроматографии (ГЖХ) в сочетании с масс-спектрометрией (MS, MS/MS, MS/MS/MS), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) – с масс-детекторами (MS, MS/MS, TOF, Q-TOF, MS/MS/MS), ультрафиолетовыми, светорассеяния, электрохимическими и флуоресцентными детекторами, масс-спектрометрии стабильных изотопов, полимеразной цепной реакции (ПЦР, ПЦР в реальном времени) (рис. 4). На основе данных о рисках загрязнения пищевой продукции обосновываются гигиенические требования и регламенты безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Дано обоснование регламентов безопасного использования облученной пищевой продукции.

Особое внимание уделяется оценке безопасности нанотехнологий и наночастиц. За 2009–2011 гг. разработано и утверждено более 50 нормативно-методических документов, регламентирующих требования к производству наноматериалов и их безопасности. Проведен анализ рисков использования в пищевой промышленности наночастиц серебра, диоксида титана, диоксида кремния аморфного, используемых в пищевой промышленности в качестве пищевых добавок.

Бурное развитие в последние годы получило направление детского питания. Важно учитывать физиологические, биохимические особенности детского организма. Одним из направлений научной деятельности является разработка мероприятий по поддержке грудного вскармливания. Разрабатываются принципы индивидуализации питания беременных и оптимального питания кормящих женщин, включая алиментарную профилактику пищевой аллергии у матерей и младенцев. Формируется научное обоснование преимуществ свободного вскармливания перед вскармливанием по часам, а также нового подхода к питьевому режиму рожениц [65–74].

Изучаются вопросы оптимизации искусственного вскармливания детей грудного возраста. Проводятся исследования по разработке и созданию адаптированных молочных смесей – заменителей женского молока и «последующих смесей», предназначенных для вскармливания детей второго полугодия жизни.

Особый раздел работы посвящен исследованиям по уточнению величин потребности в энергии и основных пищевых веществах детей раннего, дошкольного и школьного возраста. Результаты этих исследований используются для обоснования рациональной схемы вскармливания детей первого года жизни, а также для разработки суточных наборов продуктов с целью совершенствования организации питания в организованных коллективах (дошкольных и школьных учреждений).

Хочу отметить еще одно важное направление деятельности нашего Центра – это питание спецконтингентов, в частности космонавтов. Начало исследований относится к 1970-м гг. В Центре отработывались первые подходы к питанию в условиях гиподинамии. Проводились испытания специализированного пайка.

Проведенные исследования по изучению изменений, возникающих в организме человека в процессе кратковременных и длительных космических полетов, позволили сформулировать теоретические подходы к минимизации этих изменений путем правильно организованного, адекватного потребностям организма космонавтов питания и на этой основе разработать научно обоснованные подходы к формированию состава продуктов, ориентированных на использование в условиях пилотируемых космических полетов различной продолжительности.

Условия космического полета предъявляют особые требования как к рациону питания в целом, так и к входящим в его состав продуктам и технологиям их изготовления.

Для питания космонавтов с начала космических полетов разработано более 300 наименований специальных пищевых продуктов. Были проведены работы по подбору продуктов промышленного производства, отсутствующих в ассортименте так называемых штатных продуктов (разработанных специально для космонавтов).

Продолжает интенсивно развиваться направление лечебного питания. На основе изучения патогенетических механизмов ряда распространенных заболеваний

сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, а также болезней, связанных с обменом веществ, в Клинике лечебного питания были разработаны рекомендации по лечебному питанию при этих заболеваниях.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и Клиника лечебного питания – это единый организм. Медицинское учреждение будет работать эффективно только в том случае, когда оно постоянно будет получать новые знания в результате фундаментальных исследований и использовать их в своей практике.

Фактор питания используется как основное терапевтическое воздействие. Диагностика нарушений, разработка рекомендаций, специальных диет, рационов питания и продуктов – вот те мероприятия, которые дают положительный эффект только в комплексе. Объединение мощной фундаментальной базы и клинические подтверждения приводят к эффективному положительному лечебному и профилактическому результату [75–83].

Клиника лечебного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» – единственный в стране многопрофильный лечебно-диагностический и научно-исследовательский медицинский центр, сочетающий самые современные медицинские технологии с уникальными методиками лечебного питания, гарантирующий высокое качество и эффективность медицинской помощи, а также имеющий возможности создания и клинической апробации инновационных технологий диагностики, профилактики и лечения социально значимых алиментарно-зависимых заболеваний с их последующим внедрением в медицинскую практику. В Центре накоплен огромный опыт по оценке эффективности новых специализированных и функциональных продуктов в питании больных с различными алиментарно-зависимыми заболеваниями.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» координирует деятельность диетологической службы Минздрава России. В стенах нашего учреждения работают главный внештатный специалист диетолог Минздрава России и его заместители, главные специалисты диетологи Центрального федерального округа и Москвы, обеспечивая:

- разработку нормативных правовых актов, в том числе программ государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи, порядков оказания медицинской помощи и стандартов медицинской помощи, квалификационных требований к медицинским работникам;
- подготовку предложений по совершенствованию методов профилактики, ранней диагностики и лечения алиментарно-зависимых заболеваний, медицинской реабилитации;
- методическую помощь в области диетологии главным внештатным специалистам субъектов РФ и федеральных округов, медицинским организациям.

Согласно Указу Президента РФ одной из важнейших национальных целей развития России является повышение ожидаемой продолжительности жизни до 80 лет

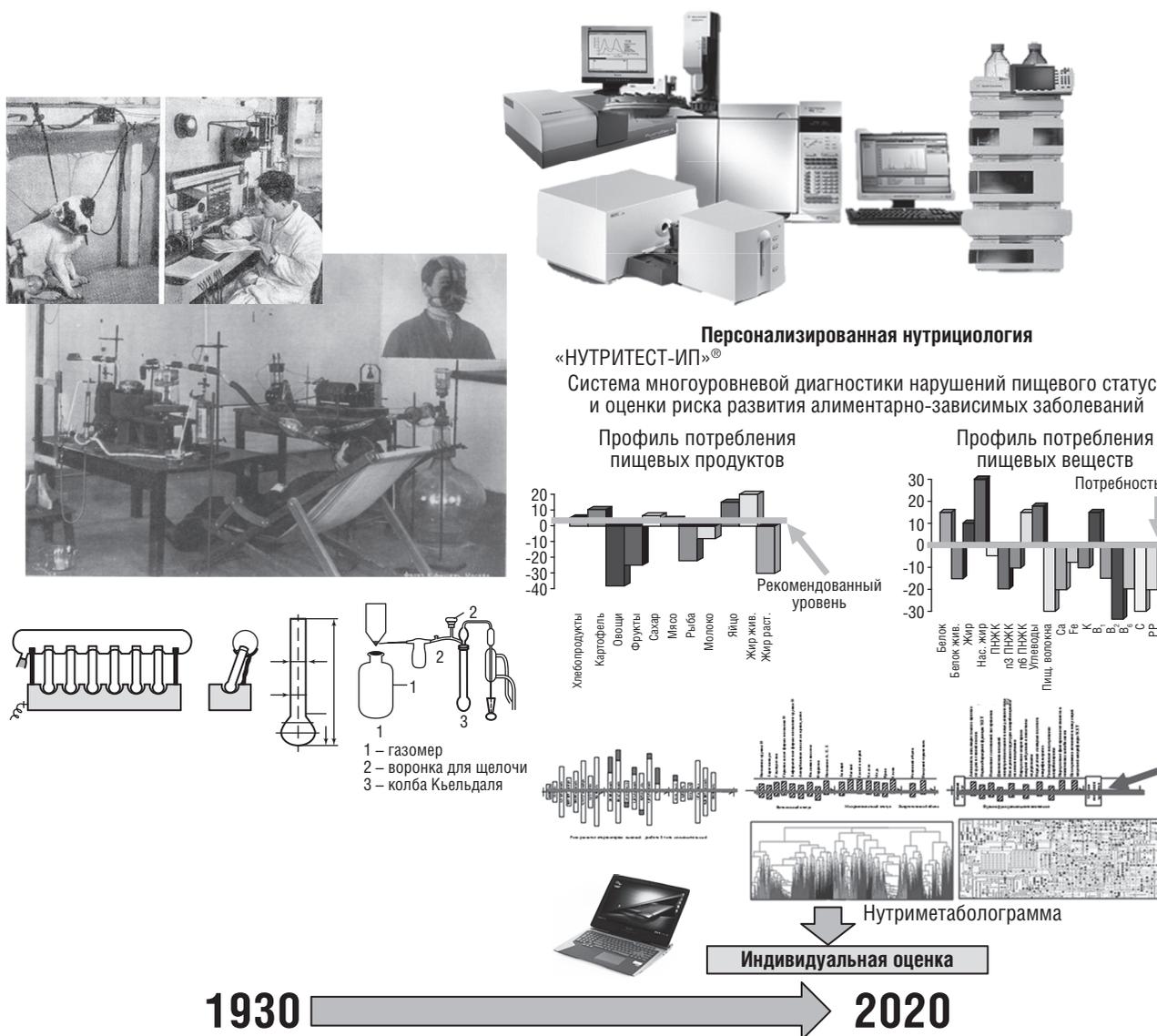


Рис. 4. Инструментальная база ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Fig. 4. Instrumental base of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

к 2030 г. Активное долголетие – вот основная задача, которая ставится, в частности, медицинской наукой. Для решения этой задачи оптимизация питания детского, взрослого и старшего поколения представляется одной из самых первостепенных.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» под руководством Роспотребнадзора является одним из основных разработчиков нормативной правовой и методической базы в области оценки качества и безопасности пищи как в Российской Федерации, так и в Таможенном союзе ЕврАзЭС (рис. 5). Разработанные в Центре высокочувствительные, селективные и прецизионные аналитические методы обнаружения, идентификации и количественного определения новых и потенциально опасных загрязнителей природного и антропогенного происхождения внедрены в практику Роспотребнадзора и применяются в работе агропромышленного комплекса страны.

На базе Центра действуют 3 Технических комитета по стандартизации (ТК 36 «Продукция пищевая специализированная», ТК 176 «Спиртовая, дрожжевая и ликероводочная продукция» и ТК 152 «Пищевые концентраты, чай, кофе, натуральные ароматизаторы и красители»). ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» является членом 9 технических комитетов по стандартизации. В рамках этой работы ежегодно в Центре проходят экспертизу свыше 100 национальных (ГОСТ Р) и межгосударственных стандартов (ГОСТ).

Центр координирует все научные исследования в стране по медицинским проблемам питания в рамках работы Проблемной комиссии по гигиене питания Ученого совета Роспотребнадзора, Научного совета РАН по медицинским проблемам питания и Научно-технического комитета Комплексной программы научных исследований «Приоритетные научные исследования

в области питания населения», Профильной комиссии по диетологии Экспертного совета в сфере здравоохранения Минздрава России.

Центр ведет активную международную деятельность, реализуя совместные проекты с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в области питания и борьбы с неинфекционными алиментарно-зависимыми заболеваниями, Продовольственной и сельскохозяйственной организации Организации Объединенных Наций (ООН/ФАО) в области обеспечения качества и безопасности пищи.

С 1970-х гг. Институт питания на постоянной основе занимался оценкой рисков пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств с целью разработки научно обоснованных подходов управления рисками при их использовании в пищевой промышленности. Эта работа позволила сформировать предложения для внесения в нормативные и законодательные акты РФ и затем Евразийского экономического союза, Комиссии Кодекс Алиментариус (ККА), обосновывающие требования безопасного использования этих видов пищевой продукции. В настоящее время одним из приоритетных направлений ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» является разработка принципов использования ферментных препаратов, пищевых добавок и вкусоароматических веществ, пищевых ингредиентов (витаминов, аминокислот, биологически активных веществ), изготавливаемых при помощи методов биотехнологии, в том числе с использованием ГМО в пищевой промышленности.

В настоящее время ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» осуществляет научное и экспертное сопрово-

ждение работ в области международного технического регулирования производства и оборота пищевых продуктов и продовольственного сырья. С 1994 по 2016 г. Центр был национальной «контактной точкой» для работы в ККА с целью разработки требований к качеству и безопасности пищевой продукции, затем эти функции Правительством РФ были переданы в Роспотребнадзор. Специалисты Центра совместно с Роспотребнадзором принимают активное участие в формировании позиции РФ в ККА по вопросам качества и безопасности специализированных пищевых продуктов, пищевых добавок, ароматизаторов, технологических вспомогательных средств, жировых продуктов, специй и пряностей, уровням содержания загрязнителей в различных видах пищевой продукции, методам анализа пищевых продуктов и их маркировки.

В последние годы Российская Федерация активно наращивает сотрудничество в этой области. Российские эксперты ежегодно принимают участие в работе более 30 рабочих групп, созданных в рамках специализированных комитетов. С 2015 по 2020 г. Российская Федерация впервые председательствовала в 4 рабочих группах Комиссии:

- по установлению рекомендованной потребности для длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega$ -3 (совместно с Чили);
- по разработке дискуссионного документа по маркировке алкогольных напитков [совместно с Европейским союзом (ЕС), Индией, Ганой и Сенегалом];
- по разработке процедуры оценки технологического обоснования использования пищевых добавок в продуктах для детей младшего возраста (совместно с ЕС);

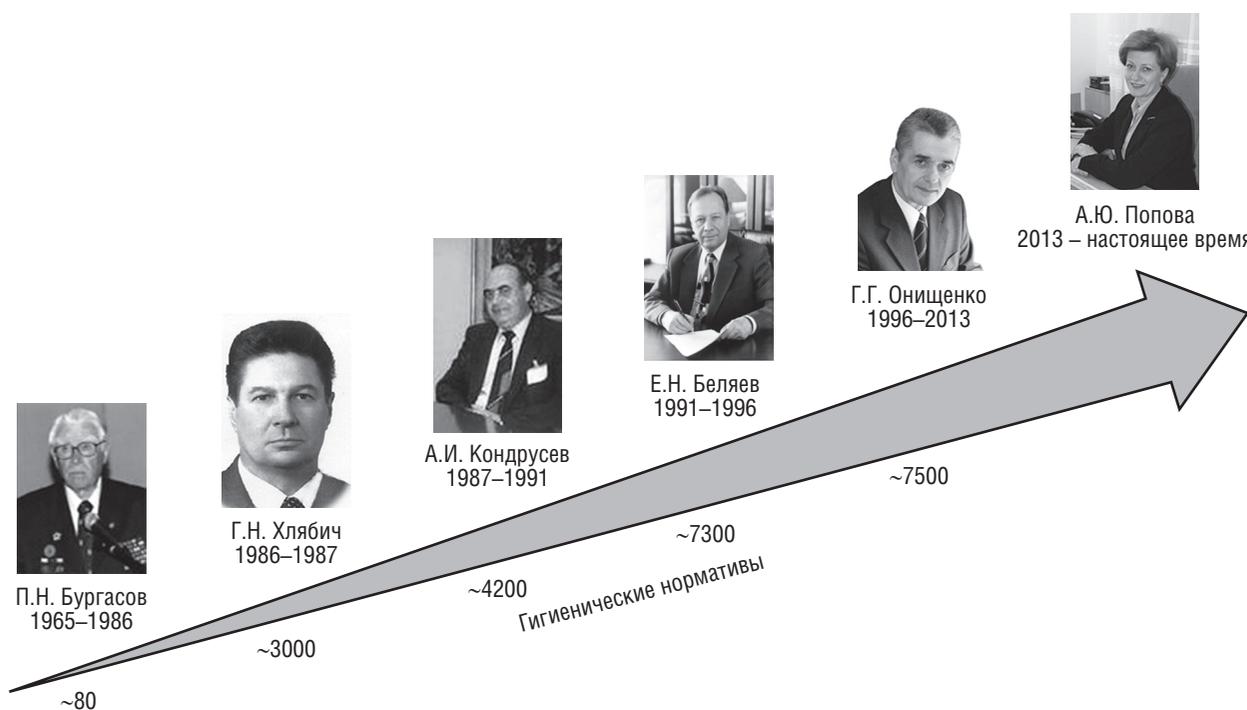


Рис. 5. Развитие нормативно-методической базы гигиены питания (1977–2020)

Fig. 5. Development of the regulatory and methodological framework for food hygiene (1977–2020)

- по разработке терминов «необработанный пищевой продукт» и «простой продукт» и установлению принципов применения пищевых добавок в этих продуктах.

С 2019 г. Российская Федерация выступает председателем в электронной рабочей группе по подготовке дискуссионного документа по обзору политики, законодательства и практики государств – участников ККА в отношении требований к маркировке алкогольных напитков.

Благодаря активной позиции российских экспертов в рамках ККА по остаткам ветеринарных лекарственных препаратов в пищевых продуктах, при поддержке ЕС, ряда стран европейского региона и Центральной Азии удалось приостановить разработку стандарта в отношении максимально допустимого уровня содержания зилпатерола гидрохлорида в продукции животного происхождения (в мясе крупного рогатого скота 0,5 мг/кг, в печени – 3,5 мг/кг, в почках – 3,3 мг/кг). Употребление населением пищевых продуктов, содержащих зилпатерол в предлагаемых ККА нормах, недопустимо из-за неприемлемого риска функциональных нарушений и болезней сердечно-сосудистой системы у населения.

Федеральный исследовательский центр ведет активное сотрудничество с международными агентствами ООН. Так, в сотрудничестве с ФАО в Российской Федерации проведен ряд международных мероприятий по вопросам безопасности пищевых продуктов и анализа риска, ставших первыми подобными событиями, проводимыми под эгидой организации в нашей стране. В 2015–2018 гг. Центр успешно реализовал совместный с ФАО проект по подготовке к изданию и научной редакции стандартов на пищевые продукты и родственные тексты ККА на русском языке (357 документов), участвовал в проекте ВОЗ по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними в странах, а также в работе Экспертно-консультационной группы по разработке рекомендаций по питанию (WHO Nutrition Guidance Expert Advisory Group – NUGAG) в рамках пересмотра рекомендаций ВОЗ по потреблению полиненасыщенных жирных кислот.

В 2019–2020 гг. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» участвует в проекте ВОЗ по профилактике неинфекционных заболеваний, в частности ведет работу для Европейского бюро ВОЗ по мониторингу содержания натрия, калия и транс-изомеров жирных кислот в пищевой продукции, находящейся в обороте на рынке Российской Федерации (проект FEED Cities).

Центр также обеспечивает научное обоснование и экспертное сопровождение работы РФ по техническому регулированию в Евразийской экономической комиссии в части подготовки предложений в технические регламенты Таможенного союза в области безопасности пищевой продукции, экспертизы проектов технических регламентов и изменений и дополнений к ним. Проводим экспертизу технической документации и токсикологические исследования по новым видам пищевых продуктов, пищевых добавок, специализированных продуктов, БАД к пище.

Генеральная линия политики Центра – полное отрицание межведомственных барьеров. Невзирая на ведомственную принадлежность, мы с одинаковым энтузиазмом осуществляем научные разработки и выполняем поручения РАН, Минобрнауки России, Минздрава России и Роспотребнадзора.

Отдельно необходимо выделить и других государственных заказчиков прикладных исследований Центра: Минсельхоз России, Минтруд России, Минпромторг России, МЧС России, Минобороны России, МВД России, Росстат, Россельхознадзор, ФМБА России, ФСИН России, Росрыболовство, госкорпорацию «Роскосмос» и др.

В год ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» отвечает на более чем 1,5 тыс. запросов от федеральных органов исполнительной и законодательной власти, субъектов РФ. Мы расцениваем это не как дополнительную нагрузку, а как востребованность научного потенциала учреждения. Главное – здоровье человека.

Центр в высшей степени востребован и нужен всем, фронт работ необъятен, поэтому перед нами и будущими поколениями ученых стоит только одна задача – работать, работать и работать. Успех гарантирован!

## Литература

1. Учебник физиологии питания : для студентов-медиков старших курсов и для врачей : / Б.А. Лавров. Москва; Ленинград : Биомедгиз, 1935. 348 с.
2. Певзнер М.И., при участии Ачаркана А. и др. Основы лечебного питания. Москва; Ленинград : Биомедгиз, 1937. 435 с.
3. Ефремов В.В. Важнейшие авитаминозы человека. Москва; Ленинград : Медгиз, 1939. 192 с.
4. Будагян Ф.Е. Гигиена пищи и питания : учебник для студентов санитарных факультетов медицинских институтов. Москва : Медгиз, 1945. 355 с.
5. Бремер С.М. Гигиена питания / науч. консультант О.П. Молчанова. 3-е изд., испр. и доп. Москва, 1951. 52 с.
6. Лейтес С.М. Физиология и патология жировой ткани. Москва : Медгиз, 1954. 116 с.
7. Владимиров Б.Д. Гигиена предприятий общественного питания. Москва : Медгиз, 1957. 176 с.
8. Молчанова О.П. Основы рационального питания. 2-е изд. Москва : Медгиз, 1951. 44 с.
9. Гордон О.Л. Практическое руководство по лечебному питанию. Москва : Государственное изд-во торговой литературы, 1961.
10. Проблемы биохимической адаптации / под ред. А.А. Покровского. Москва : Медицина, 1966. 228 с.
11. Шлыгин Г.К. Ферменты кишечника в норме и патологии. Ленинград : Медицина. Ленингр. отд-ние, 1967. 271 с.
12. Биохимические методы исследования в клинике : справочник / под ред. А.А. Покровского. Москва : Медицина, 1969. 652 с.
13. Покровский А.А. Роль биохимии в развитии науки о питании: некоторые закономерности ассимиляции пищевых веществ на уровне клетки и целостного организма. Москва : Наука, 1974. 127 с.

14. Покровский А.А., Тутельян В.А. Лизосомы. Москва : Наука, 1976. 378 с.
15. Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. Москва : Медицина, 1979. 183 с.
16. Методы определения пестицидов в пищевых продуктах / под ред. А.А. Покровского, А.И. Штенберга. Москва : Медицина, 1965. 140 с.
17. Нейман И.М. Канцерогены и пищевые продукты. Москва : Медицина, 1972. 152 с.
18. Покровский А.А. Афлатоксины / науч. ред. Г.А. Степанский ; Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике. АН СССР. ВИНТИ. Москва : [б. и.], 1977. 108 с. (Итоги науки и техники. Серия «Токсикология». Т. 8).
19. Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Микотоксины: медицинские и биологические аспекты. Москва : Медицина, 1985. 320 с.
20. Тутельян В.А., Бондарев Г.И., Мартинчик А. Питание и процессы биотрансформации чужеродных веществ. Москва : ВИНТИ, 1987. 212 с.
21. Покровский В.И., Беляев Е.Н., Тутельян В.А. Продовольственная безопасность России // Вестник Российской академии медицинских наук. 1995. № 12. С. 9–13.
22. Pokrovskiy A.A., Kravchenko L.V., Tutelyan V.A. Effect of aflatoxin on rat liver lysosomes // *Toxicol.* 1972. Vol. 10, N 1. P. 25–30.
23. Tutelyan V.A. Deoxynivalenol in cereals in Russia // *Toxicol. Lett.* 2004. Vol. 153, N 1. P. 173–179.
24. Тутельян В.А., Батуринов А.К. Мониторинг питания населения России // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2004. № 7 (38). С. 31–36.
25. Теоретические и клинические аспекты науки о питании. Т. 8. Методы оценки обеспеченности населения витаминами / под ред. М.Н. Волгарева. Москва, 1987. С. 91.
26. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения СССР. Москва : Минздрав СССР, 1991.
27. Тутельян В.А., Княжев В.А. Реализация концепции государственной политики здорового питания населения России: научное обеспечение // Вопросы питания. 2000. Т. 69, № 3. С. 4–7.
28. Покровский В.И., Романенко Г.А., Княжев В.А., Герасименко Н.Ф., Онищенко Г.Г., Тутельян В.А. и др. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2002. 339 с.
29. Покровский А.А. Беседы о питании / послесл. Волгарева М.Н. 3-е изд. Москва : Экономика, 1986. 366 с.
30. Книга о вкусной и здоровой пище / под ред. А.А. Покровского. Москва : Пищевая промышленность, 1976. 384 с.
31. Волгарев М.Н., Тутельян В.А., Княжев В.А., Рогов И.А. Концепция здорового питания // Вестник Российской академии медицинских наук. 1999. № 9. С. 17–19.
32. Качество жизни. Здоровье и питание : атлас / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка, Д.А. Бурыка, С.Е. Акользиной, А.К. Батурина ; пер. на англ. О.Н. Кишко. Москва : Медицина, 2018. 696 с.
33. Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с. (Серия «Национальные руководства»). DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-656>
34. Маршак М.С. Диетическое питание : пособие для диетсестер и поваров в больничных учреждениях / под ред. И.С. Савощенко ; при участии Е.Н. Боринской и др. Москва : Медицина, 1967. 484 с.
35. Питание в борьбе за выживание / В.А. Тутельян, Б.П. Суханов, М.М. Гаппаров, В.А. Кудашева. Москва : Академкнига, 2003. 437 с. (Прикладная медицина)
36. Самсонов М.А. Питание людей пожилого возраста. Москва : Медицина, 1979. 80 с.
37. Покровский А.А. Рекомендации по питанию спортсменов. Москва : Физкультура и спорт, 1975.
38. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Спортивное питание: от теории к практике. Москва : ДеЛи, 2020. 256 с.
39. Пашкова И.Г., Гайворонский И.В., Никитюк Д.Б. Соматотип и компонентный состав тела взрослого человека. Санкт-Петербург : СпецЛит, 2019. 159 с.
40. Никитюк Д.Б., Клочкова С.В., Алексеева Н.Т. Анатомия и физиология человека : атлас / под ред. Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 386 с. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-4600-3-ATL-2020-368>
41. Химический состав пищевых продуктов : справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. А.А. Покровского. Москва : Пищевая промышленность, 1976.
42. Волгарев М.Н. и др. Химический состав пищевых продуктов : справочник / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Агропромиздат, 1987.
43. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. Москва : Высшая школа, 1991. 287 с.
44. Химический состав российских продуктов питания : справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
45. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Рос. акад. мед. наук. Ин-т питания ; под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : Брандес; Медицина, 1998. 341 с.
46. Витамины в питании и профилактика витаминной недостаточности / под ред. В.В. Ефремова. Москва : Медицина, 1969. 208 с.
47. Спиричев В.Б., Барашнев Ю.И. Врожденные нарушения обмена витаминов. Москва : Медицина, 1977. 216 с.
48. Островский Ю.М., Спиричев В.Б., Магусис И.И. и др. Экспериментальная витаминология : справочное руководство / под ред. Ю.М. Островского. Минск : Наука и техника, 1979. 551 с.
49. Теоретические и клинические аспекты науки о питании. Т. 4. Актуальные проблемы витаминологии / под ред. М.Н. Волгарева. Москва : АМН СССР, 1983. С. 193–205.
50. Кукес В.Г., Тутельян В.А. Витамины и микроэлементы в клинической фармакологии. Москва : Палей-М, 2001. 489 с.
51. Спиричев В.Б. Витамины, витаминоподобные и минеральные вещества : справ. для провизоров и фармацевтов. Москва : МЦФЭР, 2004. 239 с.
52. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. Москва : Изд-во РАМН, 2002. 224 с.
53. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. Москва : Колос, 2002. 424 с.
54. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / под общ. ред. В.Б. Спиричева ; Рос. акад. мед. наук, Ин-т питания. Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2004 (ФГУИПП «Советская Сибирь»). 547 с.
55. Куваева И.Б. Обмен веществ организма и кишечная микрофлора. Москва : Медицина, 1976. 248 с.
56. Ефимочкина Н.Р. Бактериальные пищевые патогены рода *Samruylobacter*. Москва : Изд-во РАМН, 2019. 216 с.
57. Княжев В.А., Суханов Б.П., Тутельян В.А. Правильное питание. Биодобавки, которые вам необходимы : научно-популярная литература. Москва : Гэотар Медицина, 1998. 208 с.
58. Маев И.В., Петухов А.Б., Тутельян В.А. Биологически активные добавки к пище в профилактической медицине : учебно-методическое пособие. Москва : Министерство здравоохранения РФ, 1999. 88 с.
59. Тутельян В.А., Суханов Б.П., Австриевских А.Н., Позняковский В.М. Биологически активные добавки в питании чело-

- века : учебник для последипломного образования врачей. Томск : Изд-во научно-технической литературы, 1999. 296 с.
60. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World. 3<sup>rd</sup> ed. / ed. Debasis Bagchi. Academic Press, 2019. 678 p. Chapter 26. Russian regulations on nutraceuticals, functional foods, and foods for special dietary uses (Viktor A. Tutelyan, Boris P. Sukhanov, Alla A. Kochetkova, Svetlana A. Sheveleva, Elena A. Smirnova). P. 399–416. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00026-5>
  61. Тутельян В.А., Онищенко Г.Г., Гуревич К.Г., Погожева А.В. Здоровое питание: роль БАД. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 480 с. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5543-2-BAD-2020-1-480>
  62. Гаппаров М.М., Сорокина Е.Ю., Тышко Н.В. Генетически модифицированные продукты: мифы и реальность. Москва : ИД журнала «Здоровье», 2004. 62 с.
  63. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / под ред. В.А. Тутельяна. Москва : Изд-во РАМН, 2007. 444 с.
  64. Genetically Modified Food Sources. Safety Assessment and Control / ed. V.A. Tutelyan. Elsevier; Academic Press, 2013. 363 p.
  65. Коробкина Г.С. Продукты детского питания : исследование и технология. Москва : Пищевая промышленность, 1970. 295 с.
  66. Покровский А.А. Физиолого-биохимические основы разработки продуктов детского питания / Акад. мед. наук СССР. Москва : Медицина, 1972. 103 с.
  67. Основы рационального питания детей : справочное пособие / под ред. К.С. Ладодо, В.Д. Отта, Е.М. Фатеевой. Киев : Здоров'я, 1987. 253 с.
  68. Детское питание : книга для каждой семьи, в которой растёт ребенок / сост.: И.Я. Конь, А.К. Батурин. Москва : Воскресенье, 1994. 206 с.
  69. Куваева И.Б., Ладодо К.С. Микроэкологические и иммунные нарушения у детей: диетическая коррекция / АМН СССР. Москва : Медицина, 1991. 239 с.
  70. Ладодо К.С., Дружинина Л.В. Детское питание. Москва : Колос, 1995. 333 с.
  71. Воронцов И.М., Фатеева Е.М. Естественное вскармливание детей. Его значение и поддержка : учебное пособие для студентов и врачей, для студентов медицинских вузов, слушателей учреждений дополнительного проф. образования и повышения квалификации специалистов. Санкт-Петербург : Фолиант, 1998. 259 с.
  72. Руководство по детскому питанию / Георгиева О.В. и др. ; под ред. В.А. Тутельяна, И.Я. Коня. Москва : МИА, 2004 (ОАО Тип. Новости). 661 с.
  73. Инновации в детском питании: Ежегодное издание с каталогом и видеоприложениями. 2020 / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка, И.Я. Коня, Е.А. Пыревой. Москва : МИА, 2020. 224 с.
  74. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019.
  75. Покровский А.А., Савошенко И.С., Самсонов М.А., Маршак М.С., Черников М.И., Ногаллер А.М. Лечебное питание. Москва : Медицина, 1971. 408 с.
  76. Лечебное применение обогащенных жиром диет / под ред. А.А. Покровского. Киев : Здоров'я, 1976. 139 с. (Б-ка практического врача)
  77. Волгарев М.Н., Тутельян В.А., Самсонов М.А. Питание в патогенезе, терапии и профилактике заболеваний системы пищеварения // Вестник Российской академии наук. 1997. Т. 67, № 11. С. 18–21.
  78. Справочник по диетологии / Е.А. Беюл, В.Н. Будаговская, Е.Н. Боринская и др. ; под ред. А.А. Покровского, М.А. Самсонова. Москва : Медицина, 1981. 701 с.
  79. Беюл Е.А., Оленева В.А., Шатерников В.А. Ожирение. Москва : Медицина, 1986. 189 с.
  80. Справочник по диетологии / Е.А. Беюл и др. ; под ред. М.А. Самсонова, А.А. Покровского. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Медицина, 1992. 463 с.
  81. Справочник по диетологии / под ред. В.А. Тутельяна, М.А. Самсонова. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Медицина, 2002. 541 с.
  82. Лященко Ю.Н., Петухов А.Б. Основы энтерального питания. Москва : Вега Интел XXI, 2001. 343 с.
  83. Тутельян В.А., Попова Т.С. Новые стратегии в лечебном питании. Москва : Медицина, 2002. 140 с.

## References

1. Textbook of nutritional physiology: for senior medical students and for doctors / V.A. Lavrov. Moscow; Leningrad: Biomedgiz, 1935: 348 p. (in Russian)
2. Pevzner M.I.; with the participation of A. Acharkan, et al. Fundamentals of medical nutrition Moscow; Leningrad: Biomedgiz, 1937: 435 p. (in Russian)
3. Efremov V.V. The most important human vitamin deficiencies. In: V.V. Efremov (ed.). Moscow; Leningrad: Medgiz, 1939: 192 p. (in Russian)
4. Budagyan F.E. Food and nutrition hygiene: a textbook for students of sanitary faculties of medical institutes. Moscow: Medgiz, 1945: 355 p. (in Russian)
5. Bremener S.M. Food hygiene. 3rd ed., rev. and add. Moscow, 1951: 52 p. (in Russian)
6. Leites S.M. Physiology and pathology of adipose tissue. Moscow: Medgiz, 1954: 116 p. (in Russian)
7. Vladimirov B.D. Hygiene of public catering enterprises. Moscow: Medgiz, 1957: 176 p. (in Russian)
8. Molchanova O.P. Basics of rational nutrition. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: Medgiz, 1951: 44 p. (in Russian)
9. Gordon O.L. A practical guide to therapeutic nutrition. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo trgovoy literatury, 1961. (in Russian)
10. Problems of biochemical adaptation. edited by A.A. Pokrovskiy. Moscow: Meditsina, 1966: 228 p. (in Russian)
11. Shlygin G.K. Intestinal enzymes in health and disease. Leningrad: Meditsina. Leningradskoe otdelenie, 1967: 271 p. (in Russian)
12. Biochemical research methods in the clinic. In: A.A. Pokrovskiy (ed.). Moscow: Meditsina, 1969: 652 p. (in Russian)
13. Pokrovskiy A.A. The role of biochemistry in the development of nutritional science: some patterns of assimilation of nutrients at the level of the cell and the whole organism. Moscow: Nauka, 1974. 127 p. (in Russian)
14. Pokrovskiy A.A., Tutelyan V.A. Lysosomes. Moscow: Nauka, 1976: 378 p. (in Russian)
15. Pokrovskiy A.A. Metabolic aspects of food pharmacology and toxicology. Moscow: Meditsina, 1979: 183 p. (in Russian)
16. Methods for the determination of pesticides in food. Edited by A.A. Pokrovskiy, A.I. Shtenberg. Moscow: Meditsina, 1965: 140 p. (in Russian)
17. Neiman I.M. Carcinogens and foods. Moscow: Meditsina, 1972: 152 p. (in Russian)
18. Pokrovskiy A.A. Aflatoxins. In: G.A. Stepanskiy (sci. ed.); State Committee Council of Ministers of the USSR for Science and Technology. Academy of Sciences of the USSR. VINITI. Moscow, 1977: 108 p. (in Russian)
19. Tutelyan V.A., Kravchenko L.V. Mycotoxins: medical and biological aspects. Moscow : Meditsina, 1985: 320 p. (in Russian)
20. Tutelyan V.A., Bondarev G.I., Martinchik A. Nutrition and biotransformation processes of foreign substances. Moscow: VINITI, 1987: 212 p. (in Russian)

21. Pokrovskiy V.I., Belyaev E.N., Tutelyan V.A. Food security of Russia. Vestnik Rossiiskoy akademii meditsinskikh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. 1995; (12): 9–13. (in Russian)
22. Pokrovskiy A.A., Kravchenko L.V., Tutelyan V.A. Effect of aflatoxin on rat liver lysosomes. Toxicon. 1972; 10 (1): 25–30.
23. Tutelyan V.A. Deoxynivalenol in cereals in Russia. Toxicol. Lett. 2004; 153 (1): 173–9. (in Russian)
24. Tutelyan V.A., Baturin A.K. Monitoring of nutrition of the population of Russia. Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta [Bulletin of Russian State Medical University]. 2004; 7 (38): 31–6. (in Russian)
25. Theoretical and clinical aspects of nutritional science. Vol. 8. Methods for assessing the supply of vitamins in the population. Edited by M.N. Volgarev. Moscow, 1987: 91. (in Russian)
26. Norms of physiological requirements for nutrients and energy for various groups of the population of the USSR. Moscow: Minzdrav SSSR, 1991. (in Russian)
27. Tutelyan V.A., Knyazhev V.A. Implementation of the concept of state policy of healthy nutrition of the population of Russia: scientific support. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2000; 69 (3): 4–7. (in Russian)
28. Pokrovskiy V.I., Romanenko G.A., Knyazhev V.A., Gerasimenko N.F., Onishchenko G.G., Tutelyan V.A., et al. Healthy nutrition policy. Federal and regional levels. Novosibirsk : Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2002: 339 p. (in Russian)
29. Pokrovskiy A.A. Conversations about nutrition. 3rd ed. Moscow: Ekonomika, 1986: 366 p. (in Russian)
30. The book about tasty and healthy food. Edited by A.A. Pokrovskiy. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1976: 384 p. (in Russian)
31. Volgarev M.N., Tutelyan V.A., Knyazhev V.A., Rogov I.A. The concept of healthy nutrition. Vestnik Rossiiskoy akademii meditsinskikh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences], 1999; (9): 17–9. (in Russian)
32. Quality of life. Health and nutrition: Atlas. Edited by Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Buryak D.A., Akolzhina S.E., Baturin A.K.; transl. in English. O.N. Kishko. Moscow: Meditsina, 2018: 696 p.
33. Nutrition and clinical dietetics: national guidelines. Edited by Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 656 p.
34. Marshak M.S. Clinical nutrition (a guide for dieters and cooks in hospitals). Edited by Savoshchenko I.S., Borinskaya E.N. et al. Moscow: Meditsina, 1967: 484 p. (in Russian)
35. Tutelyan V.A., Sukhanov B.P., Gapparov M.M., Kudasheva V.A. Nutrition in the struggle for survival. Moscow: Akademkniga; 2003: 437 p. (in Russian)
36. Samsonov M.A. Nutrition of the elderly. Moscow: Meditsina, 1979: 80 p. (in Russian)
37. Pokrovskiy A.A. Nutritional recommendations for athletes. Moscow: Fizkul'tura i sport, 1975. (in Russian)
38. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Sports nutrition: from theory to practice. Moscow: DeLi, 2020: 256p. (in Russian)
39. Pashkova I.G., Gaivoronsky I.V., Nikityuk D.B. Somatotype and component composition of the body of an adult. Saint Petersburg: SpetsLit, 2019: 159 p. (in Russian)
40. Nikityuk D.B., Klochkova S.V., Alekseeva N.T. Human anatomy and physiology: Atlas. Edited by D.B. Nikityuk. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 386 p. (in Russian)
41. Chemical composition of food: Reference tables of the content of basic nutrients and the energy value of food. Edited by A.A. Pokrovskiy. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1976. (in Russian)
42. The chemical composition of food: Handbook. Edited by I.M. Skurikhin, M.N. Volgarev. 2nd ed., rev. and add. Moscow: Agropromizdat, 1987. (in Russian)
43. Skurikhin I.M., Nechaev A.P. All about food from the point of view of a chemist. Moscow: Vysshaya shkola, 1991: 287 p. (in Russian)
44. The chemical composition of Russian food products: Handbook. Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. Moscow: DeLi print, 2002: 236 p. (in Russian)
45. Guidelines to methods of analysis of food quality and safety. Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. Moscow: Brandes; Meditsina, 1998: 341 p. (in Russian)
46. Vitamins in nutrition and prevention of vitamin deficiency. Edited by V.V. Efremov. Moscow: Meditsina; 1969: 208 p. (in Russian)
47. Spirichev V.B., Barashnev Yu.I. Congenital disorders of vitamin metabolism. Moscow: Meditsina; 1977: 216 p. (in Russian)
48. Ostrovsky Yu.M., Spirichev V.B., Matusis I.I., et al. Experimental vitaminology: Reference guide. Minsk: Nauka i tekhnika, 1979: 551 p. (in Russian)
49. Theoretical and clinical aspects of nutritional science: Vol. 4. Actual problems of vitaminology. Edited by M.N. Volgarev. Moscow: AMN SSSR; 1983: 193–205. (in Russian)
50. Kukes V.G., Tutelyan V.A. Vitamins and trace elements in clinical pharmacology. Moscow: Paleya-M, 2001: 489 p. (in Russian)
51. Spirichev V.B. Vitamins, vitamin-like and mineral substances: ref. for pharmacists and pharmacists. Moscow: MTsFER, 2004. 239 p. (in Russian)
52. Tutelyan V.A., Knyazhev V.A., Khotimchenko S.A., Golubkina N.A., Kushlinsky N.E., Sokolov Ya.A. Selenium in the human body: metabolism, antioxidant properties, role in carcinogenesis. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2002: 224 p. (in Russian)
53. Tutelyan V.A., Spirichev V.B., Sukhanov B.P., Kudasheva V.A. Micronutrients in the diet of a healthy and sick person. Moscow: Kolos, 2002: 424 p. (in Russian)
54. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakovskiy V.M. Fortification of food with vitamins and minerals. Science and technology. Edited by V.B. Spirichev. Novosibirsk: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2004: 547 p. (in Russian)
55. Kuvaeva I.B. Body metabolism and intestinal microflora. Moscow: Meditsina, 1976: 248 p. (in Russian)
56. Efimochkina N.R. Foodborne bacterial pathogens of the genus Campylobacter. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2019: 216 p. (in Russian)
57. Knyazhev V.A., Sukhanov B.P., Tutelyan V.A. Proper nutrition. Food supplements that you need. Moscow: Geotar Meditsina, 1998: 208 p. (in Russian)
58. Maev I.V., Petukhov A.B., Tutelyan V.A. Biologically active food supplements in preventive medicine. Moscow: Ministry of Health of Russian Federation, 1999: 88 p. (in Russian)
59. Tutelyan V.A., Sukhanov B.P., Austrievskikh A.N., Poznyakovskiy V.M. Biologically active additives in human nutrition. A textbook for the postgraduate education of doctors. Tomsk: Izdatel'stvo nauchno-tekhnicheskoy literatury, 1999: 296 p. (in Russian)
60. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World. 3rd ed. In: Debasis Bagchi (ed.). Academic Press, 2019: 678 p. Chapter 26. Russian regulations on nutraceuticals, functional foods, and foods for special dietary uses (Viktor A. Tutelyan, Boris P. Sukhanov, Alla A. Kochetkova, Svetlana A. Sheveleva, Elena A. Smirnova): 399–416. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00026-5>
61. Tutelyan V.A., Onishchenko G.G., Gurevich K.G., Pogozheva A.V. Healthy nutrition: the role of dietary supplements. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 480 p. (in Russian)
62. Genetically modified products: myths and reality. In: M.M. Gapparov, E.Yu. Sorokina, N.V. Tyshko. Moscow: ID zhurnal «Zdorov'e», 2004: 62 p. (in Russian)
63. Genetically modified food sources: safety assessment and control. Edited by Tutelyan V.A. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2007: 444 p. (in Russian)
64. Genetically Modified Food Sources. Safety Assessment and Control. Edited by Tutelyan V.A. Elsevier; Academic Press, 2013: 363 p.
65. Korobkina G.S. Baby foods: research and technology. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1970: 295 p. (in Russian)
66. Pokrovskiy A.A. Physiological and biochemical bases for the development of baby foods. Moscow: Meditsina, 1972: 103 p. (in Russian)

67. Fundamentals of rational nutrition for children. Edited by K.S. Ladodo, V.D. Ott, E.M. Fateeva. Kiev: Zdorov'ya, 1987: 253 p. (in Russian)
68. Baby foods: book for each family in which the child grows. In: Comp. I.Ya. Kon', A.K. Baturin (comp.). Moscow: Voskresen'e, 1994: 206 p. (in Russian)
69. Microecological and immune disorders in children: dietary correction. Edited by I.B. Kuvaeva, K.S. Ladodo. Moscow: Meditsina, 1991: 239 p. (in Russian)
70. Baby foods. Edited by K.S. Ladodo, L.V. Druzhinina. Moscow: Kolos, 1995: 333 p. (in Russian)
71. Vorontsov I.M., Fateeva E.M. Natural feeding of children. Importance and support. Saint Petersburg: Foliant, 1998: 259 p. (in Russian)
72. Guidelines for baby food. In: V.A. Tutelyan, I.Ya. Kon'. Moscow: MIA, 2004. 661 p. (in Russian)
73. Innovations in baby food: Annual publication with catalog and video attachments 2020. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk, I.Ya. Kon', E.A. Pyryeva. Moscow: MIA, 2020: 224 p. (in Russian)
74. Youth health: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Edited by N.F. Gerasimenko, P.V. Glybochko, I.E. Esaulenko, V.I. Popov, V.I. Starodubov, V.A. Tutelyan. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. (in Russian)
75. Pokrovskiy A.A., Savoshchenko I.S., Samsonov M.A., Marshak M.S., Chernikov M.I., Nogaller A.M. Therapeutic nutrition. Moscow: Meditsina, 1971: 408 p. (in Russian)
76. Pokrovskiy A.A., Oleynik S.F., Beyul E.A., et al. Therapeutic use of fat-fortified diets; edited by A.A. Pokrovskiy. Kiev: Zdorov'ya, 1976: 139 p. (in Russian)
77. Volgarev M.N., Tutelyan V.A., Samsonov M.A. Nutrition in the pathogenesis, therapy and prevention of diseases of the digestive system. Vestnik Rossiiskoy akademii nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 1997; 67 (11): 18–21. (in Russian)
78. Beyul E.A., Budagovskaya V.N., Borinskaya E.N., et al. Handbook of dietetics. Edited by A.A. Pokrovskiy, M.A. Samsonova. Moscow: Meditsina, 1981: 701 p. (in Russian)
79. Beyul E.A., Oleneva V.A., Shaternikov V.A. Obesity. Moscow: Meditsina, 1986: 189 p. (in Russian)
80. Handbook of dietetics. Edited by M.A. Samsonov, A.A. Pokrovskiy. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and add. Moscow: Meditsina, 1992: 463 p. (in Russian)
81. Tutelyan V.A., Samsonov M.A. (eds) Handbook of dietetics. 3<sup>rd</sup> ed., rev. and add. Moscow: Meditsina, 2002: 541 p. (in Russian)
82. Lyashchenko Yu.N., Petukhov A.B. The basics of enteral nutrition. Moscow: Vega Intel XXI, 2001: 343 p. (in Russian)
83. Tutelyan V.A., Popova T.S. New strategies in therapeutic nutrition. Moscow: Meditsina, 2002: 140 p. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Камбаров Алексей Олегович – доктор экономических наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-47  
 E-mail: kambarov@ion.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-2108-2100>

Тутельян В.А.<sup>1, 2</sup>, Никитюк Д.Б.<sup>1, 2</sup>, Батуринов А.К.<sup>1, 2</sup>, Васильев А.В.<sup>1</sup>, Гаппаров М.М.Г.<sup>1</sup>, Жилинская Н.В.<sup>1</sup>, Жминченко В.М.<sup>1</sup>, Камбаров А.О.<sup>1</sup>, Коденцова В.М.<sup>1</sup>, Кравченко Л.В.<sup>1</sup>, Кулакова С.Н.<sup>1</sup>, Лашнева Н.В.<sup>1</sup>, Мазо В.К.<sup>1</sup>, Соколов А.И.<sup>1</sup>, Суханов Б.П.<sup>1, 2</sup>, Хотимченко С.А.<sup>1, 2</sup>

## Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи

Nutriome as the direction of the “main blow”: determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances

Tutelyan V.A.<sup>1, 2</sup>, Nikityuk D.B.<sup>1, 2</sup>, Baturin A.K.<sup>1, 2</sup>, Vasiliev A.V.<sup>1</sup>, Gapparov M.M.G.<sup>1</sup>, Zhilinskaya N.V.<sup>1</sup>, Zhminchenko V.M.<sup>1</sup>, Kambarov A.O.<sup>1</sup>, Kodentsova V.M.<sup>1</sup>, Kravchenko L.V.<sup>1</sup>, Kulakova S.N.<sup>1</sup>, Lashneva N.V.<sup>1</sup>, Mazo V.K.<sup>1</sup>, Sokolov A.I.<sup>1</sup>, Sukhanov B.P.<sup>1, 2</sup>, Khotimchenko S.A.<sup>1, 2</sup>

- <sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, Российская Федерация  
<sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation  
<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

*Одним из важнейших направлений фундаментальных исследований в нутрициологии является определение физиологических потребностей человека в энергии и пищевых веществах. На протяжении предшествующих 90 лет в рамках данного направления выполнены исследования, последовательно развивающие и совершенствующие нормы физиологических потребностей в энергии и пище-*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований Президиума РАН (тема № 19.4. Разработка формулы оптимального питания: обоснование состава нутриома и микробиома человека).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батуринов А.К., Васильев А.В., Гаппаров М.М.Г., Жилинская Н.В., Жминченко В.М., Камбаров А.О., Коденцова В.М., Кравченко Л.В., Кулакова С.Н., Лашнева Н.В., Мазо В.К., Соколов А.И., Суханов Б.П., Хотимченко С.А. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 24–34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039

**Статья поступила в редакцию** 20.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** Research work on the preparation of the manuscript was carried out at the expense of a grant for the performance of a state task within the framework of the program of Fundamental scientific research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (topic No. 19.4. Development of optimal nutrition formula: substantiation of the composition of the human nutriome and microbiome).

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Baturin A.K., Vasiliev A.V., Gapparov M.M.G., Zhilinskaya N.V., Zhminchenko V.M., Kambarov A.O., Kodentsova V.M., Kravchenko L.V., Kulakova S.N., Lashneva N.V., Mazo V.K., Sokolov A.I., Sukhanov B.P., Khotimchenko S.A. Nutriome as the direction of the “main blow”: determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 24–34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039 (in Russian)

**Received** 20.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

вых веществ для различных групп населения РФ. Если в 1950-х гг. в упомянутой области научных исследований на первое место выходило определение величин потребности в макронутриентах, таких как белки, липиды и углеводы, а затем была эра микронутриентов: витаминов, минеральных веществ, микроэлементов, то в настоящее время наступила эра изучения минорных биологически активных веществ пищи. Накапливается все больше и больше фактов об их ведущей роли в регуляции метаболизма. Их можно расценивать как эндогенные, поэтому в их перечне, видимо, далеко еще не полно, представлены пока только основные жизненно важные компоненты, участвующие в формировании здоровья человека. В последние годы в нутрициологию введено такое новое понятие, как нутриом, – совокупность необходимых алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой, направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранение и воспроизводство вида, поддержание адаптационного потенциала организма, системы антиоксидантной защиты, апоптоза, метаболизма, функции иммунной системы. Нутриом, по существу, представляет собой формулу оптимального питания, которая постоянно совершенствуется и дополняется. Знание этой формулы является ключом к формированию оптимальной для человека структуры питания, а значит, и к сохранению его здоровья. Совершенно очевидно, что на популяционном уровне нутриом имеет свои особенности, свою структуру для каждого возрастного периода жизни человека. Необходимость разработки формулы оптимального питания, которую определяет нутриом, и, соответственно, актуализация норм обусловлены изменениями социально-экономического положения и демографической структуры населения, смещением тренда структуры заболеваемости населения в сторону социально значимых неинфекционных заболеваний, связанных с нарушениями питания и обмена веществ, развитием исследований по оценке значимости некоторых пищевых веществ и взаимосвязи питания и здоровья, а также наблюдающимися изменениями антропометрических характеристик детей и взрослых.

**Ключевые слова:** нутриом, формула оптимального питания, нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах, макронутриенты, микронутриенты, минорные биологически активные вещества пищи, антропонутициология, алиментарно-зависимые заболевания

*One of the essential parts of fundamental research in Nutrition Science is the determination of the physiological requirements of humans for energy and food substances. Research that has been carried out in this area over the past 90 years, consistently develops and improves the norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. In the 50 years of the last century in this research field, determining the values of daily intake for macronutrients (proteins, lipids and carbohydrates), was in the first place. Then the Era of micronutrients (vitamins, minerals, trace elements) was started, and, finally, now there is the Era of minor food biologically active substances. More and more facts are accumulating about their leading role in regulating metabolism. They can be recognized as endogenous regulators, the primary vital components involved in the formation of human health. In recent years, the new definition of Nutriome is introduced into Nutrition Science. It is considered as a set of essential nutritional factors to maintain a dynamic equilibrium between human being and the environment, aimed to ensure viability, the preservation and reproduction of the species, keeping the adaptive capacity, the system of antioxidant defence, apoptosis, metabolism, and immune system function. The Nutriome is a formula for optimal nutrition, which is continually being improved and supplemented. Knowledge of this formula is the key to forming an optimal diet for a person, and, therefore, to save their health. It is evident that at the population level, the Nutriome has its characteristics, its structure for each age period of human life. The need to develop a formula for optimal nutrition and, consequently, updating nutrient-based dietary guidelines is induced by socio-economic and demographic changes in population, changes in anthropometric characteristics of children and adults, increasing prevalence of socially significant non-communicable diseases, developing studies of the significance of particular food substances and establishing the relationship between nutrition and health.*

**Keywords:** nutriome, an optimal nutrition formula, norms of physiological needs in energy and food substances, macronutrients, micronutrients, minor biologically active substances, anthroponutritionology, alimentary dependent diseases

Одним из важнейших направлений фундаментальных исследований в нутрициологии является определение физиологических потребностей человека в энергии и пищевых веществах.

Физиологическая потребность в пищевых веществах – это необходимая совокупность алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой, направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранения и воспроизводства вида и поддержания адаптационного потенциала организма.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ – это уровень суточного потребления пищевых веществ, достаточный для удовлетворения физиологических потребностей не менее чем 97,5% населения

с учетом возраста, пола, физиологического состояния и физической активности (Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»).

Последний вариант Норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (далее – нормы) утвержден Главным государственным санитарным врачом РФ в 2008 г. [1]. Этот документ учитывал значительные достижения мировой фундаментальной и прикладной науки того периода, накопленные в области нутрициологии и смежных с ней дисциплин, в частности в нормах:

- расшифрованы физиологическая роль и молекулярные механизмы целого ряда микроэлементов;
- открыто большое число минорных биологически активных веществ пищи;

- доказана эссенциальность полиненасыщенных жирных кислот семейств  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6, определены их оптимальные соотношения в питании здорового и больного человека;
- доказана полифункциональность и жизненная необходимость пищевых волокон;
- установлены негативные эффекты насыщенных жирных кислот, транс-изомеров жирных кислот, а также добавленных моно- и дисахаридов и т.д.

В последние годы в нутрициологию нами введено такое понятие, как нутриом, – совокупность необходимых алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой, направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранение и воспроизводство вида, поддержание адаптационного потенциала организма, системы антиоксидантной защиты, апоптоза, метаболизма, функции иммунной системы. Нутриом, по существу, представляет собой формулу оптимального питания, которая постоянно совершенствуется и дополняется. Знание этой формулы является ключом к формированию оптимальной для человека структуры питания, а значит, и к сохранению его здоровья. Совершенно очевидно, что на популяционном уровне нутриом имеет свои особенности, свою структуру для каждого возрастного периода жизни человека.

Необходимость разработки формулы оптимального питания, которую определяет нутриом, и, соответственно, актуализация норм обусловлены изменениями социально-экономического положения и демографической структуры населения, смещением тренда структуры заболеваемости населения в сторону социально значимых неинфекционных заболеваний, связанных с нарушениями питания и обмена веществ, развитием исследований по оценке значимости некоторых пищевых веществ и взаимосвязи питания и здоровья, а также наблюдающимися изменениями антропометрических характеристик детей и взрослых.

В настоящее время активно развиваются такие новые направления науки, как геномика, протеомика, метаболомика, которые занимаются изучением влияния пищевых факторов на гены, информационные РНК, белки и метаболиты, находящиеся в нашем организме. Они используют новые геномные технологии. Именно с их применением расшифрована роль целого ряда новых, ранее не учитываемых при оценке питания веществ (различные представители флавоноидов, индольные соединения, пептиды, селен, хром, марганец и др.).

Доказано участие ряда этих соединений в поддержании гомеостаза и регуляции метаболизма в организме человека. Расшифрована их роль, например, как сигнальных молекул, запускающих механизм экспрессии генов, отвечающих за синтез целого ряда жизненно важных ферментов, в первую очередь для защиты организма от неблагоприятных факторов окружающей

среды. Это ферменты первой и второй фаз метаболизма ксенобиотиков, антиоксидантной защиты, регуляции апоптоза и др.

В 2008–2020 гг. в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» выполнялись исследования по уточнению физиологической потребности в пищевых веществах и энергии различных групп населения, которые нашли отражение в настоящей статье.

Принимая во внимание увеличение продолжительности жизни населения России и учитывая реализацию национальных проектов «Здравоохранение» и «Демография», которые ставят задачу увеличения средней продолжительности жизни до 80 лет и старше, а также в целях более дифференцированного учета физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» внесены изменения в возрастную периодизацию населения РФ – введены группы 18–29, 30–44, 45–64, 65–74, 75 лет и старше.

Определение современных характеристик физического развития разных возрастно-половых групп населения РФ необходимо для последующего обоснования ряда показателей физиологической потребности в пищевых веществах и энергии, они обеспечат возможность создания базы данных и эталонов антропометрических характеристик детей и взрослых.

В этой области в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» создано новое научное направление – антропонутициология, сформировавшееся на стыке антропологической анатомии и нутрициологии, которое направлено на изучение взаимосвязей и взаимовлияний этих двух наук с целью оптимизации физического и пищевого статусов населения и реализации современных высокоэффективных здоровьесберегающих технологий. Антропологическая составляющая обеспечивает определение физического статуса как каждого конкретного индивидуума, так и популяции в целом, разработку дифференцированных стандартов физического развития разных групп детского и взрослого населения с учетом многочисленных факторов (возрастных, гендерных, этнотерриториальных и др.). Использование современных подходов и научных разработок нутрициологического профиля может обеспечить оптимизацию физического и пищевого статусов индивидуума, коррекцию внешнего вида, многих антропометрических показателей, способствовать их соответствию возрастно-половым и регионарным стандартам, поскольку фактор питания является важнейшим формообразующим фактором, определяющим физическое развитие человека. Важным инструментом антропонутициологии является метод соматотипирования (соматотипологического анализа), позволяющий классифицировать принадлежность индивидуума к конституциональным группам и типам. Этот метод признан эффективным, недорогостоящим и широко апробированным, поэтому целесообразность его трансляции в клиническую практику не вызывает сомнений. Важен факт наличия генетической и анатоми-

ческой предрасположенности к развитию конкретной патологии у представителей разных конституциональных типов (соматотипов). Поэтому принадлежность к определенному соматотипу может рассматриваться как маркер повышенной вероятности развития ряда нозологических форм, в том числе и формирования алиментарно-зависимых заболеваний (сахарного диабета 2 типа, остеопороза, алиментарного ожирения, подагры и т.д.).

При актуализации норм для расчета величины основного обмена (ВОО) использовали фактические антропометрические характеристики различных групп населения, полученные в результате обследования рациона питания репрезентативной общероссийской выборки (около 100 тыс. человек) [2].

Для взрослого трудоспособного населения формировали подвыборку лиц с нормальной массой тела [индекс массы тела (ИМТ) 20,0–25,0 кг/м<sup>2</sup>]. Для пожилого и старческого возраста отбирали лиц с ИМТ 25,0–27,0 кг/м<sup>2</sup>, поскольку объективные данные свидетельствуют о более низких рисках смертности в этих группах по сравнению с людьми, имеющими ИМТ 20,0–25,0 кг/м<sup>2</sup> [2].

Средние величины основного обмена взрослого населения России приведены в табл. 1.

Актуализация норм базируется на основных положениях Концепции оптимального питания [3]:

- энергетическая ценность рациона питания человека должна соответствовать энерготратам организма;
- величины потребления основных пищевых веществ (белка, жиров и углеводов) должны находиться в пределах физиологически необходимых соотношений между ними. В рационе питания предусматриваются физиологически необходимые количества животных белков – источников незаменимых аминокислот, физиологические пропорции насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, сложных и простых углеводов, а также пищевых волокон, оптимальное количество витаминов;
- содержание макроэлементов и эссенциальных микроэлементов должно соответствовать физиологическим потребностям человека;

– содержание минорных биологически активных веществ в пище должно соответствовать их адекватным уровням потребления;

– потребление критически значимых пищевых веществ (пищевая соль, сахара, жиры, включая жиры с насыщенными жирными кислотами и транс-изомерами жирных кислот) должно быть в пределах рекомендуемых уровней их суммарного суточного поступления с рационом питания.

Актуализированные физиологические потребности в энергии и незаменимых (эссенциальных) пищевых веществах представлены в табл. 2, в витаминах и минеральных веществах – в табл. 3, в минорных биологически активных веществах пищи с установленным физиологическим действием для взрослых – в табл. 4 [1].

В вышеприведенные таблицы включены все эссенциальные макро- и микронутриенты, а также основные минорные биологически активные соединения.

Как показывают многочисленные исследования, минорные биологически активные вещества играют важную роль в метаболизме, в частности в методических рекомендациях МР 2.3.1.2432-08 была отмечена важная биологическая роль инозита, карнитина, коэнзима Q<sub>10</sub>, липоевой кислоты, метилметионинсульфония, оротовой и парааминобензойной кислот, глюкозамина, индольных соединений.

Карнозин, входящий в состав мяса и рыбы, рассматривают в качестве антиоксиданта, оказывающего нейропротекторное действие [6–9].

Фенольные соединения широко представлены в пищевых продуктах растительного происхождения. Регулярное употребление с рационом фенольных соединений приводит к снижению риска развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Получены доказательства важной роли фенольных соединений в регуляции защитно-адаптационного потенциала организма [10–13]. К числу основных фенольных соединений относятся представители фенольных кислот, флавоноидов, полимерных фенольных соединений и стильбенов.

В настоящее время фундаментальные исследования ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» направлены на продолжение изучения минорных биологически активных

**Таблица 1.** Средние величины основного обмена (ВОО) взрослого населения России (в ккал/сут)\* [3, 4]

**Table 1.** Average basal metabolic rate of the adult population of Russia (kcal/day)\* [3, 4]

Возраст, годы Age, years	Мужчины / Men			Женщины / Women		
	масса тела, кг body weight, kg	рост, см height, cm	ВОО, ккал/сут basal metabolic rate, kcal / day	масса тела, кг body weight, kg	рост, см height, cm	ВОО, ккал/сут basal metabolic rate, kcal / day
18–29	70,2	176,6	1667–1721	59,8	164,0	1320–1374
30–44	70,6	175,5	1591–1660	60,8	163,8	1253–1322
45–64	68,3	172,4	1450–1543	60,4	161,4	1137–1230
65–74	65,4	168,7	1349–1393	57,8	157,7	1038–1082
≥75	64,6	167,7	≤1329	54,7	154,3	≤980

Примечание. \* – ИМТ 20–25 кг/м<sup>2</sup>.

Note. \* – BMI 20–25 kg/m<sup>2</sup>.

Таблица 2. Актуализированные физиологические потребности в энергии и макронутриентах; ср.: [1]

Table 2. Actualized physiological requirements for energy and macronutrients; compare [1]

Пищевые вещества <i>Nutrients</i>	Потребность / <i>Requirement</i>	
	мужчины / <i>men</i>	женщины / <i>women</i>
<b>Макронутриенты / <i>Macronutrients</i></b>		
Энергия, ккал / <i>Energy, kcal</i>	2095–4235	1083–2963
Белок, г / <i>Protein, g</i>	63–127	50–89
В том числе животный / <i>Including animal origin</i>	31–64	25–44
Белок, % калорийности / <i>Protein, percent of daily calories</i>	12–14	12–14
Жиры, г / <i>Fat, g</i>	70–135	55–99
Жир, % калорийности / <i>Fat, percent of daily calories</i>	30	30
Насыщенные жирные кислоты (НЖК), % от калорийности <i>Saturated fatty acids (SFA), percent of daily calories</i>	10	10
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК), % от калорийности <i>Monounsaturated fatty acids (MUFA), percent of daily calories</i>	10	10
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), % от калорийности <i>Polyunsaturated fatty acids (PUFA), percent of daily calories</i>	6–10	6–10
ПНЖК семейства $\omega$ -6, % от калорийности / PUFA $\omega$ -6, percent of daily calories	5–8	5–8
ПНЖК семейства $\omega$ -3, % от калорийности <i>PUFA <math>\omega</math>-3, percent of daily calories</i>	1–2	1–2
Стерины (фитостерины), мг / <i>Sterols (phytosterols), mg</i>	300	300
Фосфолипиды, г / <i>Phospholipids, g</i>	5–7	5–7
Углеводы, г / <i>Carbohydrates, g</i>	304–614	240–430
Углеводы, % от калорийности / <i>Carbohydrates, percent of daily calories</i>	56–58	56–58
Сахар, % от калорийности / <i>Sugar, percent of daily calories</i>	<10	<10
Пищевые волокна, г/1000 ккал / <i>Dietary fiber, g/1000 kcal</i>	8	8
<b>Незаменимые аминокислоты [5] / <i>Essential amino acids [5]</i></b>		
Валин, г / <i>Valine, g</i>		2,5
Изолейцин, г / <i>Isoleucine, g</i>		2,0
Лейцин, г / <i>Leucine, g</i>		4,6
Лизин, г / <i>Lysine, g</i>		4,1
Метионин + цистин, г / <i>Methionine + cystine, g</i>		1,8
Треонин, г / <i>Threonine, g</i>		2,4
Триптофан, г / <i>Tryptophan, g</i>		0,8
Фенилаланин + тирозин, г / <i>Phenylalanine + tyrosine, g</i>		4,4
<b>Заменимые аминокислоты [5] / <i>Nonessential amino acids [5]</i></b>		
Аланин, г / <i>Alanin, g</i>		6,6
Аргинин, г / <i>Arginine, g</i>		6,1
Аспарагиновая кислота, г / <i>Aspartic acid, g</i>		12,2
Гистидин, г / <i>Histidine, g</i>		2,1
Глицин, г / <i>Glycine, g</i>		3,5
Глутаминовая кислота, г / <i>Glutamic acid, g</i>		13,6
Пролин, г / <i>Proline, g</i>		4,5
Серин, г / <i>Serine, g</i>		8,3

веществ, их участия в метаболизме. Уже полученные данные являются убедительным доказательством их ведущей роли, в частности в регуляции экспрессии генов, ответственных за антиоксидантную защиту, за защиту организма от ксенобиотиков и др. [13]. Многочисленные результаты исследований позволяют определить адекватные уровни их поступления с рационом для населения РФ.

В соответствии с планами реализации национального проекта «Демография», федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек», «Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года» (утверждена распо-

ряжением Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р) и постановлением Президиума РАН от 27.11.2018 № 178 «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки» одной из важнейших задач является выполнение фундаментальных и поисковых научных исследований в области приоритетных направлений медицины, нутрициологии, диетологии, биотехнологий, направленных на обоснование принципов оптимального питания человека и на повышение приоритета профилактики неинфекционных заболеваний. Реализация национальных проектов требует новых подходов и усиления роли науки в решении этих проблем.

В связи с вышеизложенным представляется актуальным формирование нового научного направления – цифровой нутрициологии, которое в настоящее время активно разрабатывается ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ИПМ им. М.В. Келдыша РАН и ФГБОУ ВО МГУПП [14].

Под цифровой нутрициологией понимается цифровая трансформация показателей физического развития и конституциональных, морфологических особенностей организма, компонентного состава тела, физиологических потребностей в макро- и микронутриентах и энергии различных социально-демографических групп населения РФ, цифровизация химического состава пищевых продуктов, ранжирование продуктов как источников пищевых веществ, а также создание электронно-вычислительных программ для разработки персонализированных рекомендаций по оптимальному питанию и др.

В будущем инновационные положения этого направления будут использованы для развития персонализированной медицины.

Представленные данные будут использованы при актуализации Норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах различных групп населения Российской Федерации, утвержденных в 2008 г.

В течение более чем столетней истории эволюции обоснования потребностей человека в энергии и пищевых веществах ученые разных стран используют единые подходы, хотя названия официальных документов, обобщающих потребности групп населения, могут различаться [15–20].

В разных странах под понятием официальной нормы или рекомендуемой потребности в пищевых веществах приняты различные дефиниции, несущие суще-

**Таблица 3.** Актуализированные физиологические потребности в витаминах и минеральных веществах; сравнить с [1]

**Table 3.** Updated physiological requirements for vitamins and minerals; compare [1]

Пищевые вещества <i>Nutrients</i>	Потребность / <i>Requirement</i>	
	мужчины / <i>men</i>	женщины / <i>women</i>
<b>Витамины / <i>Vitamins</i></b>		
Витамин С, мг / <i>Vitamin C, mg</i>	100	100
Витамин В <sub>1</sub> , мг / <i>Vitamin B<sub>1</sub>, mg</i>	1,5 или 0,6/1000 ккал	1,5 или 0,6/1000 ккал
Витамин В <sub>2</sub> , мг / <i>Vitamin B<sub>2</sub>, mg</i>	1,8 или 0,75/1000 ккал	1,8 или 0,75/1000 ккал
Витамин В <sub>6</sub> , мг / <i>Vitamin B<sub>6</sub>, mg</i>	2,0	2,0
Ниацин, мг / <i>Niacin, mg</i>	20 или 8/1000 ккал	20 или 8/1000 ккал
Витамин В <sub>12</sub> , мкг / <i>Vitamin B<sub>12</sub>, µg</i>	3,0	3,0
Фолаты, мкг / <i>Folate, mcg</i>	400	400
Пантотеновая кислота, мг / <i>Pantothenic acid, mg</i>	5,0	5,0
Биотин, мкг / <i>Biotin, mcg</i>	50	50
Витамин А, мкг рет. экв. / <i>Vitamin A, mcg RE</i>	900	800
β-Каротин, мг / <i>β-carotene, mg</i>	5,0	5,0
Витамин Е, мг ток. экв. / <i>Vitamin E, mg TE</i>	15	15
Витамин D, мкг / <i>Vitamin D, mcg</i>	15 (20*)	15 (20*)
Витамин К, мкг / <i>Vitamin K, mcg</i>	120	120
<b>Минеральные вещества / <i>Mineral substances</i></b>		
Кальций, мг / <i>Calcium, mg</i>	1000 (1200)*	1000 (1200)*
Фосфор, мг / <i>Phosphorus, mg</i>	700	700
Магний, мг / <i>Magnesium, mg</i>	420	420
Калий, мг / <i>Potassium, mg</i>	3500	3500
Натрий, мг / <i>Sodium, mg</i>	1300	1300
Хлориды, мг / <i>Chlorides, mg</i>	2300	2300
Железо, мг / <i>Iron, mg</i>	10	18
Цинк, мг / <i>Zinc, mg</i>	12	12
Йод, мкг / <i>Iodine, mcg</i>	150	150
Медь, мг / <i>Copper, mg</i>	1,0	1,0
Марганец, мг / <i>Manganese, mg</i>	2,0	2,0
Селен, мкг / <i>Selenium, mcg</i>	70	55
Хром, мкг / <i>Chromium, mcg</i>	50	50
Молибден, мкг / <i>Molybdenum, mcg</i>	70	70
Фтор, мг / <i>Fluorine, mg</i>	4,0	4,0
Кобальт, мкг / <i>Cobalt, mcg</i>	10	10
Кремний, мг / <i>Silicon, mg</i>	30	30

\* – для лиц 65 лет и старше.

\* – for persons 65 years of age and older.

**Таблица 4.** Актуализированные физиологические потребности в минорных биологически активных веществах пищи с установленным физиологическим действием для взрослых; сравнить с [1]

**Table 4.** Updated physiological requirements for minor biologically active substances with established physiological effects for adults; compare: [1]

Пищевые вещества <i>Nutrients</i>	Рекомендуемый уровень потребления для взрослых, мг/сут <i>Recommended daily intake for adults, mg/day</i>
<b>Минорные биологически активные вещества / Minor biologically active substances</b>	
Инозит / <i>Inositol</i>	500
L-карнитин / <i>L-carnitine</i>	300
Коэнзим Q <sub>10</sub> (убихинон) / <i>Coenzyme Q<sub>10</sub> (ubiquinone)</i>	30
Липоевая кислота / <i>Lipoic acid</i>	30
Метилметионинсульфоний / <i>Methylmethionine sulfonium</i>	200
Оротовая кислота / <i>Orotic acid</i>	300
Парааминобензойная кислота / <i>Para-aminobenzoic acid</i>	100
Холин / <i>Choline</i>	500
<b>Индольные соединения / Indole compounds</b>	
Индол-3-карбинол / <i>Indole-3-carbinol</i>	50
<b>Фенольные кислоты / Phenolic acids</b>	
Гидроксибензойные кислоты (галловая, эллаговая и др.) <i>Hydroxybenzoic acids (Gallic, ellagic, etc.)</i>	50
Гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая, феруловая, цикориевая, кафтаровая и др.) <i>Hydroxycinnamic acids (chlorogenic, ferulic, chicoric, caftaric etc.)</i>	200
<b>Флавоноиды / Flavonoids</b>	
Флавонолы (кверцетин, кемпферол, мирицетин, изорамнетин и их гликозиды в пересчете на агликон) <i>Flavonols (quercetin, kaempferol, myricetin, isorhamnetin and their glycosides in terms of the equivalent amount of aglycone)</i>	30
Флаваноны (гесперетин, нарингенин, эриодиктиол и их гликозиды в пересчете на агликон) <i>Flavanones (hesperetin, naringenin, eriodictyol and their glycosides in terms of the equivalent amount of aglycone)</i>	30
Флаван-3-олы (эпигаллокатехин, эпикатехин, катехин и их галлаты) <i>Flavan-3-ols (epigallocatechin, epicatechin, catechin and their gallates)</i>	100
Флавоны (апигенин, лютеолин и их гликозиды в пересчете на агликон) <i>Flavones (apigenin, luteolin and their glycosides in terms of aglycone)</i>	10
Антоцианы (гликозиды цианидина, мальвидина, пеларгонидина, дельфинидина, петунидина) <i>Anthocyanins (glycosides of cyanidin, malvidin, pelargonidin, delphinidin, petunidin)</i>	50
Изофлавоноиды (генистеин, глицитеин, дайдзеин и их гликозиды в пересчете на агликон) <i>Isoflavones (genistein, glycitein, daidzein and their glycosides in terms of aglycone)</i>	2
<b>Полимерные фенольные соединения / Polymer phenolic compounds</b>	
Конденсированные танины (проантоцианидины) <i>Condensed tannins (proanthocyanidins)</i>	200
Гидролизуемые танины (галло- и эллаготанины) <i>Hydrolyzable tannins (gallotannin and ellagotannins)</i>	200
<b>Стильбены / Stilbenes</b>	
Ресвератрол, пиквеатаннол, виниферин и их гликозиды в пересчете на агликон <i>Resveratrol, piceatannol, vinfiferin and their glycosides in terms of aglycone</i>	2
<b>Другие биологически активные вещества / Other biologically active substances</b>	
Карнозин / <i>Carnosine</i>	200
Глюкозамин сульфат / <i>Glucosamine sulfate</i>	700

ственные смысловые и количественные отличия. Так, в России она обозначена как «нормы физиологических потребностей», в США, Канаде и Японии – «рекомендованная суточная норма потребления», в Европейском союзе – «расчетная/референсная величина потребления пищевого вещества», во Всемирной организации здравоохранения – «безопасный уровень потребления».

Несмотря на научные дискуссии, мы придерживаемся понятия «нормы физиологических потребностей», так как на основе именно этих параметров формируется последовательная цепочка событий по установлению

продовольственной корзины, прожиточного минимума и других важнейших социально-экономических показателей, включая уровень зарплат, пенсий, пособий, стипендий, затрат на питание в организованных коллективах и др., т.е. того, что служит здоровьесбережению и обеспечению активного долголетия народа.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных социально-демографических групп населения РФ являются государственным нормативным документом, а также научной базой при планировании объемов производства основного продовольственного сырья и пищевых продуктов

в Российской Федерации, служат критерием оценки фактического питания на персонализированном и популяционном уровнях и используются [1]:

- при разработке перспективных среднелюдиных размеров (норм) потребления основных пищевых продуктов с учетом изменения социально-экономической ситуации и демографического состава населения РФ;
- для обоснования оптимального развития отечественного агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности страны;
- для планирования питания в организованных коллективах и медицинских организациях;
- при разработке рекомендаций по питанию для различных групп населения и мер социальной защиты;
- для обоснования составов специализированных и обогащенных пищевых продуктов;
- при разработке программ подготовки специалистов и обучении населения принципам здорового питания и др.

Именно выход на установленные нормы физиологических потребностей при формировании вышеперечисленных важнейших социально-экономических показателей является гарантом обеспечения оптимального питания различных групп населения РФ.

Развивая нутрициологию на современном этапе, мы должны отдать должное лидерам, которые формировали ее на протяжении предшествующих 90 лет.

Прежде всего следует вспомнить М.Н. Шатерникова, который возглавлял Институт физиологии питания и является основоположником упомянутого научного направления. Он руководил разработкой физиологических норм питания различных профессиональных и возрастных групп населения, способствовал зарождению и развитию отечественной витаминологии.

В последующие годы эта важнейшая работа продолжалась ученицей М.Н. Шатерникова членом-корреспондентом АМН СССР О.П. Молчановой (директор Института питания РАМН с 1947 по 1961 г.). Под ее руководством в 1951 г. были разработаны и утверждены в виде государственного нормативного документа первые нормы физиологических потребностей.

Достижения биохимии и медицинской энзимологии в 1960–1970-е гг. стали основой дальнейшего развития нутрициологии, и академик АМН СССР А.А. Покровский (директор Института питания РАМН с 1961 по 1976 г.) обосновал формулу сбалансированного питания, в которой были представлены величины потребности человека в белке, включая аминокислоты, жирах, в том

числе ненасыщенных жирных кислот и фосфолипидов, углеводах, а также более 30 минеральных веществ и витаминах.

В дальнейшем нормы уточнялись и совершенствовались: в 1982 г. под руководством члена-корреспондента АМН СССР В.А. Шатерникова, в 1991 г. – академика АМН СССР М.Н. Волгарева, в 2008 г. – академика РАМН В.А. Тутельяна.

Также исследованиям в этой области посвятили свои жизни Н.Г. Богданов, Г.И. Бондарев, Н.В. Блажевич, В.Г. Высоцкий, Г.М. Геллер, П.П. Иванов, И.Н. Кондратьева, И.Я. Конь, К.А. Коровников, К.С. Ладодо, К.А. Ларичева, М.М. Левачев, М.Ф. Нестерин, М.А. Самсонов, И.М. Скурихин, Л.М. Соловьева, В.Б. Спиричев, Е.Н. Степанова, Е.М. Фатеева и многие другие.

Если в 1950-х гг. в упомянутой области научных исследований на первое место выходило определение величин потребности в макронутриентах, таких как белки, липиды и углеводы, а затем была эра микронутриентов: витаминов, макро- и микроэлементов, – то в настоящее время наступила эра изучения минорных биологически активных веществ пищи. Накапливается все больше и больше фактов об их ведущей роли в регуляции метаболизма. В их перечне, видимо, далеко еще не полным, представлены пока только основные жизненно важные компоненты, участвующие в формировании здоровья человека.

На современном этапе в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» исследования по упомянутой проблеме проводят И.М. Абрамова, Л.И. Авреньева, И.В. Аксенов, В.В. Бессонов, Н.А. Бекетова, Г.С. Волкова, О.А. Вржесинская, К.В. Выборная, М.В. Гмошинская, А.А. Девятков, Л.П. Захарова, Н.Р. Ефимочкина, Э.Э. Кешамянц, И.В. Кобелькова, Е.И. Курбатова, А.Д. Малинкин, А.Н. Мартинчик, Л.П. Минаева, А.В. Погожева, Н.С. Погоржельская, Е.А. Пырьева, А.И. Сафронова, А.М. Сафронова, И.М. Серба, Е.А. Смирнова, Н.А. Фурсова, Е.П. Хромченко, С.А. Шевелева, Л.В. Шевякова, Н.М. Шилина и многие другие.

На сегодняшний день перед мировой и отечественной наукой стоит важнейшая задача по снижению заболеваемости и смертности от таких наиболее распространенных болезней, как сахарный диабет 2 типа, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, а также по разработке эффективных мероприятий по снижению распространенности ожирения, с учетом которой в настоящее время осуществляется актуализация действующих Норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ.

## Сведения об авторах

Тутельян Виктор Александрович (*Viktor A. Tutelyan*) – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: tutelyan@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>

*Никитюк Дмитрий Борисович (Dmitriy B. Nikityuk)* – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ИКМ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: dimitrynik@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>

*Батурич Александр Константинович (Aleksandr K. Baturin)* – доктор медицинских наук, профессор, руководитель научного направления «Оптимальное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: baturin@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7007-621X>

*Васильев Андрей Валерьевич (Andrey V. Vasiliev)* – доктор биологических наук, профессор, главный специалист лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: vasilyev\_av@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7808-4799>

*Гаппаров Минкаил Магомед Гаджиевич (Minkail M.G. Gapparov)* – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Российская Федерация)

E-mail: gapparov@ion.ru

*Жилинская Наталия Викторовна (Nataliya V. Zhilinskaya)* – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: zhilinskayanataliya@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-1596-1213>

*Жминченко Валентин Михайлович (Valentin M. Zhminchenko)* – кандидат медицинских наук, главный специалист лаборатории оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: zhminchenko@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2033-6535>

*Камбаров Алексей Олегович (Aleksey O. Kambarov)* – доктор экономических наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kambarov@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-2108-2100>

*Коденцова Вера Митрофановна (Vera M. Kodentsova)* – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kodentsova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

*Кравченко Лидия Васильевна (Lydia V. Kravchenko)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории энзимологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kravchenko@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9316-4527>

*Кулакова Светлана Николаевна (Svetlana N. Kulakova)* – кандидат медицинских наук (Москва, Российская Федерация)

*Лашнева Нина Васильевна (Nina V. Lashneva)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории энзимологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: lashneva@ion.ru

*Мазо Владимир Кимович (Vladimir K. Mazo)* – профессор, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: mazo@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3237-7967>

*Соколов Александр Игоревич (Alexander I. Sokolov)* – кандидат медицинских наук, инженер-исследователь 1-й категории лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sokolov@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9973-583X>

*Суханов Борис Петрович (Boris P. Sukhanov)* – доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник лаборатории энзимологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sukhانov@ion.ru

Хотимченко Сергей Анатольевич (*Sergey A. Khotimchenko*) – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, первый заместитель директора ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)  
E-mail: hotimchenko@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5340-9649>

## Литература

1. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18.12.2008.
2. Итоги выборочного наблюдения рациона питания населения в 2018 году Росстата и первичные данные, обработанные в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html)
3. Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с. (Серия «Национальное руководство»).
4. Мингазова Э.Н., Никитюк Д.Б., Хузижанов Ф.В., Титова С.А., Садькова Р.Н. Стандарты физического развития студентов 18–23 лет г. Казани : методическое пособие. 2-е изд. Москва ; Казань : Изд-во НИИ Общественного здоровья им. Н.А. Семашко; Изд-во Академии наук РТ, 2017. 24 с.
5. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ», утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02.07.2004.
6. Девятков А.А., Рыжков И.Н. Действие минорных компонентов пищи карнозина, кверцетина и гесперетина при экспериментальной фокальной ишемии/реперфузии // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 55. С. 256–257. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10366>
7. Bereznoy D.S., Stvolinsky S.L., Lopachev A.V. et al. Carnosine as an effective neuroprotector in brain pathology and potential neuromodulator in normal conditions // *Amino Acids*. 2019. Vol. 51, N 1. P. 139–150. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2667-7>
8. Davis P.K., Laud P.J., Bahor Z. et al. Systematic review and stratified meta-analysis of the efficacy of carnosine in animal models of ischemic stroke // *J. Cerebr. Blood Flow Metab*. 2016. Vol. 36, N 10. P. 1686–1694. DOI: <https://doi.org/10.1177/0271678X16658302>
9. Stvolinsky S.L., Fedorova T., Devyatov A.A. et al. A neuroprotective action of carnosine in conditions of experimental focal cerebral ischemia-reperfusion // *Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova*. 2017. Vol. 117, N 12. P. 60–64. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712260-64>
10. Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Катехины: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков // *Вопросы питания*. 2009. № 4. С. 4–20.
11. Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаваноны: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков // *Вопросы питания*. 2011. № 5. С. 4–23.
12. Аксенов И.В., Авреньева Л.И., Гусева Г.В., Трусов Н.В., Балакина А.С., Мжельская К.В. и др. Влияние кверцетина на защитный потенциал крыс при повышенном содержании фруктозы в рационе // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № 5. С. 6–12. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10047>
13. Мжельская К.В., Трусов Н.В., Гусева Г.В., Аксенов И.В., Кравченко Л.В., Тутельян В.А. Изучение влияния кверцетина на экспрессию генов ферментов углеводного и липидного обмена в печени крыс, получавших высокофруктозный рацион // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2019. Т. 167, № 2. С. 218–222.
14. Гавриков М.Б., Кислицын А.А., Орлов Ю.Н., Камбаров А.О., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Цифровая персонализированная нутрициология: проблемы и решения // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. 2020. № 25. С. 1–36. DOI: <http://doi.org/10.20948/prepr-2020-25>
15. *Dietary reference intakes: Applications in Dietary Assessment*. Washington, D.C. : National Academy Press, 2005.
16. Reeds P.J., Beckett P.R. Protein and amino acids // *Present Knowledge in Nutrition / eds E.E. Ziegler, L.Y. Filer*. 7<sup>th</sup> ed. Washington, D.C. : ILSI Press, 1996. P. 67–86.
17. *Dietary reference intakes: Applications in Dietary Assessment*. Washington, D.C. : National Academy Press, 2001. 289 p.
18. CNR, Health and Welfare Canada Nutrition Recommendations. The Report of the Scientific Review Committee. Ottawa Supply and Services Canada, 1990.
19. HPND, Health Promotion and Nutrition, Health Policy Bureau, Ministry of Health and Welfare. Tokyo, Japan, 1991.
20. *Dietary Reference Values for Energy and Nutrients the United Kingdom*, Department of Health, Report on Health and Social Subjects No. 41. London : HMSO, 1991.

## References

1. Methodical recommendations MR 2.3.1.2432-08 «Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation», approved by the Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation 18.12.2008. (in Russian)
2. The results of sampling the diet of the population in 2018 Rosstat and primary data, processed in the Food Chemistry of the Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology. URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html) (in Russian)
3. *Nutriciology and clinical dietology: National guidelines*. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 656 p. (Series «National guide») (in Russian)
4. Mingazova E.N., Nikityuk D.B., Khuzikhanov F.V., Titova S.A., Sadykova R.N. Standards of physical development of students 18–23 years of age in Kazan: Methodological guide. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow; Kazan: Publishing House of the Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko; Publishing house of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2017: 24 p. (in Russian)
5. Methodical recommendations MR 2.3.1.1915-04 «Recommended levels of consumption of food and biologically active substances»,

- approved by the Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation 02.07.2004. (in Russian)
6. Devyatov A.A., Ryzhkov I.N. Action of minor food components carnosine, quercetin and hesperetin in experimental focal ischemia/reperfusion. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (S5): 256–7. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10366> (in Russian)
  7. Berezhnoy D.S., Stvolinsky S.L., Lopachev A.V., et al. Carnosine as an effective neuroprotector in brain pathology and potential neuromodulator in normal conditions. *Amino Acids*. 2019; 51 (1): 139–50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2667-7>
  8. Davis P.K., Laud P.J., Bahor Z., et al. Systematic review and stratified meta-analysis of the efficacy of carnosine in animal models of ischemic stroke. *J Cerebr Blood Flow Metab*. 2016; 36 (10): 1686–94. DOI: <https://doi.org/10.1177/0271678X16658302>
  9. Stvolinsky S.L., Fedorova T., Devyatov A.A. et al. A neuroprotective action of carnosine in conditions of experimental focal cerebral ischemia-reperfusion. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova [S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry]*. 2017; 117 (12): 60–4. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712260-64>
  10. Tutelyan V.A., Lashneva N.V. Biologically active substances of plant origin. Catechins: food sources, bioavailability, effect on xenobiotic metabolism enzymes. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2009; (4): 4–20. (in Russian)
  11. Tutelyan V.A., Lashneva N.V. Biological active substances of plant origin. Flavanones: dietary sources, bioavailability, the influence on xenobiotic metabolizing enzymes. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2011; (5): 4–23. (in Russian)
  12. Aksenov I.V., Areneva L.I., Guseva G.V., Trusov N.V., Balakina A.S., Mzhelskaya K.V., et al. Effect of quercetin on the protective potential of rats with increased fructose content in the diet. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (5): 6–12. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10047> (in Russian)
  13. Mzhelskaya K.V., Trusov N.V., Guseva G.V., Aksenov I.V., Kravchenko L.V., Tutelyan V.A. Study of the effect of quercetin on the expression of genes of carbohydrate and lipid metabolism enzymes in the liver of rats receiving a high-fructose diet. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]*. 2019; 167 (2): 218–22. (in Russian)
  14. Gavrikov M.B., Kislitsyn A.A., Orlov Yu.N., Kambarov A.O., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Numerical personal threpsology: the problems and solutions. Preprinty IPM im. M.V. Keldysha [Preprints of IPM named after M.V. Keldysh] 2020; (25): 1–36. DOI: <http://doi.org/10.20948/prepr-2020-25> (in Russian)
  15. Dietary reference intakes: Applications in Dietary Assessment. Washington, D.C.: National Academy Press, 2005.
  16. Reeds P.J., Beckett P.R., Protein and Amino Acids. Edited by E.E. Ziegler, L.Y. Filer. Present Knowledge in Nutrition. 7<sup>th</sup> ed. Washington, D.C.: ILSI Press, 1996: 67–86.
  17. Dietary reference intakes: Applications in Dietary Assessment. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001: 289 p.
  18. CNR, Health and Welfare Canada Nutrition Recommendations. The Report of the Scientific Review Committee. Ottawa Supply and Servicts Canada, 1990.
  19. HPND, Health Promotion and Nutrition, Health Policy Bureau, Ministry of Health and Welfare. Tokyo, Japan, 1991.
  20. Dietary Reference Values for Energy and Nutrients the United Kingdom, Department of Health, Report on Health and Social Subjects No. 41. London: HMSO, 1991.

**Для корреспонденции**

Шевелева Светлана Анатольевна – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-83  
 E-mail: sheveleva@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>

Шевелева С.А.<sup>1</sup>, Куваева И.Б.<sup>1</sup>, Ефимочкина Н.Р.<sup>1</sup>, Маркова Ю.М.<sup>1</sup>, Просянных М.Ю.<sup>2</sup>

## Микробиом кишечника: от эталона нормы к патологии

Gut microbiome: from the reference of the norm to pathology

Sheveleva S.A.<sup>1</sup>, Kuvaeva I.B.<sup>1</sup>, Efimochkina N.R.<sup>1</sup>, Markova Yu.M.<sup>1</sup>, Prosyannikov M.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Минздрава России, 105425, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105425, Moscow, Russian Federation

*Проведена системная оценка состояния кишечного микробиома человека во взаимосвязи с его функцией в макроорганизме, направленной на обеспечение нутриома, и факторов, определяющих адекватный пищевой статус. Постулировано новое понятие «эталонный кишечный микробиом здорового человека» и сформулированы требования к нему: взаимодействие с хозяином по принципу мутуализма, обеспечение иммунного баланса с макроорганизмом за счет правильного формирования мукозального иммунитета, осуществление метаболических и регуляторных функций без потерь для нутриома. В качестве критериев его оценки у здоровых взрослых людей, потребляющих сбалансированные по энергии*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований Президиума Российской академии наук (тема № 529-2018-0111 «Разработка формулы оптимального питания: обоснование состава нутриома и микробиома человека»).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией возрастной нутрициологии Е.А. Пыревой и заведующим отделениями Клиники лечебного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» В.А. Ревякиной и Х.Х. Шарафетдинову за организацию сбора биологического материала для исследований от здоровых и больных детей и взрослых, а также за предоставление сведений о характере их питания.

**Для цитирования:** Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Маркова Ю.М., Просянных М.Ю. Микробиом кишечника: от эталона нормы к патологии // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 35–51. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10040

**Статья поступила в редакцию 20.07.2020. Принята в печать 29.07.2020.**

**Funding.** Research work was carried out at the expense of a grant for the performance of a state task within the framework of the program of Fundamental scientific research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (topic 529-2018-0111 “Development of optimal nutrition formula: substantiation of the composition of the human nutriome and microbiome”).

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgments.** The authors express their gratitude to the head of the laboratory of age-related nutritional science E.A. Pyryeva and heads of the clinical departments of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety V.A. Revyakina and Kh.Kh. Sharafetdinov for organizing the collection of biological material for research from healthy and sick children and adults, as well as for providing information about the their nutrition.

**For citation:** Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Markova Yu.M., Prosyannikov M.Yu. Gut microbiome: from the reference of the norm to pathology. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 35–51. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10040 (in Russian)

**Received 20.07.2020. Accepted 29.07.2020.**

*тической и пищевой ценности рационы, адекватные возрасту и энерготратам, предложен комплекс характеристик и биомаркеров, отражающих таксономический состав и популяционные свойства микробного сообщества кишечника, а также состояние его незаменимых иммунных и метаболических функций. Изучено влияние алиментарных факторов на формирование кишечного микробиома человека в раннем онтогенезе, характер дисбиотических сдвигов, в том числе при распространенных неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваниях (ожирение, пищевая аллергия, мочекаменная болезнь) у россиян, обоснованы пути их коррекции и поддержания микробиоты кишечника в процессе жизнедеятельности с учетом современных знаний.*

**Ключевые слова:** кишечная микробиота, дисбиоз, короткоцепочечные жирные кислоты, эталонный кишечный микробиом, нутриом, пищевая коррекция кишечного микробиома, алиментарно-зависимые заболевания

*A systemic assessment of the state of the human intestinal microbiome was carried out in relation to its function in the macroorganism, aimed at providing the nutriome, and the factors that determine the adequate nutritional status. A new concept of "reference gut microbiome of a healthy person" was postulated and the requirements to it were formulated: interaction with the host according to the principle of mutualism, provision of immune balance with the macroorganism due to the correct formation of mucosal immunity, implementation of metabolic and regulatory functions without losses for the nutriome. A set of characteristics and biomarkers reflecting the taxonomic composition and population properties of the microbial community, as well as the state of its essential immune and metabolic functions, was proposed as a criterion for its assessment in healthy adults who consume a diet balanced in nutritive and energy value, appropriate for age and energy spending. The influence of alimentary factors on the formation of the human intestinal microbiome in early ontogenesis, the nature of dysbiotic shifts, including those under common non-infectious alimentary-dependent diseases (obesity, food allergy, urolithiasis), in Russians were studied, the ways of their correction and maintenance of the intestinal microbiota in the process of life were substantiated taking into account modern knowledge.*

**Keywords:** gut microbiota, dysbiosis, short-chain fatty acids, reference gut microbiome, nutriome, nutritional correction of the gut microbiome, alimentary-dependent diseases

**В**недрение технологий, основанных на достижениях геномики, транскриптомики, протеомики, метаболомики и биоинформатики (ОМИК-технологий), в микробиологию в последнее десятилетие революционно изменило и расширило представление о структуре и функциях микробиома человека, а также обозначило его ведущую роль в регуляции обменных процессов в макроорганизме, усвоении пищевых веществ, эндогенном синтезе эссенциальных для нормального пищеварения и жизнедеятельности ферментов, витаминов и биологически активных соединений, т.е. в факторах, определяющих нутриом [1–3]. Стало очевидно, что от физиологической полноценности кишечной флоры в раннем детстве зависит формирование правильного пищевого статуса растущего организма и предотвращение его нарушений в последующей жизни. В то же время текущая ситуация свидетельствует о высокой распространенности дисбиозов кишечника у российских жителей всех возрастных групп, включая детей раннего возраста [4], что требует активизировать характеристику алиментарных факторов, способствующих микробному дисбалансу в раннем онтогенезе. Наряду с этим крайне актуально изучение характера дисбиотических сдвигов при наибо-

лее широко распространенных алиментарно-зависимых патологиях у взрослых. Эти знания важны в качестве доказательной базы ассоциации конкретных патологий со специфичными нарушениями кишечной микробиоты как для диагностики, так и для разработки адекватных подходов диетической коррекции их негативного влияния на обменные процессы и усвоение нутриентов в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ).

Все это обуславливает необходимость интеграции новых знаний в концепцию нутриома и, соответственно, обоснования эталонного состава кишечного микробиома, а также путей его поддержания и коррекции в процессе жизнедеятельности, для повышения адаптационного потенциала человека и для снижения распространенности алиментарно-зависимых заболеваний.

### **История микробиологического направления в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»**

Исследования по участию кишечной флоры в обмене веществ организма, роли биохимической активности микробных популяций, обуславливающих трансформа-

цию и деградацию эндогенных и экзогенных веществ в пищеварительном канале, начали выполняться в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (ранее – Институт питания) в отделе физиологии пищеварения под руководством профессора Г.К. Шлыгина в конце 1950-х – середине 1960-х гг. И.Б. Куваевой при участии В.Г. Геймберг и Л.И. Петрушиной. В трудоемких физиологических опытах и клинических наблюдениях на добровольцах, с использованием тогда еще только бактериологических методов было отчетливо показано, что даже у здоровых людей состав кишечной флоры может резко и неблагоприятно изменяться под влиянием некоторых алиментарных воздействий, в частности нефизиологичных диет. Обоснована необходимость нормализации нарушенной микроэкологии и ее важность в формировании нормального физиологического статуса макроорганизма [5].

В 1979 г. профессор И.Б. Куваева создала в Институте питания самостоятельное направление микроэкологии, под эгидой лаборатории санитарно-пищевой микробиологии, к названию которой были добавлены слова «...и микроэкологии». Ее задачи в этом плане формулировались как разработка комплекса микробиологических, иммунологических и биохимических показателей, характеризующих функциональное состояние микроэкологической системы пищеварительного тракта в норме и при патологических состояниях (для улучшения диагностики синдромов нарушенного питания и обоснования принципов их коррекции); изучение связи биохимических процессов, осуществляемых микробными ассоциациями в ЖКТ, с алиментарными факторами (в целях обоснования возможности использования микроэкологической системы для оценки качества традиционных, вновь создаваемых и специализированных пищевых веществ и продуктов), что актуально и сегодня.

В современном названии лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома отражена приоритетность стратегий защиты здоровья, связанных с новыми рисками в пище, в том числе через поддержание и сохранение нутримикробиома – сообщества микроорганизмов и их геномов в кишечнике человека, взаимодействующего с нутриомом – необходимой для жизнедеятельности оптимальной совокупностью пищевых веществ (макро- и микронутриентов, биологически активных веществ).

В 1970–1980-х гг. микроэкологическая группа лаборатории совместно с отделом питания большого ребенка Института, руководимого К.С. Ладодо, и педиатрами других учреждений провела широкие исследования, позволившие установить важные закономерности формирования микроэкологической системы ЖКТ ребенка, которая складывается из взаимодействия секреторной активности разных отделов ЖКТ и создания определенных концентраций водородных ионов (рН) в химусе, выделения в составе секретов ферментов, иммунных белков, в том числе секреторных иммуноглобулинов класса А (*sIgA*), лизоцима и других неспецифических защитных факторов, а также из структуры

и активности микробных ассоциаций. Обосновано, что стабильность системы зависит от возраста, характера вскармливания ребенка, а также от состояния его здоровья, наличия заболеваний различной природы, в том числе пищевой аллергии. На основе этих данных сотрудниками группы санитарно-пищевой микробиологии были разработаны модельные среды, имитирующие условия пищеварения в желудке детей первого года жизни и старше, в которых изучалась возможность выживания и размножения патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (УПМ), попадающих с пищей в ЖКТ, а также бактерий-зубиотиков, при обосновании нормативов качества и безопасности продукции.

По результатам этих исследований защищено 10 кандидатских диссертаций, опубликовано большое количество работ и монография «Микроэкологические и иммунные нарушения у детей: диетическая коррекция», получено авторское свидетельство [6, 7].

Впоследствии в лаборатории и при ее участии в Институте питания выполнен ряд научных исследований, в рамках которых разработаны показатели догенной диагностики функциональных нарушений микроэкологической системы у детей и взрослых при пищевой непереносимости, пищевой аллергии, синдроме раздраженного кишечника [8–10], исследованы механизмы корректирующего влияния алиментарных факторов [11–13], обоснованы требования к пробиотикам и пребиотикам и критериям их пробиотического потенциала [14]. В результате этих работ была создана научная, правовая и нормативно-методическая база оценки качества, безопасности и эффективности специализированных пробиотических пищевых продуктов и биологически активных добавок (БАД) к пище, а также микроорганизмов, используемых для их производства [15, 16], которая отражена в спектре технических регламентов ЕАЭС, Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), стандартах и методических указаниях (МУК 2.3.2.721-98 «Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище», МУ 2.3.2.2789-10 «Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов», ГОСТ Р 56201-2014 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения бифидогенных свойств», ГОСТ Р 56139-2014 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов», ГОСТ Р 56145-2014 «Продукты пищевые функциональные. Методы микробиологического анализа»).

### Обоснование состава эталонного микробиома

На догенном этапе микроэкологии кишечная флора человека характеризовалась как совокупность облигат-

ных строгих анаэробов, факультативных – условно-патогенных и сапрофитных, а также транзитных – случайных микробов, в норме в кишечнике отсутствующих. Их качественно-количественные показатели у практически здоровых взрослых и детей, проживающих на территории РФ, и характеристики дисбиотических отклонений различной степени выраженности стандартизованы в ОСТ 91500.11.0004. 2003 «Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника». Польза документа для практической медицины, особенно педиатрии, гастроэнтерологии и инфектологии, несомненна и сегодня, поскольку нацеливает клиницистов, курирующих пациентов с ассоциированными дисбиозами, направлять усилия на укрепление облигатной флоры и баланса популяций, тем самым улучшая состояние внутрикишечной среды и обеспечение гомеостаза.

Однако взятые в нем за основу фенотипические характеристики флоры ограниченно позволяют оценивать ее связь с различными внешними факторами, в том числе с питанием. Характеристики популяций анаэробной микробиоты, ответственных за основные метаболические процессы, устарели или не приведены (например, о бактериоидах у детей, хотя именно эта популяция играет роль в формировании ожирения во взрослой жизни), что не дает возможности изучать тенденции в развитии массовых неинфекционных заболеваний у населения.

С 2016 г. лаборатория целенаправленно изучает состав кишечной флоры у детей и взрослых в норме и при наиболее распространенных алиментарно-зависимых заболеваниях (ожирении, пищевой аллергии, синдроме раздраженного кишечника) с использованием новых методов анализа, основанных на полимеразной цепной реакции (ПЦР). Накоплена база данных о качественно-количественных профилях доминирующих популяций, в том числе о содержании в кале некультивируемых облигатно-анаэробных сахаролитиков, таких как *Faecalibacterium prausnitzii*, *Bacteroides fragilis* & *thetaiotaomicron*, *Methanobrevibacter* spp. и *Methanobrevibacter smithii* [17]. Данные о них позволяют расширить понятие о защитной микрофлоре кишечника, к которой ранее относили только бифидо- и лактобактерии, нормальные энтеробактерии по принципу наличия антагонизма против патогенов, без учета доли в сообществе.

В 2018–2020 гг. в рамках фундаментальных научных исследований по разработке и обоснованию измененной формулы оптимального питания (с обоснованием состава нутриома и микробиома человека) проанализирован характер взаимодействия микробиоты с пищевыми веществами с учетом ее индивидуальной, популяционной и нозологической вариабельности, иммуногенной, метаболической и регуляторной функции.

На первом этапе этой задачи важно было оценить новые данные о развитии и состоянии кишечной микробиоты на разных этапах жизненного цикла человека и соотнести их с факторами питания.

### Анализ научной информации о кишечной микробиоте в онтогенезе, полученной современными методами

*Данные о таксономических характеристиках.* Установлено, что с внедрением ОМИК-технологий представления о микробиоте изменились практически революционно. Секвенирование, позволяющее анализировать все геномы в образцах экосистем (метагеномика) или геномы консервативных маркерных генов 16SpPHK для идентификации микроорганизмов кишечного сообщества, привело к обновленному пониманию его структуры и видового состава. В сочетании с транскриптомикой и метаболомным профилированием на основе газожидкостной (ГЖХ-МС) и высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ/МС-МС) и современных статистических подходов для интерпретации и оценки корреляций появился и самый современный инструмент исследования физиологии микроорганизмов в организме хозяина и расшифровки функционального потенциала [18, 19]. Возникло понятие микробиом как совокупность ассоциированных с хозяином микробов, их генов, фагов, белков и дериватов [20].

В первой декаде XXI в. в масштабных коллективных проектах HMP (*“American Human Microbiome Project”*) и *“European MetaHIT”* (*“Metagenomics of the Human Intestinal Tract consortium”*) [21, 22] был детально изучен видовой состав бактерий кишечной микробиоты у сотен жителей Европы и США [23]. Подобная работа продолжается повсеместно, число полностью расшифрованных микробиомов кишечника у здоровых и больных неинфекционными заболеваниями людей достигло уже нескольких тысяч [24]. В результате стало ясно, что в 1 г кала содержится не менее  $10^{12}$  микробных клеток (1–3% массы тела), а сам кишечный микробиом чрезвычайно разнообразен (по разным данным, в нем идентифицировано от 1150 до 1950 только бактериальных OTU<sup>1</sup>, из которых известным культивируемым видам соответствует лишь 20–40%) и неповторим как на межиндивидуальном, так и на внутрииндивидуальном уровнях. Но примерно 160 видов признаются в той или иной степени общими, выявляясь с разными уровнями и частотой в популяциях населения [25], а также выделяется основной микробиом – от 12 до 21 бактериальных родов, встречающихся у большинства [26–28].

Для упорядочения такого биоразнообразия понадобились более высокие ранги таксономической иерархии,

<sup>1</sup> OTU – операционная таксономическая единица – группа микроорганизмов, объединенная по признаку гомологии (идентичности последовательностей 16S rPHK более, чем на 97–98%), используется как таксономический эквивалент вида.

и характеристику таксонов стали выстраивать по нисходящей, начиная от подцарств (филумов) и представляя в виде соотношений между их членами в каждом изучаемом сообществе [29]. С этим подходом было обнаружено, что в экосистеме кишечника по содержанию и количеству входящих в них видов преобладают 4 бактериальных филума – *Firmicutes* (*F*), *Bacteroidetes* (*B*), *Proteobacteria* (*P*) и *Actinobacteria* (*A*): на их долю приходится более 95% идентифицированных таксонов. На филумы *Fusobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Cyanobacteria* – от 1 до 5%. Данные о доле представителей других сообществ, способных быть как симбионтами, так и паразитами человека (археи, грибы, вирусы, гельминты, простейшие), составляющей около 0,2%, не окончательны. Пока их относят к «темной материи» микробиомов и даже связывают с ними проблемы отсутствия отклика на пробиотические вмешательства (из-за возможного хронического воспаления при инвазии клеток хозяина) и уменьшения биоразнообразия (из-за воздействия фагов) [30].

Обобщение данных о биологии представителей филумов показало, что для фирмикутов (*F*) характерен активный метаболизм углеводов, в том числе неперевариваемых полисахаридов, а также белка, бактериоидетов (*B*) – деградация белка и аминокислот, полисахаридов, желчных кислот, холина, актинобактерий (*A*) – гидролиз сложных углеводов, а протеобактерии (*P*) неоднородны по типу питания, часто используют и продуцируют промежуточные метаболиты [30–33].

Поэтому с учетом знаний о протосимбиозе популяций в сложившихся сообществах, отношения между филумами, доменами и царствами в кишечной флоре можно охарактеризовать как обеспечение взаимных трофических путей. И, соответственно, заключить, что их реализацию и формирование стабильной макро- и микроструктуры микробного сообщества кишечника во всех возрастах определяет пищевое воздействие. На это указывают и не выявлявшиеся ранее традиционной филогенетикой такие индикаторы, как баланс между филумами, составляющими основную часть микробиоты, и ее  $\alpha$ -разнообразие. Так, индекс  $B : F$ , показывающий соотношение совокупной численности *Bacteroidetes* и *Firmicutes*, – достаточно постоянная в разном возрасте величина, меняющаяся параллельно с  $\alpha$ -разнообразием. В свою очередь это соотношение модифицируется только при физиологически обусловленной возрастной смене характера питания [34]. В норме у детей первого года жизни индекс  $B : F$  находится на уровне 0,4 при наиболее низком разнообразии, обусловленном преобладанием актинобактерий (до 90%) на фоне монотонного, по крайней мере до введения прикорма, молочного вскармливания. У взрослых при полноценном питании достигает 11 (при неуклонном росте  $\alpha$ -разнообразия), а после 65 лет синусоидально снижается вплоть до 0,6 под действием факторов, ассоциированных с его ухудшением в старости из-за адентии, гипохлоргидрии с зашлачиванием химуса и исключением микробных ферментов с оптимумом

$pH < 6,0$ , падения активности соматических ферментов и всасывания [35]. Угасающие на этом фоне субстратно-ферментативные взаимодействия в ЖКТ ведут к регрессу разнообразия, снижая устойчивость микробиоты к негативным воздействиям и выполнение ею других своих функций.

Таким образом, таксономические вариации кишечного микробиома на уровне филумов и биоразнообразия позволяют оценивать общее состояние микробного населения в ЖКТ организма-хозяина в зависимости от пищевых потребностей у людей в разном возрасте. Но, как следует из большинства работ, у средней здоровой популяции более тонкий родовой и видовой состав остается недостаточно изученным. Это затрудняет оценку влияния на микробиом экзогенных и эндогенных факторов, в том числе алиментарных. Поэтому с точки зрения его возможной стандартизации использование только таксономических характеристик, как это до сих пор принято в клинике для оценки состава микрофлоры толстой кишки в традиционном анализе на дисбактериоз кишечника, нереально.

*Данные о функциональных характеристиках.* Есть предложения определять микробиом у здоровых людей по балансу функциональных возможностей флоры, населяющей ЖКТ, характеризуя семействами генов метаболических и других путей, либо на основе метаболомики (измерение комплекса метаболических показателей в кишечном содержимом). Сегодня многие ученые поддерживают мнение о том, что «более важным является понимание физико-химических и метаболических активностей микробиоты, поскольку они более биологически значимы, чем проведение переписи» [36, 37].

Действительно, функционирование микробиома всегда приводит к образованию конкретных метаболитов: ферментов, короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), лактата, аминокислот, дериватов желчных кислот, нейрохимических соединений, витаминов, бактериоцинов, противовоспалительных пептидов, присутствующих в кишечнике в измеримых современными методами концентрациях, в отличие от многообразия производящих их микроорганизмов [18]. Более того, новые аналитические технологии позволили во многом переоценить роль этих веществ в метаболизме и иммунитете. Наиболее важным стало раскрытие регуляторной функции образующихся в кишечнике КЦЖК.

Установлено, что, помимо известных для них локальных эффектов (трофическое, противовоспалительное и антиканцерогенное действие на колоноциты, закисление кишечного содержимого), КЦЖК на 95% всасываются в кровь и оказывают влияние на физиологические процессы, происходящие в печени, белой и бурой жировой ткани, костном мозге, легких, поджелудочной железе, кишечнике. Через связывание с рецепторами гистондеацетилаз (ингибирование), рецепторами, сопряженными с семейством G-белков-посредников во внутриклеточных сигнальных каскадах (активация)

и  $\gamma$ -рецепторами, активируемыми пероксисомным пролифератором, этих органов и систем, они регулируют метаболизм жира, углеводов, энергетический метаболизм, реакции клеточного иммунитета и т.д. [34, 38, 39]. Все КЦЖК участвуют в регулировании иммунных реакций и в потреблении энергии в организме. Подробно описана способность ацетата снижать липолиз и аккумулировать жир в белой жировой ткани, бутирата – снижать размер адипоцитов и усиливать липолиз в бурой жировой ткани, пропионата – регулировать глюконеогенез в печени и наряду с бутиратом активировать кишечный глюконеогенез. Снижению потребления пищи и энергии помогает ацетат, вмешиваясь в регуляцию аппетита и насыщения в гипоталамусе за счет индуцирования выработки гормонов инкретинов энтероэндокринными клетками кишечника [40, 41]. Кроме того, в ответ на взаимодействие кишечника с микробиотой он стимулирует продукцию противовоспалительных цитокинов и *slgA* через рецептор GPR43, связанный с G-белком, индуцирует генерацию регуляторных Т-лимфоцитов (Treg) на периферии и их дифференцировку. Включаясь в молекулы глюкозы, жирных кислот и холестерина, ацетат и пропионат проникают с ними в органы и ткани, в том числе в центральную нервную систему [39].

*Интерпретация подходов.* Описанные открытия позволили понять истинный биологический смысл ферментации в толстой кишке наибольшего по объему компонента рациона – резистентного крахмала и некрахмальных полисахаридов растительного происхождения. Он заключается в перманентном образовании, со строгой закономерностью у всех индивидуумов, независимо от географии, определенного набора КЦЖК, в котором четко преобладают ацетат, пропионат, бутират, и поступление их в кровоток в виде эссенциальных сигнальных молекул – регуляторов обмена энергии, иммунитета и метаболизма [34, 38]. Постоянство этой констелляции подтверждено в проспективных исследованиях, показавших, что в кишечной флоре жителей разных регионов мира резко повышена доля генов метаболизма растительных полисахаридов, синтеза некоторых аминокислот и витаминов, а также метаногенеза [42]. Доказано, что нарушения выработки КЦЖК в результате дисбиоза могут приводить к негативным последствиям для хозяина. Например, высокая продукция ацетата микробиотой на модели грызунов способствовала развитию метаболического синдрома [34, 38, 39]. Выявленные закономерности окончательно связали нутриом и микробиом в неразрывное целое, доказав насущность регулярного потребления с ежедневным рационом необходимого по объему и калорийности количества злаков, овощей и фруктов для обеспечения правильного эндогенного синтеза КЦЖК.

Согласно данным современной идентификации, продуцентами главных КЦЖК в кишечнике в основном являются представители облигатно анаэробных сахаролитиков, в том числе бутирата – *Faecalibacterium*, *Ruminococcaceae* и *Lachnospiraceae* sp., пропионата – *Bacteroides*, *Propionibacterium*, *Roseburia*, *Selenomonas*

sp., ацетата – *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Lactobacillus* sp. Но описаны и взаимные превращения, а также способность протеолитических микробов синтезировать из белков животного происхождения и гликопротеидов изомерные формы КЦЖК с разветвленной цепью, биологическое значение которых неоднозначно [43]. Поэтому оценка метаболитов, без анализа микробных источников их синтеза и причин нарушений, определяющих развитие той или иной патологии, может быть бесперспективной для их коррекции. Одной из причин нарушений может выступать дисбаланс сахаролитиков с метаногенами – утилизаторами водорода, и это обуславливает важность изучения наряду с бактериями-продуцентами КЦЖК также популяций, ответственных за баланс сообщества.

В этом же контексте актуальность таксономической характеристики микробиома важна и для оценки состояния врожденного иммунитета (которое обеспечивается и поддерживается физическим взаимодействием микробных тел и структур с эпителиоцитами и лимфоидным аппаратом кишечника, выработкой соматических, капсульных, жгутиковых, мембранных антигенов, экспрессирующих различные факторы локального и системного иммунитета), а также воспалительного статуса по динамике эндотоксина [44].

Но надо учитывать, что сходные функциональные результаты могут обеспечиваться разными таксономическими составами, а основной движущей силой, которая формирует микробиом, обеспечивая избирательное преимущество роста для тех или иных его представителей, является доступность пищевых и промежуточных субстратов [45, 46]. Соответственно, биохимический и иммунный гомеостаз кишечного микробиома поддерживается постоянным притоком определенного набора нутриентов, способствующих отбору тех видов микроорганизмов, которые обладают генетической способностью к их утилизации, выживают и работают в создающейся среде. Очевидно, что, в свою очередь, состав участвующих таксонов, как и тип, биологическая активность и соотношение продуцируемых ими метаболитов и эффектов, зависят от качества и количества этих нутриентов при их поступлении с пищей.

В результате проведенного анализа были сделаны следующие основные выводы:

- полисахариды растительного происхождения в рационе являются незаменимыми субстратами для образования главных системных регуляторов иммунитета, метаболизма, деятельности органов и систем в организме (КЦЖК ацетат, пропионат и бутират), и, соответственно, они определяют преобладание анаэробных сахаролитических микроорганизмов в толстой кишке у здоровых взрослых людей;
- в обоснование эталонного кишечного микробиома не могут ложиться только таксономические или метаболические показатели сообщества, необходимо отражать разностороннее влияние флоры на организм хозяина, учитывать характер его питания, пищевой и иммунный статус.

## Обоснование качественно-количественных показателей эталонного кишечного микробиома у взрослых людей

На втором этапе с учетом выводов информационного анализа и принимая во внимание эссенциальные физиологические функции кишечной микрофлоры в макроорганизме, постулировано новое понятие «эталонный кишечный микробиом» как сложноорганизованной системы, взаимодействующей с хозяином посредством физических контактов с анатомическими структурами кишечника, вырабатываемых ферментов, иммунных, регуляторных, нейроактивных и других биологически активных веществ, состав и уровни которых диктуются возрастными адаптационными и нутритивными потребностями здорового человека и обеспечиваются необходимыми для его жизнедеятельности субстратами в составе потребляемой пищи. Сформулированы основные критерии эталонного (идеального) микробиома, центральными среди них являются взаимодействие с хозяином по принципу мутуализма (взаимной пользы) и способность обеспечивать в кишечнике иммунный баланс и метаболические функции без потерь для нутриома (рис. 1).

Следует отметить, что идеи о мутуалистических отношениях между микробиомом и организмом человека в той или иной форме встречались и ранее в научных публикациях микробиологов и эволюционистов [34, 40, 47–49].

С учетом перечисленных факторов и основываясь на опыте изучения констант микробиома у здоровых россиян в возрасте от 19 до 65 лет, предложен принципиально новый комплекс качественно-количественных показателей эталонного кишечного микробиома. В него включены современные, в том числе основанные на метагеномике, таксономические и функциональные характеристики, дающие представление о фенотипе микробиоты у взрослых с нормальным индексом массы тела, потребляющих сбалансированные по энергетической и пищевой ценности рационы, адекватные возрасту и энерготратам. Для этого были обоснованы 3 группы показателей: таксономические, популяционные, иммунометаболические, предлагаемые маркеры которых, определяемые в кале, и их некоторые значения приведены в табл. 1.

Для обоснования таксономических характеристик эталонного микробиома были проанализированы данные метагеномных исследований, проведенные на выборках из российской популяции здоровых взрослых людей, о филотипах и о частоте встречаемости родов и видов, общих для более 50% обследованных, с учетом их функциональной роли и позиций пользы для организма хозяина [32, 49–54]. Требования к отсутствию кишечных патогенов и УПМ исходят из принципа мутуализма и дополнены доказательными данными о том, что патоген, представленный хотя бы на 1%, имеет значительное влияние на всю микробиоту, что существует отрицательная корреляция дисбиозов II–III степени с уровнем витамин-



Рис. 1. Постулированные критерии, характеристики и основные факторы эталонного кишечного микробиома

Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

Fig. 1. Postulated criteria, characteristics and main factors of a reference gut microbiome

Таблица 1. Основные качественно-количественные показатели эталонного кишечного микробиома у взрослых до 65 лет

Table 1. The main qualitative and quantitative indicators of the reference gut microbiome in adults under 65 years of age

<p>1. Состав основных таксонов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метагеномная характеристика сообщества [7 основных филотипов <i>Firmicutes</i>, <i>Bacteroidetes</i>, <i>Actinobacteria</i>, <i>Proteobacteria</i>, <i>Verrucomicrobia</i>, <i>Fusobacteria</i>, <i>Euryarchaeota</i> (<i>Methanobacteraeota</i>)], их соотношение в ДНК, выделенной из содержимого кишечника, %;</li> <li>– соотношение <i>Bacteroidetes</i> : <i>Firmicutes</i> (индекс <i>B</i> : <i>F</i>) – 1,7–6,0 (данные будут уточняться);</li> <li>– частота встречаемости представителей основного микробиома (%), диапазон содержания, lg КОЕ/г) (18 родов и 5 видов – <i>Bifidobacteria</i>, <i>Atopobium</i>, <i>Lactobacillus</i>, <i>Bacteroides</i> spp., в том числе <i>B. fragilis</i>, <i>Bacteroides thetaiotaomicron</i>, <i>Parabacteroides</i>, <i>Prevotella</i>, <i>Alistipes</i> spp., <i>Faecalibacterium prausnitzii</i>, <i>Blautia</i>, <i>Dorea</i>, <i>Ruminococcus</i>, <i>Roseburia</i>, <i>Coprococcus</i>, <i>Clostridium</i> spp. (кроме <i>C. perfringens</i>, <i>C. botulinum</i>), <i>Enterococcus</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Akkermansia</i> spp., <i>Methanobrevibacter smithii</i>);</li> <li>– соотношение <i>Bacteroides fragilis</i> : <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> – не более 1,3;</li> <li>– частота встречаемости (%), диапазон содержания, lg КОЕ/г) УПМ и патогенных микроорганизмов, не должны присутствовать: <i>C. difficile</i>, <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Pseudomonadaceae</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Bacillus cereus</i>, <i>Campylobacter coli</i> &amp; <i>jejuni</i> &amp; <i>lari</i>, <i>Helicobacter pylori</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>; могут выделяться транзиторно – <i>Fusobacterium</i> sp., <i>Candida</i> sp. в количестве не более 10<sup>4</sup>;</li> <li>– индекс разнообразия (ИП) (число видов индивида по Пиелу) – более 0,4 (данные будут уточняться)</li> </ul>
<p>2. Активность и маркеры антагонизма защитных популяций микробиоты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– кислотообразование у бифидобактерий: pH в среде – не более 4,5 ед.;</li> <li>– гемолитическая активность аэробных и анаэробных популяций – менее 10% от общего количества КОЕ/г (данные будут уточняться)</li> </ul>
<p>3. Иммунологические и метаболические характеристики копрофильтрата:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– содержание КЦЖК, в том числе ацетата (А), пропионата (П), бутирата (Б) – Σ 50–150 ммоль/л (данные будут уточняться) и соотношение А : П : Б – 3:1:1;</li> <li>– аммиак, концентрация, ммоль/л (данные в процессе сбора);</li> <li>– фекальные аминокислоты и их производные: β-аспартилглицин, γ-аминокусусная, β-аспартиллизин, β-аланин, 5-аминовалериановая, γ-аминоизомасляная; частота обнаружения, % – 0, 0, 0–10, 0–5, 0–10, 0–10, соответственно;</li> <li>– содержание секреторного IgA – 0–50 мг/л;</li> <li>– антилизоцимная, антииммуноглобулиновая и антиинтерфероновая активности аэробного компонента, индекс ингибции тест-культур – (данные в процессе сбора);</li> <li>– pH содержимого толстой кишки, ед. – 7,0–7,5</li> </ul>

ной обеспеченности, что имеет место потеря энергии с калом у худых людей при дисбиозах кишечника [41, 49, 55]. Данные о показателе биоразнообразия у здоровых взрослых основаны на публикациях [26, 52]. При этом принята во внимание достоверная связь более высокого α-разнообразия (ИП 0,47) с регулярным потреблением йогурта у лиц с нормальным индексом массы тела против ИП 0,41 у не потребляющих его [26]. Критерий и способ его выражения будут уточняться по мере появления достоверной информации об обследовании россиян.

Для показателя КЦЖК в копрофильтрате учтен ряд работ, предпринимавшихся на российских выборках условно здоровых людей, в том числе предложенный в 2008 г. «метаболитный паспорт» кишечной флоры [56]. К сожалению, основная масса данных получена для лиц с дисбиозами различной степени. В целом сведения о конкретных концентрациях значимо колеблются, возможно, из-за использования различных методик. Тогда как соотношения значений А : П : Б в выборках взрослых россиян [57, 58] в целом близки к идеальной формуле основных КЦЖК у человека 3:1:1 [59], которая может быть принята на стартовом этапе эталонного микробиома.

Сведения о содержании секреторного иммуноглобулина, фекальных аминокислот, pH были доступны из результатов собственных ретроспективных исследований на выборках здоровых взрослых людей и более ранних работ лаборатории [6, 60, 61].

Следует подчеркнуть, что приведенные в табл. 1 данные не окончательные и будут уточняться в процессе дальнейшего сбора информации, получаемой воспроизводимыми стандартизованными методами, о кишечном

микробиоме здоровых лиц, потребляющих сбалансированные по энергетической и пищевой ценности рационы, адекватные возрасту и энерготратам.

Обоснованность некоторых показателей предложенного эталонного микробиома подтверждена нами в процессе выборочных культуральных и ПЦР-исследований кишечной флоры у 42 практически здоровых детей (от 2 до 16 лет) и взрослых (от 18 до 65 лет) с нормальным пищевым статусом, получавших сбалансированные по пищевым веществам и энергии рационы. Показано, что по таксономическому составу и популяционным свойствам значительно ближе к формуле эталонного микробиома находились показатели у взрослых, чем у детей (прекращалось обнаружение или достоверно снижалось содержание УПМ, а также выраженность гемолитической активности анаэробных популяций). Например, только у детей обоими методами выявлялись такие УПМ, как *Clostridium difficile*, *Proteus* spp., коагулазоположительные стафилококки в количествах от 10<sup>4,5</sup> до 10<sup>10</sup> КОЕ/г кала, тогда как у взрослых они отсутствовали.

Полученные результаты также поддерживают гипотезу современной литературы о более длительном становлении микробиома у детей, чем было принято считать. Возможно, необходимо изменение нижней возрастной границы для значений, принимаемых за норму при диагностике дисбактериоза кишечника по ОСТ 91500.11.0004. 2003, с 1 года на 5 лет в свете новейших данных о составе и функциях кишечного микробиома.

Подготовлен проект методических рекомендаций «Эталонный кишечный микробиом человека: критерии оценки», который в 2020 г. будет представлен

для обсуждения в Проблемную комиссию по фундаментальной нутрициологии Межведомственного совета Российской академии наук по медицинским проблемам питания.

### Обоснование путей поддержания и коррекции кишечного микробиома в процессе жизнедеятельности при дисбиотических сдвигах и при распространенных алиментарно-зависимых заболеваниях

Подтвердив зависимость от нутриома, новые представления о микроэкологии укрепили и понимание особой необходимости сохранения микробиома в периоды физиологических смен характера питания и любых необычных диетических воздействий во избежание формирования в нем неправильных генных соотношений и их закрепления в иммунном и метаболическом фенотипе хозяина [18, 62].

*Анализ факторов, влияющих на становление кишечной микробиоты в раннем онтогенезе.* Поскольку наиболее часто физиологическая смена характера питания происходит в период от рождения до 3 лет, проведено системное обобщение данных и сопоставление результатов влияния разных эндогенных и экзогенных стрессорных факторов на процессы становления кишечной микробиоты у детей в раннем онтогенезе. Их основные положения представлены схематично на рис. 2.

Эти данные со всей очевидностью свидетельствуют о том, что основным причинным фактором, задерживающим созревание кишечной микробиоты и достижение ею стабильного биоразнообразия у детей в постнатальном периоде, является нутритивный, а именно искусственное вскармливание, которое способствует формированию нарушенного профиля КЦЖК, сукцессии нефизиологичных видов бифидобактерий, повышению частоты дисбиозов с преобладанием фирмикутов над бактериоидетами и высокой долей провоспалительных таксонов, что ведет к генерации обезогенного фенотипа микробиоты и риску развития метаболических патологий во взрослой жизни.

Как дополнительный пусковой фактор, модифицирующий флору с негативными последствиями для макроорганизма, охарактеризованы антибиотики, используемые не только в качестве средств лечения заболеваний, но и присутствующие в пище как загрязнители. В качестве одного из доказательств служат результаты экспериментов на мышах, потреблявших низкие дозы пенициллина (LDF) с рождения. В возрасте 8 нед у них были воспроизведены метаболические изменения, характерные для эффекта стимуляции роста: экспрессия факторов транскрипции (G-J) и цитокинов (K-N), представляющих 4 линии Т-хелперов, и антимикробных пептидов (O-P) в *ileum*. Перенос их илеальной микробиоты безмикробным мышам сопровождался развитием у последних метаболических изменений и ожирения, что, во-первых, доказывает причинную роль измененного фенотипа уже в отсутствие антибиотиков, а во-вторых,



Рис. 2. Воздействие стрессорных факторов на формирование кишечной микробиоты в раннем онтогенезе

Fig. 2. Impact of stress factors on the formation of gut microbiota in early ontogenesis

достаточность даже узкого временного окна для закрепления изменений в еще не сформировавшейся микробиоте и ее устойчивого воздействия на композицию тела [68]. Кроме того, LDP усиливали эффект ожирения, вызванного рационом с высоким содержанием жиров.

На основе подобных работ и широчайшего опыта использования кормовых антибиотиков обоснованно утверждается, что воздействия на микробиоту в младенчестве в период ее нестабильности, особенно на фоне критических состояний (недоношенность, рождение кесаревым сечением, искусственное вскармливание, резкая смена пищи) являются критическими детерминантами долгосрочных метаболических эффектов у хозяина во взрослой жизни [4, 18, 68]. Эти выводы подтверждают необходимость максимального содействия грудному вскармливанию для защиты кишечной микробиоты в раннем возрасте и разработки новых путей профилактики неинфекционных заболеваний человека, в том числе направленных на ограничение применения антибиотиков в сельском хозяйстве, особенно при производстве продуктов детского питания.

### Изучение взаимосвязи кишечной микробиоты с алиментарно-зависимой неинфекционной патологией у россиян

За короткий срок от внедрения ОМИК-методов за рубежом вышло много публикаций об участии совокупности кишечных микробов в механизмах формирования алиментарно-зависимых метаболических заболеваний, а также о возможностях модулирования микробиоты с помощью пробиотиков, пребиотиков и неперевариваемых углеводов. Метагеномный паттерн кишечной микробиоты охарактеризован как биомаркер реагирования человека на алиментарные факторы, в том числе на различные диеты, а его значительная межличностная вариабельность – как фактор, повышающий результативность персонализированной диетотерапии [69, 70].

Вопросы взаимосвязи микробиоты с неинфекционной патологией стали активно изучаться и в России. При этом используется широкий спектр методов – от бакпосева и ГХ-МС до количественной ПЦР и секвенирования 16S рНК, тогда как возможностями для анализа метагенома кишечника обладает пока ограниченное число научных учреждений. Для ряда патологий (ожирение, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет 2 типа, синдром раздраженного кишечника) накоплены данные о представленности доминирующих популяций, связи с индексом массы тела, влиянии на микробиоту особенностей образа жизни, пищевых предпочтений [71–74]. Но, возможно, из-за разных методических подходов эти данные зачастую не согласуются.

Во многом при этих патологиях остаются неясными черты измененных микробиомов, знания о которых и их

сопоставление с эталонным микробиомом, во взаимосвязи с данными о характере питания, дадут возможность обоснованно разрабатывать рекомендации по пищевой коррекции и прогнозировать влияние диетических компонентов на здоровье хозяина.

Для накопления соответствующей базы данных нами проведены исследования микробиоты у 120 детей и взрослых, страдающих алиментарно-зависимыми заболеваниями [пищевая аллергия, ожирение, мочекаменная болезнь (МКБ)]. Получены приоритетные новые данные о культуральных и ПЦР таксономических профилях кишечных микроорганизмов (с характеристикой родовой и видовой принадлежности и количества некультивируемых анаэробов с защитными свойствами *Faecalibacterium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium* sp.). Показано, что при всех трех заболеваниях у 100% больных имеет место дисбиоз кишечника провоспалительного типа со значимым повышением частоты и уровней представителей протеобактерий (энтеропатогенных *E. coli*, условно-патогенных *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter* & *Citrobacter*, *Proteus* spp.), а также гемолитической активности анаэробного компонента по сравнению со здоровыми людьми того же возраста. Причем значения последнего показателя, предложенного в качестве одной из характеристик эталонного микробиома, при пищевой аллергии, ожирении и МКБ были выше аналогичных значений для здоровых (в 1,8; 2,3 и 2,0 раза по *Me* соответственно). При ожирении и МКБ у взрослых отмечено изобилие условно-патогенных анаэробов (*C. perfringens*). Эти результаты однозначно подтверждают роль дисбиотических изменений флоры провоспалительного типа при неинфекционных заболеваниях у россиян.

Впервые на российской выборке урологических больных получены данные об особенностях кишечной микробиоты у взрослых пациентов с МКБ, установлено повышение выраженности кишечного дисбиоза в зависимости от тяжести основного неинфекционного заболевания (табл. 2).

Как видно, при уровнях мочевой кислоты в моче, превышающих референсные биохимические значения, обнаружен значимый рост численности аэробного компонента флоры (преимущественно за счет цитратассимилирующих энтеробактерий, энтерококков, стафилококков) и в 1,5 раза более высокая его гемолитическая активность на фоне сниженной плотности бифидобактерий, чем у людей с нормальным содержанием мочевой кислоты. Достоверность их пролиферации подтверждена также при исследовании методом ПЦР. Важно, что все представители аэробных популяций, количество которых было превышено у больных, относятся к уреазпродуцирующим бактериям, что указывает на возможное участие микробиома в формировании нарушений при МКБ данного типа. Данные будут дорабатываться в плане расшифровки ПЦР-профилей кишечной флоры на образцах ДНК, выделенной из кала пациентов, у лиц с разной степенью тяжести МКБ, в том числе в зависимости от характера питания.

**Таблица 2.** Характеристика кишечной микробиоты у взрослых пациентов с мочекаменной болезнью в сравнении со здоровыми (культуральный посев, КОЕ/г кала)**Table 2.** Characteristics of gut microbiota in adult patients with kidney stone disease in comparison with healthy persons (culture, CFU/g feces)

Показатель <i>Indicator</i>	Здоровые лица (n=18) <i>Healthy persons (n=18)</i>		Пациенты с мочекаменной болезнью <i>Patients with kidney stone disease</i>			
			всего (n=40) <i>total (n=40)</i>		из них с высоким уровнем мочевой кислоты (n=5) <i>of which with high uric acid levels (n=5)</i>	
	<i>M±m</i>	<i>Me</i>	<i>M±m</i>	<i>Me</i>	<i>M±m</i>	<i>Me</i>
Содержание мочевой кислоты в моче, ммоль/л (норма ≤4,13) <i>The content of uric acid in urine, mmol/l (norm ≤4.13)</i>	Не обнаружено <i>Not found</i>		3,5±0,3	3,5	4,9±0,1	4,8
Энтеробактерии с нормальной ферментативной активностью <i>Enterobacteriaceae with normal enzymatic activity</i>	6,9±0,3	7,1	7,9±0,2	8,2	8,6±0,2	8,5
Стафилококки <i>Staphylococci</i>	5,7±0,3	5,6	5,9±0,3	5,5	6,4±0,7	6,5*
Коагулазоположительные стафилококки <i>Coagulase-positive staphylococci</i>	Не обнаружены <i>Not found</i>		4,9±0,3	4,9*	4,6±0	4,6*
Энтерококки <i>Enterococci</i>	5,9±0,1	5,8	6,7±0,2	6,4	7,4±0,4	7,4**
Количество аэробов <i>The number of aerobes, incl.</i>	7,4±0,2	7,2	8,4±0,2	8,5	8,9±0,1	8,8*
В том числе / <i>Including:</i> % гемолитических форм <i>% of hemolytic forms</i>	62,2±8,4	63,6	60,0±7,3	60,0	86,5±10,1	94,4**
Количество анаэробов <i>The number of anaerobes, incl.</i>	9,5±0,3	9,3	9,7±0,1	10,0	9,7±0,4	9,6
В том числе / <i>Including:</i> % гемолитических форм <i>% of hemolytic forms</i>	39,4±11,4	21,5	44,8±8,4	42,9 *	27,8±21,7	7,4
Лактобактерии <i>Lactobacillus</i>	7,0±0,2	7,0	7,8±0,2	8,1	8,7±0,2	8,8
Цитратассимилирующие энтеробактерии <i>Citrate-assimilating Enterobacteriaceae</i>	5,8±0,2	5,6	6,8±0,2	6,9 *	7,7±0,2	7,7**
Бифидобактерии <i>Bifidobacteria</i>	8,7±0,2	9,0	8,8±0,1	9,0	9,0±0,4	9,0
Антагонизм бифидобактерий <i>Antagonism of Bifidobacteria</i>	4,2±0,0	4,2	4,3±0,0	4,3	4,1±0,1	4,1
Сульфитредуцирующие кластридии <i>Sulfite-reducing Clostridia</i>	7,1±0,2	7,0	7,6±0,1	8,0	8,4±0,2	8,0
Дрожжи <i>Yeasts</i>	3,2±0,3	2,8	3,3±0,2	3,2	3,7±0,8	3,3
Бактероиды <i>Bacteroides</i>	8,3±0,3	8,7	8,5±0,2	8,7	9,0±0,4	9,0

Примечание. Статистически значимые ( $p < 0,05$ ) отличия: \* – от показателя здоровых лиц; \*\* – от показателя здоровых лиц и пациентов без превышения уровня мочевой кислоты в моче.

Note. Statistically significant ( $p < 0.05$ ) differences: \* – from the indicator of healthy individuals; \*\* – from the indicator of healthy individuals and patients without exceeding the level of uric acid in urine.

### Обоснование путей поддержания и коррекции кишечного микробиома при распространенных алиментарно-зависимых заболеваниях

Анализ источников литературы и результаты проведенных исследований позволили сформулировать принципы и пути поддержания кишечного микробиома в процессе жизнедеятельности для сохранения его оптимального состояния и адекватного взаимодействия с нутриомом, в том числе для профилактики и снижения рисков разви-

тия дисбиозов провоспалительного типа. Так, обоснована необходимость соблюдения микробиологической направленности питания с рождения и на протяжении всей жизни:

- максимальная поддержка грудного вскармливания от рождения до 12 мес;
- при искусственном вскармливании детей первого-второго года жизни – потребление максимально адаптированных смесей, отвечающих критерию бифидогенности по белковому, углеводному и жировому компонентам;

– у детей старше 3 лет и взрослых – долговременная профилактика за счет потребления сбалансированных по пищевым веществам и энергии рационов, включающих обогащенные и специализированные пищевые продукты на основе смесей некрахмальных растительных полисахаридов и пребиотиков (для обеспечения должного профиля эндогенных метаболитов-регуляторов иммунитета и метаболизма КЦЖК ацетата, пропионата, бутирата), биологически активных веществ фитохимического происхождения (полифенолов и биофлавоноидов, проявляющих регулирующее действие на состав микробиоты и укрепление целостности эпителиального барьера кишечника), а также кисломолочных и сквашенных продуктов (как способствующих пищеварению источников дополнительных экзогенных ферментов галактозидаз, пептидаз и частично расщепленного белка), продуктов и БАД к пище с живыми пробиотическими микроорганизмами, стимулирующих иммунные клетки кишечника, у пожилых – ежедневное потребление источников неперевариваемых волокон (клетчатки, гемицеллюлозы) в рекомендован-

ных суточных порциях для профилактики старческого дефицита бутиратпродуцирующей флоры в кишечнике.

### Заключение

Направление нутримикробиома в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» будет развиваться на основе новых методических подходов для оценки состава кишечной микробиоты у людей, в том числе путем метагеномного анализа и совершенствования культуральной анаэробной техники, а также анализа статистических корреляций ее результатов с характеристикой питания у людей.

Приоритетными будут исследования по раскрытию взаимосвязи кишечного микробиома с формированием пищевого статуса человека, между оптимальными уровнями нутриентов и качественно-количественными показателями флоры, для обеспечения той или иной стороны нормального метаболизма и обоснования (уточнения) потребностей организма в этих нутриентах.

### Сведения об авторах

*Шевелева Светлана Анатольевна (Svetlana A. Sheveleva)* – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sheveleva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>

*Куваева Инна Борисовна (Inna B. Kuvaeva)* – доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ

E-mail: Kuvaeva@ion.ru

*Ефимочкина Наталья Рамазановна (Natalya R. Efimochkina)* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: karlikanova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-9071-0326>

*Маркова Юлия Михайловна (Yulia M. Markova)* – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: yulia.markova.ion@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-2631-6412>

*Просьянников Михаил Юрьевич (Mikhail Yu. Prosyannikov)* – кандидат медицинских наук, заведующий отделом мочекаменной болезни НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: prosyannikov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3635-5244>

### Литература

1. Clemente J.C., Ursell L.K., Parfrey L.W., Knight R. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view // *Cell*. 2012. Vol. 148, N 6. P. 1258–1270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.01.035>
2. Sommer F., Bäckhed F. The gut microbiota – masters of host development and physiology // *Nat. Rev. Microbiol.* 2013. Vol. 11. P. 227–238. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2974>
3. Shenderov B.A. Gut indigenous microbiota and epigenetics // *Microb. Ecol. Health Dis.* 2012. Vol. 23, N 1. P. 171–195. DOI: <https://doi.org/10.3402/mehd.v23i0.17195>
4. Максимова О.В. Оценка микробиоты кишечника у детей с аллергическими заболеваниями в зависимости от массы тела : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2015. 25 с.

5. Куваева И.Б. Обмен веществ организма и кишечная микрофлора. Москва : Медицина. 1976. 248 с.
6. Куваева И.Б., Ладодо К.С. Микроэкологические и иммунные нарушения у детей: диетическая коррекция. Москва : Медицина, 1991. 240 с.
7. Куваева И.Б., Петрушина Л.И., Шевелева С.А. Способ определения *in vitro* выживаемости микроорганизмов в детских диетических продуктах, содержащих микроорганизмы, и препаратах-эубиотиках. А. с. SU 1306135 А1. 22.12.1986.
8. Куваева И.Б., Кузнецова Г.Г. Антагонистическая активность микробных популяций защитной флоры и ее связи с характеристикой микробиоценоза и факторами питания // Вопросы питания. 1993. № 3. С. 46–50.
9. Шевелева С.А., Куваева И.Б., Флуер Ф.С., Кузнецова Г.Г. Энттеротоксинообразование представителей условно-патогенной микрофлоры кишечника как диагностический тест при дисбактериозах кишечника // Вопросы питания. 2002. № 5. С. 23–26.
10. Шевелева С.А., Батищева С.Ю., Кузнецова Г.Г., Семенова Н.Н., Феклисова Л.В., Исаков В.А. и др. Изучение состава лактофлоры толстой кишки у больных с пищевой аллергией и синдромом раздраженной кишки // Вопросы питания. 2011. Т. 80, № 2. С. 26–30.
11. Кузнецова Г.Г., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Черкашина А.В., Батищева С.Ю., Семенихина В.Ф. и др. Влияние пробиотического кисломолочного продукта на микробиоту толстой кишки, гематологические показатели и клеточный иммунитет у крыс // Вопросы питания. 2012. № 3. С. 18–23.
12. Маркова Ю.М., Шевелева С.А., Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Лактофлора толстой кишки крыс при алиментарном полигиповитаминозе и измененном жировом составе рациона // Вопросы питания. 2013. Т. 82, № 2. С. 66–69.
13. Маркова Ю.М., Сидорова Ю.С. Состояние защитных популяций микробиоты кишечника при воздействии стресса у крыс, получающих различные рационы с биологически активными компонентами пищи // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 1. С. 58–65.
14. Шевелева С.А. Медико-биологические требования к пробиотическим продуктам и биологически активным добавкам к пище (БАД) // Инфекционные болезни. 2004. Т. 2, № 3. С. 86–91.
15. Пожоева А. В., Шевелева С. А., Маркова Ю. М. Роль пробиотиков в питании здорового и больного человека // Лечащий врач. 2017. № 5. С. 67–72. URL: <https://www.lvrach.ru/2017/05/15436730>
16. Шевелева С.А. Пробиотики в пищевой индустрии: нормативная база, перспективы // Переработка молока. 2018. № 10. С. 30–34.
17. Власова А.В., Исаков В.А., Пилипенко В.И., Шевелева С.А., Маркова Ю.М., Полянина А.С. и др. Methanobrevibacter smithii при синдроме раздраженного кишечника: клинико-молекулярное исследование // Терапевтический архив. 2019. Т. 91, № 8. С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.08.000383>
18. Mills S., Stanton C., Lane J.A., Smith G.J., Ross R.P. Precision nutrition and the microbiome, Part I: Current state of the science // Nutrients. 2019. Vol. 11, N 4. P. 1–45. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11040923>
19. Perz A.I., Giles C.B., Brown C.A., Porter H., Roopnarinesingh X., Wren J.D. MNEMONIC: Metagenomic Experiment Mining to create an OTU Network of Inhabitant Correlations // BMC Bioinformatics. 2019. Vol. 20, suppl. 2. P. 96. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-019-2623-x>
20. Ley R.E., Peterson D.A., Gordon J.I. Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine // Cell. 2006. Vol. 124, N 4. P. 837–848. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.02.017>
21. Methé B.A., Nelson K.E., Pop M. et al. A framework for human microbiome research // Nature. 2012. Vol. 486, N 7402. P. 215–221. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11209>
22. Ehrlich S.D.; MetaHIT Consortium. MetaHIT: The European Union Project on metagenomics of the human intestinal tract // Metagenomics of the Human Body / ed. K. Nelson. New York, NY : Springer, 2011. P. 307–316. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7089-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7089-3_15)
23. González A., Vázquez-Baeza Y., Knight R. SnapShot: the human microbiome // Cell. 2014. Vol. 158, N 3. P. 690–690.e1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.07.019>
24. Lloyd-Price J., Abu-Ali G., Huttenhower C. The healthy human microbiome // Genome Med. 2016. Vol. 8, N 1. P. 51. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y>
25. Qin J., Li R., Raes J. et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing // Nature. 2010. Vol. 464. P. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08821>
26. Zhang W., Li J., Lu S. et al. Gut microbiota community characteristics and disease-related microorganism pattern in a population of healthy Chinese people // Sci. Rep. 2019. Vol. 9. Article ID 1594. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36318-y>
27. Huse S.M., Ye Y., Zhou Y., Fodor A.A. Core human microbiome as viewed through 16S rRNA sequence clusters // PLoS One. 2012. Vol. 7, N 6. Article ID e34242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034242>
28. Zhernakova A., Kurilshikov A., Bonder M.J., Tigchelaar E.F., Schirmer M., Vatanen T. et al. Population-based metagenomics analysis reveals markers for gut microbiome composition and diversity // Science. 2016. Vol. 352, N 6285. P. 565–569. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aad3369>
29. Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C. et al. A higher level classification of all living organisms // PLoS One. 2015. Vol. 10, N 4. Article ID e0119248. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
30. Vemuri R., Shankar E.M., Chieppa M., Eri R., Kavanagh K. Beyond just bacteria: functional biomes in the gut ecosystem including virome, mycobiome, archaeome and helminths // Microorganisms. 2020. Vol. 8, N 4. P. 483. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8040483>
31. Xu Z., Knight R. Dietary effects on human gut microbiome diversity // Br. J. Nutr. 2015. Vol. 113, N S1. P. S1–S5. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114514004127>
32. Ситкин С.И., Вахитов Т.Я., Ткаченко Е.И., Орешко Л.С., Жигалова Т.Н., Радченко В.Г. и др. Микробиота кишечника при язвенном колите и целиакии // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2017. № 1. С. 8–30. DOI: <https://www.nogr.org/jour/article/view/359>
33. Wexler A.G., Goodman A.L. An insider's perspective: Bacteroides as a window into the microbiome // Nat. Microbiol. 2017. Vol. 2, N 5. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.26>
34. Dominguez-Bello M.G., Godoy-Vitorino F., Knight R., Blaser M.J. Role of the microbiome in human development // Gut. 2019. Vol. 68, N 6. P. 1108–1114. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2018-317503>
35. Ottman N., Smidt H., de Vos W.M., Belzer C. The function of our microbiota: who is out there and what do they do? // Front. Cell. Infect. Microbiol. 2012. Vol. 2. Article ID 104. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2012.00104>
36. Shafquat A., Joice R., Simmons S. L., Huttenhower C. Functional and phylogenetic assembly of microbial communities in the human microbiome // Trends Microbiol. 2014. Vol. 22, N 5. P. 261–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2014.01.011>
37. Blaser M.J. Harnessing the power of the human microbiome // Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2010. Vol. 107, N 14. P. 6125–6126. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1002112107>
38. Koh A., De Vadder F., Kovatcheva-Datchary P., Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites // Cell. 2016. Vol. 165, N 6. P. 1332–1345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.05.041>
39. Boets E., Gomand S.V., Deroover L., Preston T., Vermeulen K., De Preter V. et al. Systemic availability and metabolism of colonic-derived short-chain fatty acids in healthy subjects: a stable isotope

- study // *J. Physiol.* 2017. Vol. 595, N 2. P. 541–555. DOI: <https://doi.org/10.1113/JP272613>
40. Cani P.D., Van Hul M., Lefort C., Depommier C., Rastelli M., Everard A. Microbial regulation of organismal energy homeostasis // *Nat. Metab.* 2019. Vol. 1, N 1. P. 34–46. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42255-018-0017-4>
  41. Shortt C., Hasselwander O., Meynier A., Nauta A., Fernández E.N., Putz P. et al. Systematic review of the effects of the intestinal microbiota on selected nutrients and non-nutrients // *Eur. J. Nutr.* 2018. Vol. 57, N 1. P. 25–49. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1546-4>
  42. Yatsunenkov T., Rey F.E., Manary M.J., Trehan I., Dominguez-Bello M.G., Contreras M. et al. Human gut microbiome viewed across age and geography // *Nature.* 2012. Vol. 486, N 7402. P. 222–227. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11053>
  43. Ситкин С.И., Ткаченко Е.И., Вахитов Т.Я. Метаболический дисбиоз кишечника и его биомаркеры // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2015. № 12. С. 6–29.
  44. Иванова Е.В. Роль бифидофлоры в ассоциативном симбиозе кишечной микробиоты человека : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Оренбург, 2018. 44 с.
  45. Ahern P.P., Maloy K.J. Understanding immune–microbiota interactions in the intestine // *Immunology.* 2019. Vol. 159, N 1. P. 4–14. DOI: <https://doi.org/10.1111/imm.13150>
  46. Salonen A., de Vos W. M. Impact of diet on human intestinal microbiota and health // *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2014. Vol. 5. P. 239–262. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182554>
  47. Varda-Brkić D., Vesna T., Lidija Ž-S., Branka B. The human microbiome in health and disease // *Signa Vitae; Croatian International Symposium on Intensive Care Medicine / ed. V. Gašparović. Brijuni, Hrvatska,* 2017. P. 42–43. URL: <https://www.bib.irb.hr/928447>
  48. Grigg J.B., Sonnenberg G.F. Host-microbiota interactions shape local and systemic inflammatory diseases // *J. Immunol.* 2017. Vol. 198, N 2. P. 564–571. DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1601621>
  49. Попенко А.С. Биоинформационное исследование таксономического состава микробиоты кишечника человека : дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2014. 140 с.
  50. Tyakht A.V., Kostryukova E.S., Popenko A.S., Belenikin M.S., Pavlenko A.V., Larin A.K. et al. Human gut microbiota community structures in urban and rural populations in Russia // *Nat. Commun.* 2013. Vol. 4. Article ID 2469. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms3469>
  51. Тяхт А.В. Функциональный анализ метагенома кишечника человека : дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2014. 131 с.
  52. Klimentko N.S., Tyakht A.V., Popenko A.S., Vasiliev A.S., Altukhov I.A., Ischenko D.S. et al. Microbiome responses to an uncontrolled short-term diet intervention in the frame of the citizen science project // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 5. P. 576. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10050576>
  53. Almeida A., Mitchell A.L., Boland M., Forster S.C., Gloor G.B., Tarkowska A. et al. A new genomic blueprint of the human gut microbiota // *Nature.* 2019. Vol. 568. P. 499–504. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0965-1>
  54. Каштанова Д.А., Ткачева О.Н., Попенко А.С., Тяхт А.В., Алексеев Д.Г., Котовская Ю.В. и др. Состав микробиоты кишечника и его взаимосвязь с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний среди относительно здоровых жителей Москвы и Московской области // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2017. Т. 16, № 3. С. 56–61. DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2017-3-56-61>
  55. Амерханова А.М. Научно-производственная разработка новых препаратов-синбиотиков и клинико-лабораторная оценка их эффективности : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 2009. 48 с.
  56. Дисбактериоз (дисбиоз) кишечника: современное представление, диагностика и лечебная коррекция : учебно-методическое пособие / Сост.: О.Н. Минущкин, М.Д. Ардатская. Москва : ФГУ «Учебно-научный медицинский центр» УД ПРФ, 2008. 50 с.
  57. Затевалов А.М., Селькова Е.П., Гудова Н.В., Оганесян А.С. Возрастная динамика продукции КЦЖК кишечной микробиотой у пациентов, не имеющих гастроэнтерологических заболеваний // *Альманах клинической медицины.* 2018. Т. 46, № 2. С. 109–117. DOI: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-2-109-117>
  58. Курмангулов А.А., Дороднева Е.Ф., Исакова Д.Н. Функциональная активность микробиоты кишечника при метаболическом синдроме // *Ожирение и метаболизм.* 2016. Т. 13, № 1. С. 16–19. DOI: <https://doi.org/10.14341/ОМЕТ2016116-19>
  59. Verbeke K.A., Boobis A.R., Chiodini A., Edwards C.A., Franck A., Kleerebezem M. et al. Towards microbial fermentation metabolites as markers for health benefits of prebiotics // *Nutr. Res. Rev.* 2015. Vol. 28, N 1. P. 42–66. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954422415000037>
  60. Орлова Н.Г. Ферменты и иммунные белки желудочно-кишечного тракта у детей с различными клиническими проявлениями пищевой аллергии : дис. ... канд. мед. наук. Москва, 1986. 131 с.
  61. Багрянцева О.В., Каламкарова Л.И., Рокутова А.В., Азнаметова Г.К., Идрисова Р.С. Диагностика дисбактериоза кишечника по спектру фекальных аминокислот // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 1999. № 4. С. 67–69.
  62. Lavelle A., Hoffmann T.W., Pham H.P., Langella P., Guédon E., Sokol H. Baseline microbiota composition modulates antibiotic-mediated effects on the gut microbiota and host // *Microbiome.* 2019. Vol. 7, N 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0725-3>
  63. Кафарская Л.И., Шуникова М.Л., Ефимов Б.А., Шкопоров А.Н., Голубцова Ю.М., Сигова Ю.А. Особенности формирования микрофлоры у детей раннего возраста и пути ее коррекции с помощью пробиотиков // *Педиатрическая фармакология.* 2011. Т. 8, № 2. С. 94–98.
  64. Куваева И.Б. Характеристика функционального состояния микроэкологической и иммунологической системы у детей в норме и при патологии // *Теоретические и клинические аспекты науки о питании.* Москва, 1985. Т. 4. С. 132–146. DOI: <https://doi.org/10.1002/food.19870310534>
  65. Kuvaeva I.B., Orlova N.G., Borovik T.E., Veselova O.L. Microecology and local immune and nonspecific defensive proteins depending of different nutrition // *Nahrung.* 1987. Vol. 31, N 5/6. P. 457–463.
  66. Mariat D., Firmesse O., Levenez F., Guimaraes V., Sokol H., Dore J. et al. The Firmicutes/Bacteroidetes ratio of the human microbiota changes with age // *BMC Microbiol.* 2009. Vol. 9, N 9. P. 123. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-123>
  67. Donovan S.M. et al. Host-microbe interactions in the neonatal intestine: role of human milk oligosaccharides // *Adv. Nutr.* 2012. Vol. 3, N 3. P. 450S–455S. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.112.001859>
  68. Cox L.M., Yamanishi S., Sohn J., Alekseyenko A.V., Leung J.M., Cho I. et al. Altering the intestinal microbiota during a critical developmental window has lasting metabolic consequences // *Cell.* 2014. Vol. 158, N 4. P. 705–721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.05.052>
  69. Bashiardes A., Godneva A., Elinav E., Segal E. Towards utilization of the human genome and microbiome for personalised nutrition // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2018. Vol. 51. P. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.11.013>
  70. Heshiki Y., Vazquez-Urbe R., Li J. et al. Predictable modulation of cancer treatment outcomes by the gut microbiota // *Microbiome.* 2020. Vol. 8. Article ID 28. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00811-2>
  71. Тяхт С.М., Дорофеева А.А. Соотношение основных флористических типов кишечной микробиоты у больных сахарным диабетом 2 типа // *Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія.* 2018. № 3. С. 7–14. DOI: [https://doi.org/10.24026/1818-1384.3\(63\).2018.142668](https://doi.org/10.24026/1818-1384.3(63).2018.142668)

72. Егшатын Л.В., Ткачева О.Н., Алексеев Д.Г., Тяхт А.В., Попенко А.С., Кострюкова Е.С. и др. Особенности микробиоты кишечника у пациентов с различной массой тела // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2016. Т. 18, № 3. С. 212–225. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-mikrobioty-kishechnika-u-patsientov-s-razlichnoy-massoy-tela> (дата обращения: 15.05.2020)
73. Каштанова Д.А., Ткачева О.Н., Котовская Ю.В., Попенко А.С., Тяхт А.В., Алексеев Д.Г. и др. Состав микробиоты кишечника у относительно здоровых жителей Москвы и Московской области с ожирением // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2018. № 6. С. 29–35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-mikrobioty-kishechnika-u-otnositelno-zdorovyh-zhiteley-moskvy-i-moskovskoy-oblasti-s-ozhigreniem> (дата обращения: 15.05.2020)
74. Старостина М.А., Афанасьева З.А., Губаева М.С., Ибрагимова Н.Р., Сакмарова Л.И. Биосенсоры кишечника у больных колоректальным раком // Практическая медицина. 2012. № 6 (61). С. 97–99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotsenzor-kishechnika-u-bolnyh-kolorektalnym-raznoy-rakom> (дата обращения: 15.05.2020)

## References

- Clemente J.C., Ursell L.K., Parfrey L.W., Knight R. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view. *Cell*. 2012; 148 (6): 1258–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.01.035>
- Sommer F., Bäckhed F. The gut microbiota – masters of host development and physiology. *Nat Rev Microbiol*. 2013; 11: 227–38. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2974>
- Shenderov B.A. Gut indigenous microbiota and epigenetics. *Microb Ecol Health Dis*. 2012; 23 (1): 171–95. DOI: <https://doi.org/10.3402/mehd.v23i0.17195>
- Maksimova O.V. Assessment of intestinal microbiota in children with allergic diseases depending on body weight: Autoabstract of Diss. Moscow, 2015: 25 p. (in Russian)
- Kuvaeva I.B. Metabolism of the body and the intestinal microflora. Moscow: Meditsina, 1976: 248 p. (in Russian)
- Kuvaeva I.B., Ladodo K.S. Microecological and immune disorders in children: dietary correction. Moscow: Meditsina, 1991: 240 p. (in Russian)
- Kuvaeva I.B., Petrushina L.I., Sheveleva S.A. Method for in vitro determination of microbial survival in children's dietary products containing microorganisms and eubiotic preparations. Certificate of authorship SU 1306135 A1, 22.12.1986 (in Russian)
- Kuvaeva I.B., Kuznetsova G.G. Antagonistic activity of microbial populations of protective flora and its relations with microbiocenosis' characteristic and feeding factors. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 1993; (3): 46–50. (in Russian)
- Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Fluer F.S., Kuznetsova G.G. Enterotoxin production as a diagnostic test in intestinal dysbacterioses. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2002; 71 (5): 23–6. (in Russian)
- Sheveleva S.A., Batishcheva S.Yu., Kuznetsova G.G., Semenova N.N., Feklisova L.V., Isakov V.A., et al. Study composition of lactoflora of the large intestine in patients with food allergy and irritable bowel syndrome. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2011; 80 (2): 26–30. (in Russian)
- Kuznetsova G.G., Trushina E.N., Mustafina O. K., Cherkashin A.V., Batishcheva S.Yu., Semenikhina V.F., et al. The influence assessment of probiotic fermented milk products on intestinal microflora, hematological indices and cellular immunity in rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2012; 81 (3): 18–23. (in Russian)
- Markova Yu.M., Sheveleva S.A., Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Colon lactoflora of rats with alimentary polyhypovitaminosis and modified fat component of diet. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2013; 82 (2) 66–9. (in Russian)
- Markova Yu.M., Sidorova Yu.S. Condition of protective intestinal microbiota populations under stress exposure in rats received different diets with bioactive food components *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2015; 84 (1): 58–65. (in Russian)
- Sheveleva S. A. Medical and biological requirements for probiotic products and biologically active food additives (BAA). *Infektsionnye bolezni [Infectious Diseases]*. 2004; 2 (3): 86–91. (in Russian)
- Pogozheva A.V., Sheveleva S.A., Markova Yu.M. Role of probiotics in nutrition of healthy and ill person. *Lechashchii vrach [Attending Physician]*. 2017; (5): 67–72. URL: <https://www.lvrach.ru/2017/05/15436730> (in Russian)
- Sheveleva S. A. Probiotics in the food industry: regulatory framework, prospects. *Pererabotka moloka [Processing of Milk]*. 2018; (10): 30–4. (in Russian)
- Vlasova A.V., Isakov V.A., Pilipenko V.I., Sheveleva S.A., Markova Yu.M., Polyanina A.S., et al. Methanobrevibacter smithii in irritable bowel syndrome: a clinical and molecular study. *Terapevticheskiy arkhiv [Therapeutic Archive]*. 2019; 91 (8): 47–51. DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.08.000383> (in Russian)
- Mills S., Stanton C., Lane J.A., Smith G.J., Ross R.P. Precision nutrition and the microbiome, Part I: Current state of the science. *Nutrients*. 2019; 11 (4): 1–45. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11040923>
- Perz A.I., Giles C.B., Brown C.A., Porter H., Roopnarinesingh X., Wren J.D. MNEMONIC: Metagenomic Experiment Mining to create an OTU Network of Inhabitant Correlations. *BMC Bioinformatics*. 2019; 20 (2): 96. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-019-2623-x>
- Ley R.E., Peterson D.A., Gordon J.I. Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine. *Cell*. 2006; 124 (4): 837–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.02.017>
- Méthé B.A., Nelson K.E., Pop M., et al. A framework for human microbiome research. *Nature*. 2012; 486(7402): 215–21. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11209>
- Ehrlich S.D.; MetaHIT Consortium. MetaHIT: The European Union Project on metagenomics of the human intestinal tract. In: K. Nelson (ed.). *Metagenomics of the Human Body*. New York, NY: Springer, 2011: 307–16. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7089-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7089-3_15)
- González A., Vázquez-Baeza Y., Knight R. SnapShot: the human microbiome. *Cell*. 2014; 158 (3): 690–0.e1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.07.019>
- Lloyd-Price J., Abu-Ali G., Huttenhower C. The healthy human microbiome. *Genome Med*. 2016; 8 (1): 51. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y>
- Qin J., Li R., Raes J., et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature*. 2010; 464: 59–65. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08821>
- Zhang W., Li J., Lu S., et al. Gut microbiota community characteristics and disease-related microorganism pattern in a population of healthy Chinese people // *Sci. Rep*. 2019. Vol. 9. Article ID 1594. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36318-y>
- Huse S.M., Ye Y., Zhou Y., Fodor A.A. Core human microbiome as viewed through 16S rRNA sequence clusters. *PLoS One*. 2012; 7 (6): e34242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034242>
- Zhernakova A., Kurilshikov A., Bonder M.J., Tigchelaar E.F., Schirmer M., Vatanen T., et al. Population-based metagenomics analysis reveals markers for gut microbiome composition and diversity. *Science*. 2016; 352 (6285): 565–9. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aad3369>
- Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C., et al. A higher level classification of all living

- organisms. *PLoS One*. 2015; 10 (4): e0119248. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
30. Vemuri R., Shankar E.M., Chieppa M., Eri R., Kavanagh K. Beyond just bacteria: functional biomes in the gut ecosystem including virome, mycobiome, archaeome and helminthes. *Microorganisms*. 2020; 8 (4): 483. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8040483>
  31. Xu Z., Knight R. Dietary effects on human gut microbiome diversity. *Br J Nutr*. 2015; 113 (S1): S1–5. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114514004127>
  32. Sitkin S.I., Vakhitov T.Ya., Tkachenko E.I., Oreshko L.S., Zhigalova T.N., Radchenko V.G., et al. Gut microbiota in ulcerative colitis and celiac disease. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya [Experimental and Clinical Gastroenterology]*. 2017; (1): 8–30. DOI: <https://www.nogr.org/jour/article/view/359> (in Russian)
  33. Wexler A.G., Goodman A.L. An insider's perspective: *Bacteroides* as a window into the microbiome. *Nat Microbiol*. 2017; 2 (5): 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.26>
  34. Dominguez-Bello M.G., Godoy-Vitorino F., Knight R., Blaser M.J. Role of the microbiome in human development. *Gut*. 2019; 68 (6): 1108–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2018-317503>
  35. Ottman N., Smidt H., de Vos W.M., Belzer C. The function of our microbiota: who is out there and what do they do? *Front Cell Infect Microbiol*. 2012; 2: 104. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2012.00104>
  36. Shafquat A., Joice R., Simmons S. L., Huttenhower C. Functional and phylogenetic assembly of microbial communities in the human microbiome. *Trends Microbiol*. 2014; 22 (5): 261–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2014.01.011>
  37. Blaser M.J. Harnessing the power of the human microbiome. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2010; 107 (14): 6125–6. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1002112107>
  38. Koh A., De Vadder F., Kovatcheva-Datchary P., Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*. 2016; 165 (6): 1332–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.05.041>
  39. Boets E., Gomand S.V., Deroover L., Preston T., Vermeulen K., De Preter V., et al. Systemic availability and metabolism of colonic-derived short-chain fatty acids in healthy subjects: a stable isotope study. *J Physiol*. 2017; 595 (2): 541–55. DOI: <https://doi.org/10.1113/JP272613>
  40. Cani P.D., Van Hul M., Lefort C., Depommier C., Rastelli M., Everard A. Microbial regulation of organismal energy homeostasis. *Nat Metab*. 2019; 1 (1): 34–46. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42255-018-0017-4>
  41. Shortt C., Hasselwander O., Meynier A., Nauta A., Fernández E.N., Putz P., et al. Systematic review of the effects of the intestinal microbiota on selected nutrients and non-nutrients. *Eur J Nutr*. 2018; 57 (1): 25–49. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1546-4>
  42. Yatsunenko T., Rey F.E., Manary M.J., Trehan I., Dominguez-Bello M.G., Contreras M., et al. Human gut microbiome viewed across age and geography. *Nature*. 2012; 486 (7402): 222–7. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11053>
  43. Sitkin S.I., Tkachenko E.I., Vakhitov T.Y. Metabolic dysbiosis of the gut microbiota and its biomarkers. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya [Experimental and Clinical Gastroenterology]*. 2015; (12): 6–29. (in Russian)
  44. Ivanova E.V. The role of bifidoflora in the associative symbiosis of the human intestinal microbiota: Autoabstract of Diss. Orenburg, 2018: 44 p. (in Russian)
  45. Ahern P.P., Maloy K.J. Understanding immune–microbiota interactions in the intestine. *Immunology*. 2019; 159 (1): 4–14. DOI: <https://doi.org/10.1111/imm.13150>
  46. Salonen A., de Vos W. M. Impact of diet on human intestinal microbiota and health. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2014; 5: 239–62. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182554>
  47. Varda-Brkić D., Vesna T., Lidija Ž-S., Branka B. The human microbiome in health and disease. In: V. Gašparović (ed.). *Signa Vitae; Croatian International Symposium on Intensive Care Medicine*. Brijuni, Hrvatska, 2017: 42–3. URL: <https://www.bib.irb.hr/928447>
  48. Grigg J.B., Sonnenberg G.F. Host-microbiota interactions shape local and systemic inflammatory diseases. *J Immunol*. 2017; 198 (2): 564–71. DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1601621>
  49. Popenko A.S. Bioinformatic study of the taxonomic composition of the human intestinal microbiota: Autoabstract of Diss. Moscow, 2014: 140 p. (in Russian)
  50. Tyakht A.V., Kostryukova E.S., Popenko A.S., Belenikin M.S., Pavlenko A.V., Larin A.K., et al. Human gut microbiota community structures in urban and rural populations in Russia. *Nat Commun*. 2013; 4: 2469. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms3469>
  51. Tyakht A.V. Functional analysis of the human intestinal metagenome: Diss. Moscow, 2014: 131 p. (in Russian)
  52. Klimentko N.S., Tyakht A.V., Popenko A.S., Vasiliev A.S., Altukhov I.A., Ischenko D.S., et al. Microbiome responses to an uncontrolled short-term diet intervention in the frame of the citizen science project. *Nutrients*. 2018; 10 (5): 576. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10050576>
  53. Almeida A., Mitchell A.L., Boland M., Forster S.C., Gloor G.B., Tarkowska A., et al. A new genomic blueprint of the human gut microbiota. *Nature*. 2019; 568: 499–504. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0965-1>
  54. Kashtanova D.A., Tkacheva O.N., Popenko A.S., Tyakht A.V., Alexeev D.G., Kotovskaya Yu.V., et al. Gut microbiota and its relations with cardiovascular risk factors in almost healthy inhabitants of Moscow and Moscow Region. *C Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]*. 2017; 16 (3): 56–61. DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2017-3-56-61> (in Russian)
  55. Amerkhanova A.M. Scientific-industrial development of new synbiotic drugs and clinical and laboratory assessment of their effectiveness: Autoabstract of Diss. Moscow, 2009: 48 p. (in Russian)
  56. Minushkin O.N., Ardatskaya M.D. (comp.) *Dysbacteriosis (dysbiosis) of the intestine: modern understanding, diagnosis and therapeutic correction*. Educational and methodical manual. Moscow: Educational and Scientific Medical Center of the Administrative Department of the President of the Russian Federation of the Russian Federation, 2008: 50 p. (in Russian)
  57. Zatevalov A.M., Selkova E.P., Gudova N.V., Oganessian A.S. Age-related changes in production of short-chain fatty acids by gut microbiome in patients without gastroenterological diseases. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine]*. 2018; 46 (2): 109–17. DOI: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-2-109-117> (in Russian)
  58. Kurmangulov A.A., Dorodnina E.F., Isakova D.N. Functional activity of intestinal microbiota with metabolic syndrome. *Ozhirenie i metabolism [Obesity and Metabolism]*. 2016; 13 (1): 16–9. DOI: <https://doi.org/10.14341/OMET2016116-19> (in Russian)
  59. Verbeke K.A., Boobis A.R., Chiodini A., Edwards C.A., Franck A., Kleerebezem M., et al. Towards microbial fermentation metabolites as markers for health benefits of prebiotics. *Nutr Res Rev*. 2015; 28 (1): 42–66. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954422415000037>
  60. Orlova N.G. Enzymes and immune proteins of the gastrointestinal tract in children with various clinical manifestations of food allergy. *Diss. Moscow*, 1986: 131 p. (in Russian)
  61. Bagryantseva O.V., Kalamkarova L.I., Rokutova A.V., Aznametova G.K., Idrisova R.S. Diagnosis of intestinal dysbiosis by the spectrum of fecal amino acids. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 1999; (4): 67–9. (in Russian)
  62. Lavelle A., Hoffmann T.W., Pham H.P., Langella P., Guédon E., Sokol H. Baseline microbiota composition modulates antibiotic-mediated effects on the gut microbiota and host. *Microbiome*. 2019; 7 (1): 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0725-3>
  63. Kafarskaya L.I., Shunikova M.L., Efimov B.A., Shkoporov A.N., Golubtsova Yu.M., Sigova Yu.A. Features of microflora formation in young children and its correction with probiot-

- ics. *Pediatricheskaya farmakologiya* [Pediatric Pharmacology]. 2011; 8 (2): 94–8. URL: [https://www.pedpharma.ru/jour/article/view/1228?locale=en\\_US](https://www.pedpharma.ru/jour/article/view/1228?locale=en_US) (in Russian)
64. Kuvaeva I.B. Characteristics of the functional state of the microecological and immunological system in children in health and disease. In: *Theoretical and Clinical Aspects of Nutrition Science*. Moscow, 1985; (4): 132–46. DOI: <https://doi.org/10.1002/food.19870310534> (in Russian)
65. Kuvaeva I.B., Orlova N.G., Borovik T.E., Veselova O.L. Microecology and local immune and nonspecific defensive proteins depending of different nutrition. *Nahrung*. 1987; 31 (5/6) 457–63.
66. Mariat D., Firmesse O., Levenez F., Guimaraes V., Sokol H., Dore J., et al. The Firmicutes/Bacteroidetes ratio of the human microbiota changes with age. *BMC Microbiol*. 2009; 9 (9): 123. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-123>
67. Donovan S.M., et al. Host-microbe interactions in the neonatal intestine: role of human milk oligosaccharides. *Adv Nutr*. 2012; 3 (3): 450S–5S. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.112.001859>
68. Cox L.M., Yamanishi S., Sohn J., Alekseyenko A.V., Leung J.M., Cho I., et al. Altering the intestinal microbiota during a critical developmental window has lasting metabolic consequences. *Cell*. 2014; 158 (4): 705–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.05.052>
69. Bashiardes A., Godneva A., Elinav E., Segal E. Towards utilization of the human genome and microbiome for personalised nutrition. *Curr Opin Biotechnol*. 2018; 51: 57–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.11.013>
70. Heshiki Y., Vazquez-Uribe R., Li J., et al. Predictable modulation of cancer treatment outcomes by the gut microbiota. *Microbiome*. 2020; 8: 28. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00811-2>
71. Tkach S.M., Dorofeeva A.A. The ratio of the main phlotypes of the intestinal microbiota in patients with type 2 diabetes mellitus. *Klinichna endokrinologiya ta endokrinna khirurgiya* [Clinical Endocrinology and Endocrine Surgery]. 2018; (3): 7–14. DOI: [https://doi.org/10.24026/1818-1384.3\(63\).2018.142668](https://doi.org/10.24026/1818-1384.3(63).2018.142668) (in Ukraine)
72. Egshatyan L.V., Tkacheva O.N., Alexeev D.G., Tyakht A.V., Popenko A.S., Kostryukova E.S., et al. Gut microbiota composition in patients with different body weight. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya* [Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy]. 2016; 18 (3): 212–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-mikrobioty-kishechnika-u-patsientov-s-razlichnoy-massoy-tela> (date of access May 15, 2020) (in Russian)
73. Kashtanova D.A., Tkacheva O.N., Kotowska Yu.V., Popenko A.C., Tyakht A.V., Alekseev D.G., et al. The composition of the intestinal microbiota from healthy residents of Moscow and Moscow region with obesity. 2018; (6): 29–35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-mikrobioty-kishechnika-u-otnositelno-zdorovyh-zhiteley-moskvy-i-moskovskoy-oblasti-s-ozhireniem> (date of access May 15, 2020) (in Russian)
74. Starostina M.A., Afanazieva Z.A., Gubaeva M.S., Ibragimova N.R., Sacmarova L.I. Colon biocoenosis in patients with colorectal cancer. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine]. 2012; 6 (61): 97–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotsenoz-kishechnika-u-bolnyh-kolorektalnym-rakom> (date of access May 15, 2020) (in Russian)

**Для корреспонденции**

Сидорова Юлия Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
Телефон: (495) 698-53-71  
E-mail: sidorovaulia28@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>

Мазо В.К., Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Василевская Л.С.

## Физиолого-биохимические исследования как необходимый компонент алгоритма оценки эффективности минорных биологически активных веществ пищи

Physiological and biochemical studies as a necessary component of the algorithm for assessing the effectiveness of food minor biologically active substances

Mazo V.K., Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Vasilevskaya L.S.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Доклинические физиолого-биохимические исследования эффективности тестируемых биологически активных веществ в условиях моделируемой патологии на лабораторных животных являются важным этапом, предшествующим оценке клинической эффективности создаваемого специализированного пищевого продукта диетического лечебного или профилактического питания.*

*Цель* данной работы – краткий обзор разработанного алгоритма доклинической оценки эффективности специализированных продуктов питания, который включает комплекс последовательных этапов тестирования безопасности, сохранности, биодоступности и эффективности биологически активных веществ в опытах на лабораторных животных.

*Результаты.* В работе представлен краткий обзор методологических подходов для доклинической оценки, включающей физиолого-биохимические исследования *in vivo* эффективности минорных растительных биологически активных веществ пищи – полифенолов ягод и листьев черники и фитостероидов, экстрагируемых из шпината. Показано благоприятное воздействие полифенолов листьев черники на углеводный и липидный обмен крыс-самцов линии Zucker

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (тема № 0529-2019-0055).

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

**Для цитирования:** Мазо В.К., Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Василевская Л.С. Физиолого-биохимические исследования как необходимый компонент алгоритма оценки эффективности минорных биологически активных веществ пищи // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 52–59. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10041

**Статья поступила в редакцию** 02.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** This work was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task (No. 0529-2019-0055).

**Conflict of interests.** Authors declare no clear or potential conflicts of interests.

**For citation:** Mazo V.K., Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Vasilevskaya L.S. Physiological and biochemical studies as a necessary component of the algorithm for assessing the effectiveness of food minor biologically active substances. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020. T. 89 (4): 52–9. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10041 (in Russian)

**Received** 02.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

и Вистар, что определило необходимость повышения эффективности разрабатываемого полифенольного ингредиента путем сорбции на пищевом носителе. При оценке *in vivo* эффектов полифенолов ягод и листьев черники, сорбированных на гречневой муке, установлено выраженное гипогликемическое действие. В экспериментах по оценке адаптогенных эффектов фитостероидов листьев шпината выявлено статистически значимое снижение содержания основных биомаркеров стресс-системы, что свидетельствует о сглаживании реакции организма животных в ответ на сильное стрессорное воздействие.

**Заключение.** Включение в состав специализированных пищевых продуктов для диетического профилактического и лечебного питания минорных биологически активных веществ пищи – необходимое условие повышения их эффективности. Научно-практическая значимость доклинической оценки исследования в решающей степени зависит от наличия корректно подобранной биомодели. Таким образом, корректность оценки эффектов минорных биологически активных веществ пищи в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе специализированных пищевых продуктов зависит от воспроизводимости патологических процессов (клинических, биохимических и морфологических нарушений), характерных для изучаемого заболевания, на выбранной модели *in vivo*.

**Ключевые слова:** биологически активные вещества, полифенолы, фитостероиды, биологическое моделирование, специализированные пищевые продукты

*Preclinical physiological and biochemical studies of the effectiveness of the tested biologically active substances in the conditions of simulated pathology in laboratory animals are an important stage preceding the assessment of the clinical effectiveness of the created specialized foods for therapeutic or preventive nutrition.*

**The aim** of this work is a brief review of the developed algorithm for preclinical assessment of the effectiveness of specialized foods, which includes a set of sequential stages of testing the safety, stability, bioavailability and effectiveness of biologically active substances in experiments on laboratory animals.

**Results.** The paper presents a brief review of methodological approaches for *in vivo* preclinical assessment of the effectiveness of minor plant biologically active substances – polyphenols from bilberry fruits and leaves and phytoecdysteroids extracted from spinach. A beneficial effect of bilberry leaves' polyphenols on carbohydrate and lipid metabolism of male Zucker and Wistar rats was shown, which determined the necessity to increase the effectiveness of the developed polyphenolic ingredient by sorption on a food carrier. When evaluating the *in vivo* effects of polyphenols from blueberries and leaves sorbed on buckwheat flour, a pronounced hypoglycemic effect was found. The experiments aimed to the assessment of the adaptogenic effects of phytoecdysteroids from spinach leaves showed a significant decrease in the content of the main biomarkers of the stress system, which indicates a «smoothing» of the response of the animal organism to a strong stress impact.

**Conclusion.** The inclusion of minor biologically active substances into the composition of foods for preventive and therapeutic nutrition is the necessary condition to improve their effectiveness. The scientific and practical significance of the preclinical evaluation to a decisive extent depends on the presence of a correctly selected biомodel. Thus, the adequacy of the assessment of the effects of minor biologically active substances as functional food ingredients in the composition of the specialized food products depends on the reproducibility of pathological processes (clinical, biochemical and morphological disorders) characteristic for the studied disease on the selected *in vivo* model.

**Keywords:** biologically active substances, polyphenols, phytoecdysteroids, biologic models, specialized foods

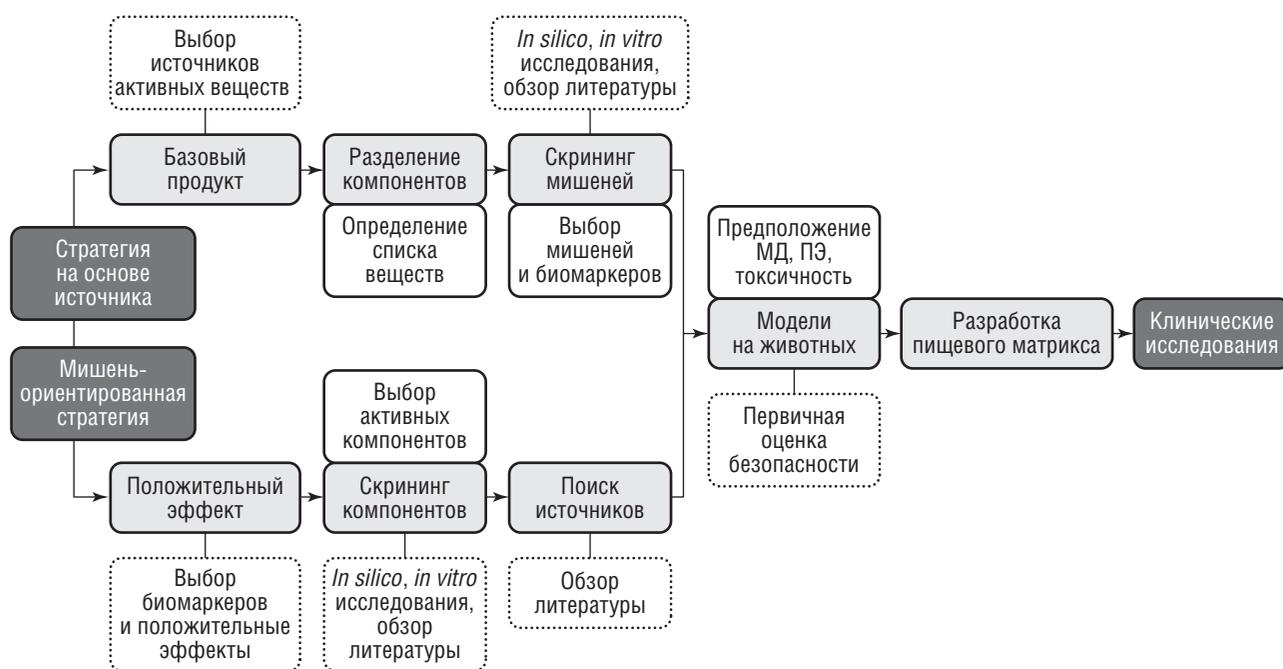
Развитие производства специализированных продуктов детского питания, функциональных, диетических лечебных и профилактических пищевых продуктов с целью сохранения и укрепления здоровья населения, профилактики алиментарно-зависимых заболеваний составляет приоритет государственной политики РФ в области здорового питания населения. Социально значимым результатом увеличения спектра специализированных пищевых продуктов (СПП), отвечающих тре-

бованиям высокой пищевой ценности, с установленной с позиций доказательной медицины эффективностью должно стать снижение расходов на оказание медицинской помощи, обусловленных необходимостью лечения и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний населения, а также вклад в решение проблемы импортозамещения соответствующей пищевой продукции и задачи рационального природопользования уникальных растительных ресурсов России.

Доктрина продовольственной безопасности и Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации отражают необходимость увеличения производства новой вышеперечисленной пищевой продукции и соответствующего развития фундаментальных и прикладных научных исследований по оценке качества и эффективности разрабатываемых СПП и функциональных пищевых ингредиентов. Теоретический фундамент таких исследований заложен в работах ряда выдающихся отечественных ученых, разработавших начиная с 1930-х гг. концепции рационального (М.Н. Шатерников) [1], сбалансированного (А.А. Покровский) [2], адекватного (А.М. Уголев) [3] и оптимального питания (М.Н. Волгарев) [4]. Достижения в области фундаментальных физиолого-биохимических и эпидемиологических исследований и развитие новых научных дисциплин: нутригеномики, протеомики и метаболомики, – позволили ввести понятие «нутриом», представляющее и конкретизирующее формулу оптимального питания [5]. Важнейшей научно-практической аппликацией этого понятия является расширение списка минорных биологически активных веществ (БАВ) пищи (для которых получены убедительные свидетельства их участия в метаболизме) и изучение перспектив их использования в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе СПП. Для развития целенаправленных исследований по оценке безопасности и фармакологического действия различных минор-

ных компонентов пищи в плане их возможного использования в составе СПП особенно велико значение монографии А.А. Покровского «Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи» [6]. Фундаментальные научные исследования Г.К. Шлыгина и его сотрудников в области физиологии пищеварения, посвященные роли пищеварительной системы в межорганном обмене нутриентов, подчеркивают необходимость пристального внимания и учета этого процесса для корректной оценки клинических эффектов, проявляемых различными, в том числе минорными, БАВ пищи [7].

Разработанный специалистами ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» алгоритм оценки эффективности СПП диетического лечебного и диетического профилактического питания (см. рисунок) [8] включает комплекс последовательных этапов тестирования безопасности используемых в составе создаваемого продукта БАВ, их сохранности, биодоступности и эффективности в опытах на лабораторных животных. Доклинические физиолого-биохимические исследования эффективности тестируемых БАВ в условиях моделируемой патологии на лабораторных животных являются важным этапом, предшествующим оценке клинической эффективности создаваемого СПП. На протяжении последних лет разработана система биологического моделирования и освоены современные высокоинформативные физиологические методы исследова-



Алгоритм оценки эффективности биологически активных веществ как потенциальных компонентов специализированных пищевых продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания

Algorithm for assessing the effectiveness of biologically active substances as potential components of the products for therapeutic and preventive nutrition

МД – механизм действия; ПЭ – положительный эффект.

ния, позволившие провести комплексные физиолого-биохимические исследования минорных растительных БАВ пищи: полифенолов, выделяемых из экстрактов плодов и листьев черники, и фитостероидов, экстрагируемых из шпината, планируемых для включения в состав СПП.

### Обоснование выбора объектов исследования

Широкое распространение у населения нарушений углеводного и/или липидного обмена, метаболического синдрома и сахарного диабета 2 типа, а также сопутствующих им осложнений требует разработки и внедрения в промышленное производство новых СПП гипогликемического действия, отвечающих современным требованиям безопасности и эффективности [9].

Плоды и листья черники, содержащие многочисленные полифенольные соединения, широко используются в народной медицине для профилактики нарушений углеводного обмена [10]. Однако, к сожалению, их эффективность в клинических исследованиях часто недостаточно высока вследствие низкой биодоступности этих соединений [11]. Задача повышения эффективности использования в профилактическом питании растительных полифенолов определила поиск новых технологических подходов, связанных с получением их концентратов для последующего включения в качестве функциональных пищевых ингредиентов в состав соответствующих СПП. Современное магистральное направление в повышении профилактической эффективности растительных полифенолов предполагает использование различных технологических приемов, направленных на усиление транспорта БАВ в организме: разработки микросфер и микрокапсул; твердых дисперсий; сочетанного введения полифенолов с «усилителями» их всасывания; комплексования с фосфолипидами и белками, сорбции на полимерных матрицах [11]. В качестве подхода, характеризующегося относительной простотой технологического решения и одновременно позволяющего целенаправленно извлекать и концентрировать БАВ из растительного сырья, может быть применена сорбция полифенолов на полимерных носителях растительной природы [12, 13].

В меньшей степени исследованы растительные фитостероиды – полигидроксилированные стерины, являющиеся структурными аналогами глюкокортикоидов, также известные в научной литературе как эффективные адаптогены [14]. Более других изучен 20-гидроксистерон (20E), участвующий в активации серин-треониновой протеинкиназы В – сигнальной макромолекулы, ключевой в регуляции клеточной активности [15].

Суммарное содержание фитостероидов в таких лекарственных растениях, как рапontiкум сафлоровидный (*Rhaponticum carthamoides*) и серпуха венценосная (*Serratula coronata*) составляет около 1% (в пересчете на сухую массу), а в наиболее «богатых» фитостероидами пищевых растениях – шпинате (*Spinacia oleracea*)

и киноа (*Chenopodium quinoa*) – их содержание на порядок ниже. Высокотехнологичные методы препаративного выделения и концентрирования фитостероидов из листьев шпината и киноа позволяют повышать содержание мажорного фитостероида 20E почти на три порядка по сравнению с исходным сырьем [14, 16].

### Методологические подходы для экспериментальной доклинической оценки

Для наиболее полной оценки эффективности тестируемых минорных БАВ при профилактике и/или диетотерапии заболевания и его осложнений определяющим фактором является выбор модели, воспроизводящей клинические, биохимические и морфологические нарушения в организме, характерные для этого заболевания.

### Моделирование сахарного диабета 2 типа на лабораторных грызунах

В современных научных исследованиях экспериментальной медицины и биологии широко используют трансгенных и нокаутных животных, у которых искусственно изменен генотип путем замены гена или его удаления [17–19]. Моделирование сахарного диабета на лабораторных животных определенных генетических линий более корректно и оправданно по сравнению с моделями этого заболевания, вызванного химическими соединениями [18, 20]. Введение стрептозотцина в организм животного – наиболее распространенный химический метод моделирования диабета 2 типа и его осложнений [21, 22].

Ожирение, являющееся фактором высокого риска развития диабетических проявлений, и метаболический синдром эффективно индуцируются кормлением животных высокожировым и высокоуглеводным рационом [23, 24].

Анализ представленного в научных публикациях обширного опыта экспериментального моделирования сахарного диабета 2 типа с использованием лабораторных грызунов (крыс и мышей) позволил нам использовать для оценки эффективности экстрактов листьев и ягод черники несколько моделей.

Крысам-самцам генетической линии Zucker ZUC-Lepr<sup>fa</sup> (возраст 11 нед) ежедневно вводили экстракт листьев черники в дозе 2 г на 1 кг массы тела внутривентрикулярно в течение 28 сут. У животных, получавших экстракт листьев черники, уровень глюкозы в крови в течение всего исследования значимо не повышался и на 28-е сутки был статистически значимо ниже, чем у животных контрольной группы этой же линии. При проведении глюкозотолерантного теста и при тестировании инсулинорезистентности после 4-недельного введения экстракта листьев черники выявлено снижение чувствительности к глюкозе и улучшение реакции инсулиночувствительных тканей на экзогенное введе-

ние глюкозы и инсулина. Совокупность полученных результатов свидетельствует, что тестируемый экстракт листьев черники безопасен при употреблении крысами линии Zucker ZUC-Lep<sup>fa</sup> и не оказывает повреждающего действия на потенциальные органы-мишени. Внутривенное введение экстракта листьев черники в течение 28 сут ингибировало развитие гипергликемии, непереносимости глюкозы, толерантности к инсулину, а также тормозило рост массы тела у ожиревших крыс-самцов линии Zucker [25].

В эксперименте на крысах-самцах линии Вистар с исходной массой тела 170±3 г животным опытной группы на протяжении первых 4 нед эксперимента вместо воды давали 10% раствор фруктозы *ad libitum* и затем однократно внутривенно вводили стрептозотозин в дозировке 50 мг на 1 кг массы тела животного. У животных, потреблявших питье в виде 2% водного раствора экстракта из листьев черники *ad libitum*, гипергликемия снизилась до нормальных значений у половины крыс. При этом снижение гликемии до нормального уровня (<11 ммоль/л) не наблюдалось ни у одного животного контрольной «диабетической» группы. Уровень триглицеридов в сыворотке крови был статистически значимо ниже у крыс, потреблявших экстракт листьев черники по сравнению с крысами контрольной «диабетической» группы [26].

Результаты проведенных исследований свидетельствовали о благоприятном воздействии экстракта листьев черники на углеводный и липидный обмен, что в свою очередь определило задачу, связанную с повышением эффективности разрабатываемого полифенольного ингредиента в составе СПП.

Для оценки *in vivo* влияния полифенолов экстракта листьев черники и полифенолов экстракта ягод черники, сорбированных на гречневой муке, использовали экспериментальную модель, при которой нарушения углеводного и липидного обмена индуцировали высокожировым рационом с высоким содержанием легкоусвояемых углеводов. По результатам тестирования *in vivo* установлено статистически значимое снижение уровня глюкозы и нормализация показателей толерантности к глюкозе и чувствительности к инсулину у животных, получавших полифенолы экстракта листьев черники. При оценке *in vivo* эффектов экстракта ягод черники, сорбированного на гречневой муке, установлено выраженное гипогликемическое действие [27].

#### **Модели для оценки адаптогенного действия минорных биологически активных веществ пищи**

В литературе высказывается предположение о том, что проявление адаптогенности БАВ может быть связано с его структурой, соответствующей в определенной степени структуре медиатора стресса [28]. Согласно этой гипотезе адаптационное воздействие 20E на клеточном уровне может иметь определенное сходство с действием глюкокортикостероидов, которые имеют аналогичную структуру. Научные публикации свидетельствуют о перспективах применения фитоэкдистероидов

для снятия синдрома хронической усталости, снижения нервной и мышечной утомляемости, улучшения процессов памяти и внимания [28–30]. Соответственно, в наших исследованиях был использован и модифицирован комплекс физиологических моделей, позволяющих оценивать физическую выносливость, стрессоустойчивость, исследовательскую активность и когнитивные функции лабораторных грызунов [31–33].

Для оценки уровня тревожности и двигательной активности грызунов (мышей, крыс и т.д.) применяют тест «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ), определяя такие показатели, как время, проведенное в открытых рукавах, закрытых рукавах, пройденная дистанция, число переходов между рукавами, груминг, вытягивания, свешивания, стойки на задних лапах. Выбор исследуемых показателей зависит от поставленных цели и задач исследования. В наших исследованиях перемещение животных по лабиринту регистрируют при помощи специализированного программного обеспечения Smart 3.0.04 (Panlab Harvard Apparatus, Испания). Тестирование проводят в начале эксперимента и через длительный период времени для оценки изменения поведенческих показателей.

В тесте «Условный рефлекс пассивного избегания» (УРПИ), направленном на оценку обучаемости и памяти животных, определяют такие показатели, как латентный период входа в темный отсек камеры, время, проведенное в темном отсеке, количество переходов между отсеками камеры. Тестирование осуществляется в несколько последовательных этапов: обучение, проверка краткосрочной памяти на следующие сутки и проверка долгосрочной памяти через длительный период времени.

Беговая дорожка используется для принудительных упражнений и точной оценки развития усталости у грызунов. Мотивирующим фактором, принуждающим крысу к движению, является разряд тока от электрода, расположенного в хвосте дорожки (ток может устанавливаться от 0 до 2 мА). При истощающей нагрузке животные находятся на беговой дорожке до полного физического истощения. Для определения физической выносливости используют пройденное животным расстояние, количество ударов током и общее время, проведенное в контакте с шоковой зоной. В нашем эксперименте животных опытных и контрольной групп подвергали истощающей физической нагрузке на беговой дорожке на 24-е сутки потребления экспериментальных рационов.

Ограничение двигательной активности (гипокинезия, или иммобилизация) – мощный стрессорный фактор, который вызывает разнообразные патологические процессы в организме животного. В условиях недостатка движения нарушается деятельность целого ряда систем организма: иммунной, нервной, эндокринной и, конечно же, сердечно-сосудистой. В нашей работе животные в течение эксперимента (25 сут) подвергались ежедневной иммобилизации длительностью 40 мин в прозрачных домиках-фиксаторах (AE1001-R1, ООО «Открытая

наука», РФ). На 24-е сутки кормления экспериментальными рационами животные подвергались истощающей иммобилизации в течение 3 ч.

Использованные в наших экспериментах модели позволили протестировать адаптогенные свойства концентрата 20Е, выделенного из листьев шпината. Так, в эксперименте *in vivo* в условиях иммобилизационного стресса крысы-самцы линии Вистар получали в составе рациона концентрат 20Е в течение 25 сут в дозе 2 мг на 1 кг массы тела. Потребление 20Е нивелировало отрицательное воздействие стресса на аппетит и прирост массы тела животных. Потребление этого фитостероида не оказывало влияния на обучаемость и память животных в тесте УРПИ на 15-е сутки эксперимента. Показан выраженный анксиолитический эффект концентрата 20Е на модели ПКЛ. Принудительная иммобилизация приводила к достоверному снижению содержания в суточной моче животных дофамина, норадреналина и адреналина, свидетельствуя о том, что поступление фитостероидов в орга-

низм животного, по-видимому, может влиять на баланс изучаемых активаторов стресса, сглаживая реакции организма животного в ответ на сильное стрессорное воздействие.

## Заключение

Включение в состав СПП для диетического профилактического или лечебного питания минорных БАВ пищи является необходимым условием повышения их эффективности. Научно-практическая значимость доклинической оценки исследования в решающей степени зависит от подобранной биомодели. Таким образом, корректность оценки эффектов минорных БАВ пищи в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе СПП зависит от воспроизводимости патологических процессов (клинических, биохимических и морфологических нарушений), характерных для изучаемого заболевания, на выбранной модели *in vivo*.

## Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

*Мазо Владимир Кимович (Vladimir K. Mazo)* – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: mazo@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3237-7967>

*Сидорова Юлия Сергеевна (Yuliia S. Sidorova)* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: sidorovaulia28@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>

*Петров Никита Александрович (Nikita A. Petrov)* – аспирант, лаборант-исследователь лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: petrov-nikita-y@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9755-6002>

*Василевская Людмила Сергеевна (Lyudmila S. Vasilevskaya)* – доктор медицинских наук, профессор

## Литература

- Скурихин И.М., Шатерников В.А. Как правильно питаться. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Агропромиздат, 1987. 256 с.
- Покровский А.А. Беседы о питании. 2-е изд., доп. Москва : Экономика, 1968. 355 с.
- Уголев А.М. Теория адекватного питания и трофология. Ленинград : Наука, 1991. 272 с.
- Волгарев М.Н., Тутельян В.А., Княжев В.А., Рогов И.А. Концепция здорового питания // Вестник Российской академии медицинских наук. 1999. № 9. С. 17–19.
- Нечаев А.П., Багрянцева О.В., Тутельян В.А. Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания. Москва : изд. ДеЛи плюс, 2013. 520 с.
- Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. Москва : Медицина, 1979. 184 с.
- Шлыгин Г.К. Роль пищеварительной системы в обмене веществ. Москва : Синергия, 2001. 232 с.
- Глазкова И.В., Саркисян В.А., Сидорова Ю.С., Мазо В.К., Кочеткова А.А. Основные этапы оценки эффективности специализированных пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2017. № 12. С. 8–11.
- Дедов И.И. Клинические рекомендации «Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом». 8-й вып. / под ред. И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. Москва : УП ПРИНТ, 2017. 112 с.
- Stote K., Corkum A., Sweeney M., Shakerley N., Kean T., Gottschall-Pass K. Postprandial effects of blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption on glucose metabolism, gastrointestinal hormone response, and perceived appetite in healthy adults: a randomized, placebo-controlled crossover trial // *Nutrients*. Vol. 11, N 1. P. 202. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11010202>
- Lewandowska U., Szewczyk K., Hrabec E., Janecka A., Goralach S. Overview of metabolism and bioavailability enhancement of polyphenols // *J. Agric. Food Chem.* 2013. Vol. 61, N 50. P. 12 183–12 199. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf404439b>
- Petrov N.A., Sidorova Y.S., Sarkisyan V.A. et al. Complex of polyphenols sorbed on buckwheat flour as a functional food ingredient // *Food Raw Mater.* 2018. Vol. 6, N 2. P. 334–341. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-334-341>
- Петров Н.А., Сидорова Ю.С., Перова И.Б., Кочеткова А.А., Мазо В.К. Комплекс полифенолов черники, сорбирован-

- ных на гречневой муке, как функциональный пищевой ингредиент // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 68–72. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10066>
14. Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Шипелин В.А., Мазо В.К. Шпинат и киноа – перспективные пищевые источники биологически активных веществ // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 2. С. 100–106. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10020>
  15. Issaadi H.M., Csábi J., Hsieh T.J., Gáti T., Tóth G., Hunyadi A. Side-chain cleaved phytoecdysteroid metabolites as activators of protein kinase B // Bioorg. Chem. 2019. Vol. 82. P. 405–413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.10.049>
  16. Roberts J.L., Moreau R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives // Food Funct. 2016. Vol. 7, N 8. P. 3337–3353. DOI: <https://doi.org/10.1039/c6fo00051g>
  17. Brito-Casillas Y., Melián C., Wägner A.M. Study of the pathogenesis and treatment of diabetes mellitus through animal models // Endocrinol. Nutr. 2016. Vol. 63, N 7. P. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2016.03.011>
  18. Al-Awar A., Kupai K., Veszelka M. et al. Experimental diabetes mellitus in different animal models // J. Diabetes Res. 2016. Vol. 2016. Article ID 9051426. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/9051426>
  19. Sultan A., Singh J., Howarth F.C. Mechanisms underlying electromechanical dysfunction in the Zucker diabetic fatty rat heart: a model of obesity and type 2 diabetes // Heart Fail. Rev. 2020. Vol. 25, N 5. P. 873–886. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10741-019-09872-4>
  20. Skovso S. Modeling type 2 diabetes in rats using high fat diet and streptozotocin // Diabetes Invest. 2014. Vol. 5, N 4. P. 349–358.
  21. Dzydzan O., Bila I., Kucharska A.Z., Brodyak I., Sybirna N. Antidiabetic effects of extracts of red and yellow fruits of cornelian cherries (*Cornus mas* L.) on rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus // Food Funct. 2019. Vol. 10, N 10. P. 6459–6472. DOI: <https://doi.org/10.1039/c9fo00515c>
  22. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Mazo V.K., Zorin S.N., Petrov N.A., Kochetkova A.A. Comparative studies of antidiabetic activity of bilberry leaf extract in Wistar rats with STZ-induced diabetes and Zucker diabetic fatty rats // Int. Food Res. J. 2018. Vol. 25, N 3. P. 1288–1294.
  23. Zhou J.Y., Poudel A., Welchko R. et al. Liraglutide improves insulin sensitivity in high fat diet induced diabetic mice through multiple pathways // Eur. J. Pharmacol. 2019. Vol. 861. Article ID 172594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.172594>
  24. Avtanski D., Pavlov V.A., Tracey K.J., Poretsky L. Characterization of inflammation and insulin resistance in high-fat diet-induced male C57BL/6J mouse model of obesity // Anim. Model. Exp. Med. 2019. Vol. 2, N 4. P. 252–258. DOI: <https://doi.org/10.1002/ame2.12084>
  25. Shipelin V.A., Sidorova Yu.S., Mazo V.K., Zorin S.N., Petrov N.A., Kiseleva T.L. et al. Protective potential and antidiabetic activity of bilberry leaves in Zucker rats // Curr. Nutr. Food Sci. 2020. Vol. 16. P. 228. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573401315666181206123717>
  26. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Mazo V.A., Zorin S.N. et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of *Vaccinium myrtillus* L. leaf and *Phaseolus vulgaris* L. seed coat extracts in diabetic rats // Nutrition. 2017. Vol. 41. P. 107–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.04.010>
  27. Сидорова Ю.С., Шипелин В.А., Петров Н.А., Фролова Ю.В., Кочеткова А.А., Мазо В.К. Экспериментальная оценка *in vivo* гипогликемических свойств функционального пищевого ингредиента – полифенольной пищевой матрицы // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 4. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10036>
  28. Panossian A., Wikman G. Effect of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity // Pharmaceuticals (Basel). 2010. Vol. 3, N 1. P. 188–224. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph3010188>
  29. Ray A., Gulati K., Anand R. Stress, adaptogens and their evaluation: an overview // J. Pharmacol. Rep. 2016. Vol. 1, N 2. Article ID 1000110.
  30. Isenmann E., Ambrosio G., Joseph J.F. et al. Ecdysteroids as non-conventional anabolic agent: performance enhancement by ecdysterone supplementation in humans // Arch. Toxicol. 2019. Vol. 93. P. 1807–1816. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-019-02490-x>
  31. Castanheira L., Ferreira MF., Sebastião A.M., Telles-Correia D. Anxiety assessment in pre-clinical tests and in clinical trials: a critical review // Curr. Top. Med. Chem. 2018. Vol. 18, N 19. P. 1656–1676. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026618666181115102518>
  32. Haddadi H., Rajaei Z., Alaei H., Shahidani S. Chronic treatment with carvedilol improves passive avoidance memory in a rat model of Parkinson's disease // Arq. Neuropsiquiatr. 2018. Vol. 76, N 2. P. 71–77. DOI: <https://doi.org/10.1590/0004-282X20170193>
  33. Son H., Yang J.H., Kim H.J., Lee D.K. A chronic immobilization stress protocol for inducing depression-like behavior in mice // J. Vis. Exp. 2019. Vol. 147. Article ID e59546. DOI: <https://doi.org/10.3791/59546>

## References

1. Skurikhin I.M., Shaternikov V.A. How to eat right. 2nd ed., rev. and suppl. Moscow: Agropromizdat, 1987: 256 p. (in Russian)
2. Pokrovskiy A.A. Talking about nutrition. 2nd ed., suppl. Moscow: Ekonomika, 1968: 355 p. (in Russian)
3. Ugolev A.M. The theory of adequate nutrition and trophology. Leningrad: Nauka, 1991: 272 p. (in Russian)
4. Volgarev M.N., Tutelyan V.A., Knyazhev V.A., Rogov I.A. The concept of healthy nutrition. Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskih nauk [Bulletin of Russian Academy of Medical Sciences]. 1999; (9): 17–9. (in Russian)
5. Nechaev A.P., Bagryantseva O.V., Tutelyan V.A. Food ingredients in the production of modern foods. Moscow: DeLi plus, 2013: 520 p. (in Russian)
6. Pokrovskiy A.A. Metabolic aspects of food pharmacology and toxicology. Moscow: Meditsina, 1979: 184 p. (in Russian)
7. Shlygin G.K. The role of digestive system in metabolism. Moscow: Sinergiya, 2001: 232 p. (in Russian)
8. Glazkova I.V., Sarkisyan V.A., Sidorova Yu.S., Mazo V.K., Kochetkova A.A. Main stages for the evaluation of specialized food products. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]. 2017; (12): 8–11. (in Russian)
9. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu. (eds). Clinical recommendations «Algorithms for specialized medical care for patients with diabetes». Issue 8. Moscow: UP PRINT, 2017: 112 p. (in Russian)
10. Stote K., Corkum A., Sweeney M., Shakerley N., Kean T., Gottschall-Pass K. Postprandial effects of blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption on glucose metabolism, gastrointestinal hormone response, and perceived appetite in healthy adults: a randomized, placebo-controlled crossover trial. Nutrients. 2019; 11 (1): 202. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11010202>
11. Lewandowska U., Szewczyk K., Hrabec E., Janecka A., Gorlach S. Overview of metabolism and bioavailability enhancement of polyphenols. J Agric Food Chem. 2013; 61 (50): 12 183–99. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf404439b>
12. Petrov N.A., Sidorova Y.S., Sarkisyan V.A., et al. Complex of polyphenols sorbed on buckwheat flour as a functional food ingredient. Food Raw Mater. 2018; 6 (2): 334–41. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-334-341>
13. Petrov N.A., Sidorova Yu.S., Perova I.B., Kochetkova A.A., Mazo V.K. A complex of bilberry polyphenols sorbed on buckwheat flour as a functional food ingredient. Voprosy pitaniia

- [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 68–72. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10066> (in Russian)
14. Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Shipelin V.A., Mazo V.K. Spinach and quinoa as prospective food sources of biologically active substances. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]* 2020; 89 (2): 100–6. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10020> (in Russian)
  15. Issaadi H.M., Csábi J., Hsieh T.J., Gáti T., Tóth G., Hunyadi A. Side-chain cleaved phytoecdysteroid metabolites as activators of protein kinase B. *Bioorg Chem.* 2019; 82: 405–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.10.049>
  16. Roberts J.L., Moreau R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food Funct.* 2016; 7 (8): 3337–53. DOI: <https://doi.org/10.1039/c6fo00051g>
  17. Brito-Casillas Y., Melián C., Wägner A.M. Study of the pathogenesis and treatment of diabetes mellitus through animal models. *Endocrinol. Nutr.* 2016; 63 (7): 345–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2016.03.011>
  18. Al-Awar A., Kupai K., Veszeka M., et al. Experimental diabetes mellitus in different animal models. *J Diabetes Res.* 2016; 2016: 9051426. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/9051426>
  19. Sultan A., Singh J., Howarth F.C. Mechanisms underlying electro-mechanical dysfunction in the Zucker diabetic fatty rat heart: a model of obesity and type 2 diabetes. *Heart Fail Rev.* 2020; 25 (5): 873–86. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10741-019-09872-4>
  20. Skovso S. Modeling type 2 diabetes in rats using high fat diet and streptozotocin. *Diabetes Invest.* 2014; 5 (4): 349–58.
  21. Dzydzan O., Bila I., Kucharska A.Z., Brodyak I., Sybirna N. Antidiabetic effects of extracts of red and yellow fruits of cornelian cherries (*Cornus mas* L.) on rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus. *Food Funct.* 2019; 10 (10): 6459–72. DOI: <https://doi.org/10.1039/c9fo00515c>
  22. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Mazo V.K., Zorin S.N., Petrov N.A., Kochetkova A.A. Comparative studies of antidiabetic activity of bilberry leaf extract in Wistar rats with STZ-induced diabetes and Zucker diabetic fatty rats. *Int Food Res J.* 2018; 25 (3): 1288–94.
  23. Zhou J.Y., Poudel A., Welchko R., et al. Liraglutide improves insulin sensitivity in high fat diet induced diabetic mice through multiple pathways. *Eur J Pharmacol.* 2019; 861: 172594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.172594>
  24. Avtanski D., Pavlov V.A., Tracey K.J., Poretsky L. Characterization of inflammation and insulin resistance in high-fat diet-induced male C57BL/6J mouse model of obesity. *Anim Model Exp Med.* 2019; 2 (4): 252–8. DOI: <https://doi.org/10.1002/ame2.12084>
  25. Shipelin V.A., Sidorova Yu.S., Mazo V.K., Zorin S.N., Petrov N.A., Kiseleva T.L., et al. Protective potential and antidiabetic activity of bilberry leaves in Zucker rats. *Curr Nutr Food Sci.* 2020; 16: 228. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573401315666181206123717>
  26. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Mazo V.A., Zorin S.N., et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of *Vaccinium myrtillus* L. leaf and *Phaseolus vulgaris* L. seed coat extracts in diabetic rats. *Nutrition.* 2017; 41: 107–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.04.010>
  27. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Petrov N.A., Frolova Yu.V., Kochetkova A.A., Mazo V.K. In vivo experimental evaluation of hypoglycemic properties of a functional food ingredient - a polyphenolic food matrix. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (4): 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10036> (in Russian)
  28. Panossian A., Wikman G. Effect of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2010; 3 (1): 188–224. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph3010188>
  29. Ray A., Gulati K., Anand R. Stress, adaptogens and their evaluation: an overview. *J Pharmacol Rep.* 2016; 1 (2): 1000110.
  30. Isenmann E., Ambrosio G., Joseph J.F., et al. Ecdysteroids as non-conventional anabolic agent: performance enhancement by ecdysterone supplementation in humans. *Arch Toxicol.* 2019; 93: 1807–16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-019-02490-x>
  31. Castanheira L., Ferreira M.F., Sebastião A.M., Telles-Correia D. Anxiety assessment in pre-clinical tests and in clinical trials: a critical review. *Curr Top Med Chem.* 2018; 18 (19): 1656–76. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026618666181115102518>
  32. Haddadi H., Rajaei Z., Alaei H., Shahidani S. Chronic treatment with carvacrol improves passive avoidance memory in a rat model of Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr.* 2018; 76 (2): 71–7. DOI: <https://doi.org/10.1590/0004-282X20170193>
  33. Son H., Yang J.H., Kim H.J., Lee D.K. A chronic immobilization stress protocol for inducing depression-like behavior in mice. *J Vis Exp.* 2019; 147: e59546. DOI: <https://doi.org/10.3791/59546>

**Для корреспонденции**

Мартинчик Арсений Николаевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-87  
 E-mail: arsmartin@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5200-7907>

Батурин А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О.

## Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий

The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries

Baturin A.K., Martinchik A.N., Kambarov A.O.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Оценка потребления населением энергии, пищевых веществ и структуры продуктового потребления приобретала важнейшее значение в Российской Федерации при осуществлении социально-экономических реформ в 1990-е гг. Это было обусловлено трудностями переходного периода от плановой экономики к рыночным отношениям, что отразилось на снижении уровня социально-экономического положения населения.*

**Цель** настоящего исследования – анализ объективной информации о характере потребления пищевых веществ и энергии, а также пищевых продуктов населением России в 1991–2018 гг.

**Материал и методы.** В работе проанализированы и обобщены результаты выборочных обследований бюджетов домашних хозяйств Росстатом в 1991–2018 гг. и эпидемиологических исследований фактического питания населения РФ, представленных данными «Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения» (RLMS-HSE) в 1994–2012 гг. и проведенными Росстатом широкомасштабными обследованиями питания во всех субъектах РФ в 2013 и 2018 гг. В этих исследованиях использовали единую методологию сбора, обработки и представления данных о фактическом питании, разработанную в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», что позволило выстроить анализ характера питания населения за период с 1994 по 2018 г.

**Результаты.** Проанализированы фактические данные по потреблению энергии, пищевых веществ, индивидуальных и агрегированных групп пищевых продуктов в зависимости от ряда социально-демографических и социально-экономических переменных, влияющих на фактическое питание населения РФ. По данным бюджетных обследований, за прошедшие годы значительно изменилась структура

**Источник финансирования.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по НИР.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Батурин А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 60–70. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10042

**Статья поступила в редакцию** 08.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Baturin A.K., Martinchik A.N., Kambarov A.O. The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 60–70. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10042 (in Russian)

**Received** 08.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

рациона питания в домашних хозяйствах: снизилось потребление картофеля на 45% и хлебобулочных изделий на 6%, почти в 2 раза возросло потребление рыбы и фруктов, на 60% мясных продуктов, на 20% овощей. По данным эпидемиологических исследований, содержание жира в рационах возросло с 31 до 36,8% по калорийности, содержание белка изменилось незначительно, хотя в последние годы отмечена тенденция к его увеличению до 12,1% по калорийности. Среднедушевое потребление взрослыми белка и жира, в том числе насыщенных жирных кислот, существенно выше в 2005–2018 гг. по сравнению с 1990-ми гг. как в абсолютном количестве, так и в процентах калорийности рациона. В то же время потребление общих углеводов в процентах калорийности рациона и количество пищевых волокон в рационе снизилось. Параллельно изменениям потребления жира следует увеличение распространенности избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения. Выявлено последовательное снижение потребления взрослыми добавленного сахара в процентах общей калорийности рациона с 14,0% в 1994 г. до 12,3–12,8% в 2012–2018 гг. Изменения структуры энергии рациона за счет макронутриентов обусловлены изменением структуры продуктового набора рациона питания. За годы наблюдений в рационе увеличилось суммарное количество молочных продуктов в пересчете на молоко, повысилось потребление суммы кисломолочных продуктов, твердых сыров, не изменилось только потребление питьевого молока. В 2012 и 2013 гг. потребление мясных продуктов и колбасных изделий было существенно выше, чем в предшествующие годы. Наблюдалось увеличение потребления рыбы, овощей, фруктов, жиров и масел, соков в 2000-е гг. по сравнению с 1990-ми. И, напротив, последовательно снижалась сумма зерновых продуктов. Эти изменения структуры продуктового набора рациона питания характеризуют транзитный период от «бедного» питания к «богатому», а повышение в 2000-е гг. энергетической плотности рациона питания за счет увеличения доли жира и снижения доли углеводов могло способствовать увеличению массы тела и росту распространенности избыточной массы тела и ожирения. Установлена зависимость структуры рациона питания от экономического положения семьи, что предполагает проблемы недостаточности питания, как общего недопитания, так и недостаточности потребления микронутриентов – витаминов и минеральных веществ в бедных семьях.

**Заключение.** Оценка фактического питания населения России указывает на возможное присутствие двойного бремени нарушений, определяемого как одновременное наличие проблем недостаточности питания, так и проблемы избыточного питания, приводящего к росту распространения избыточной массы тела и ожирения.

**Ключевые слова:** фактическое питание населения, потребление пищевых продуктов, потребление энергии и макронутриентов, распространение избыточной массы тела и ожирения

*The assessment of the individual dietary intake of the population acquired critical importance in the Russian Federation when implementing socio-economic reforms in the 1990s. This was due to the difficulties of the transition period from a planned economy to market relations, which was reflected in a decrease in the level of the socio-economic condition of the population.*

**The purpose** of this study was to analyze objective and reliable information about the nature of consumption of nutrients and energy, as well as food products by the adult population of Russia in the period 1994–2018.

**Material and methods.** The paper analyzes and summarizes the results of sample surveys of household budgets conducted by the Federal State Statistics Service (Rosstat) in 1991–2018 and of large-scale epidemiological studies of the actual dietary intake of the population of the Russian Federation, which are presented by the data of the “Russian Longitudinal Monitoring Surveys” (RLMS) in 1994–2012 and large-scale nutrition surveys conducted by Rosstat in all constituent entities of the Russian Federation in 2013 and 2018. All nutrition surveys were carried out according to a unified methodology for collecting, processing and reporting actual data developed at the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. Using a unified methodological basis allows us to build an analysis of the dietary intake of the population for the period from 1994 to 2018.

**Results.** The objective data on the consumption of energy, nutrients, individual and aggregated groups of food products were analyzed depending on a number of socio-demographic and socio-economic variables that determine the nutrition pattern of the population of the Russian Federation during the period of economic reforms in the 1990s and 2000s. According to budget surveys, over the past years, the structure of the diet in households has changed significantly: the consumption of potatoes decreased by 45% and bakery products by 6%, the consumption of fish and fruits almost doubled, the consumption of meat products increased by 60%, of vegetables by 20%. According to epidemiological studies, the fat content increased from 31 to 36.8% of calorie content, the protein content didn't change significantly, although in recent years there has been a tendency to increase to 12.1% of calorie content. The average per capita consumption of protein and fat by adults, including saturated fat acids were significantly higher in 2005–2018, compared with the 1990s, both in absolute quantities and in per cents of the caloric intake. At the same time, the consumption of total carbohydrates in per cents of the calorie intake and the amount of dietary fiber in the diet decreased. Parallel to fat intake changes, an increase in the prevalence of overweight and obesity in the adult population has been shown. A consistent decrease in adult consumption of added sugar in per cents of the total calorie intake was revealed from 14.0% in 1994 to 12.3–12.8% in 2012–2018. Changes in the structure of energy consumption and macronutrients are due to changes in the structure of the food ration set that have occurred over the years of observation. The total consumption of dairy products in terms of milk increased: the consumption of the amount of dairy products (drinks and “spoons”), curd products and cheeses increased, only the consumption of drinking milk did not change. In 2012 and 2013 consumption of meat products and sausages was significantly higher than in previous years. There was an increase in the consumption of fish, vegetables, fruits, fats and oils, juices in the 2000s compared with the 1990s. On the contrary, over the years of observation, a consistent decrease in the consumption of the total grain products was observed. These changes in the consumption of macronutrients and foods are a characteristic feature of the transition period from “poor” to “rich” dietary intake and the increase in 2000s in the diet energy density due to an increase in the proportion of fat and a decrease in the proportion of carbohydrates, which contribute to weight gain and an increase in the prevalence of overweight and obesity. The dependence of the structure of the diet on the economic situation of the family has been established, which implies the problem of malnutrition, both general malnutrition and insufficient intake of micronutrients (vitamins and minerals), in poor families.

**Conclusion.** An assessment of the current nutritional status of the Russian population implies a double burden of disruption, determined both by the simultaneous presence of malnutrition problems and the increase in the prevalence of overweight and obesity.

**Keywords:** dietary intake, Russian population, food consumption, daily energy intake, intake of macronutrients, prevalence overweight and obesity

Питание признается как непосредственный результат национального социально-экономического положения, так и воздействующий на развитие нации фактор. Проблемы обеспечения питания находятся в основном русле социально-экономического планирования и развития.

В Российской Федерации создана и функционирует многоуровневая система постоянного наблюдения за состоянием питания и здоровья различных групп населения [1]. Эта система включает:

- расчеты баланса продовольствия, оценку потребления пищевых продуктов на основании бюджетного обследования домашних хозяйств. Статистические материалы, характеризующие уровень и структуру потребления основных продуктов питания, их пищевую и энергетическую ценность и другое в домашних хозяйствах, представляются на официальном сайте Росстата [2];
- эпидемиологические исследования, основанные на оценке фактического (индивидуального) питания с параллельным изучением пищевого статуса по антропометрическим показателям и обеспеченности организма пищевыми веществами и энергией и других показателей здоровья [3].

Оценка индивидуального потребления энергии, пищевых веществ и структуры продуктового потребления приобрела важнейшее значение в Российской Федерации при осуществлении социально-экономических реформ в 1990-е гг. Это было обусловлено трудностями переходного периода от плановой экономики к рыночным отношениям, что отражалось на снижении уровня социально-экономического положения широких слоев населения. Это нашло впервые освещение в иностранной литературе [4, 5].

**Цель** настоящего исследования – анализ тенденций изменения характера потребления пищевых веществ и энергии, а также основных групп пищевых продуктов населением России за 1991–2018 гг., с использованием указанных выше источников первичной информации.

## Материал и методы

Для анализа использованы данные Росстата о результатах обследования потребления продуктов питания, их пищевой и энергетической ценности в домашних хозяйствах в 1991–2018 гг. Объем выборки: обследование охватывает около 48,5 тыс. домохозяйств [2]. Результаты этого обследования характеризуют групповое питание.

В настоящее время ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» имеет базу первичных данных по результатам широкомасштабных эпидемиологических обследований фактического питания и пищевого статуса населения России за 1994–2018 гг. Первый проект выборочного исследования фактического питания выполнялся в рамках «Российского мониторинга экономического положения и состояния здоровья населения» (RLMS-HSE, Russian longitudinal monitoring survey), организованного

и проводимого Высшей школой экономики, Институтом социологии при участии ФГБНУ «НИИ питания» в 1994–2012 гг. [6].

Два других общенациональных обследования питания организованы и проведены в 2013 и 2018 гг. Росстатом совместно с ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в рамках статистических наблюдений по социально-демографическим проблемам и выполнения Плана мероприятий по реализации «Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года». В рамках этих обследований в каждом изучено питание и пищевой статус членов более 45 000 домохозяйств (около 100 тыс. человек), репрезентативно представляющих все субъекты РФ. Выборочные наблюдения рациона питания населения были организованы Росстатом в 2013 и 2018 гг. в целях получения статистической информации об уровне индивидуального потребления пищевых продуктов, энергетической и пищевой ценности рациона питания, отражающих социальные, экономические и поведенческие факторы, влияющие на обеспечение населения питанием [7, 8].

Методология сбора информации по фактическому питанию, разработанная ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», была единой в эпидемиологических обследованиях по проектам RLMS и Росстата, что позволяет провести анализ тенденций в характере питания населения за 24 года.

В рамках проекта RLMS за 1994–2012 гг. в 38 единицах первичной выборки (38 населенных пунктов) проведено 10 волн обследований взрослых членов около 4000 домохозяйств (в 2012 г. 8000 домохозяйств). Процедура выборки домохозяйств и первичные материалы обследований домохозяйств доступны на сайтах <http://www.cpc.unc.edu/projects/rlms-hse>, <http://www.hse.ru/org/hse/rlms> [6].

Сбор первичной информации о фактическом потреблении пищи и антропометрические измерения с использованием портативных ростометров, электронных весов и измерительных лент по стандартизованным процедурам проводили специально обученные интервьюеры из числа местных жителей в точках выборки.

Выборочные наблюдения рациона питания населения проводились Росстатом на репрезентативных выборках домохозяйств во всех субъектах РФ на основе личного опроса членов домохозяйств (респондентов) по месту их проживания. Опросы и заполнение вопросников проводятся специально обученными работниками – интервьюерами на условиях добровольного согласия респондентов принять участие в наблюдении.

Фактическое потребление пищи у всех членов обследованных домохозяйств изучали методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания [9, 10]. Оценка количества потребляемой пищи проводили с помощью альбома порций продуктов и блюд, содержащего фотографии различной величины порций наиболее часто употребляемой пищи [11]. С целью оценки структуры питания по индивидуальным продуктам и группам про-

дуктов был сформирован банк данных пищевой ценности, содержащий информацию по отечественным и зарубежным пищевым продуктам, зафиксированным в вопросниках. Банк данных о химическом составе и энергетической ценности продуктов и блюд содержит информацию о 2900 наименованиях продуктов и блюд. В основе данного банка лежат национальные таблицы пищевой ценности продуктов питания [12].

Другой банк данных включает рецептурный состав сложных блюд и кулинарных изделий, служащий для преобразования сложной рецептуры в набор составляющих рецептуру элементарных продуктов, вес которых пересчитан на сырую массу нетто (массу съедобной части) в соответствии с составом исходной рецептуры и выходом готовой продукции. Каждый продукт идентифицирован в соответствии с разработанной классификацией, что позволило осуществить агрегацию продуктов в группы и подгруппы.

Обработку первичного материала, расчеты и преобразования данных и статистическую обработку проводили с помощью программы IBM SPSS Statistics v. 20.0, в которой был специально написан алгоритм (синтакс) расчетов и анализа индивидуального потребления пищевых продуктов и конверсии данных о потреблении пищи в величины потребления энергии и пищевых веществ.

Для оценки потребления продуктов питания населением использовали агрегацию продуктов в 10 основных групп, таких как хлебные продукты, картофель, овощи и бахчевые, фрукты и ягоды, мясо и мясопродукты, молоко и молокопродукты, рыба и рыбопродукты, сахар и кондитерские изделия, яйца, масло растительное и другие жиры.

В настоящей работе не проводился перерасчет отдельных видов пищевых продуктов промышленного производства в сырьевые группы, а анализировалось количество индивидуальных видов пищевой продукции или сумма продуктов в том виде, в котором они потреблялись респондентами, т.е. представлены данные о массе съедобной части пищевых продуктов.

**Результаты**

За прошедшие годы значительно изменилась структура рациона питания в домашних хозяйствах населения страны: снизилось потребление картофеля на 45% и хлебобулочных изделий на 6%, почти в 2 раза возросло потребление рыбы и фруктов, на 60% мясных продуктов, на 20% овощей (рис. 1).

Содержание жира в рационах возросло с 31 до 36,8% по калорийности, содержание белка изменилось незначительно, хотя в последние годы отмечена тенденция к его увеличению до 12,1% по калорийности (рис. 2).

Мониторинг влияния социально-экономических преобразований на характер питания населения заключался в анализе тенденций изменений потребления энергии, пищевых веществ и пищевых продуктов за годы наблюдений.

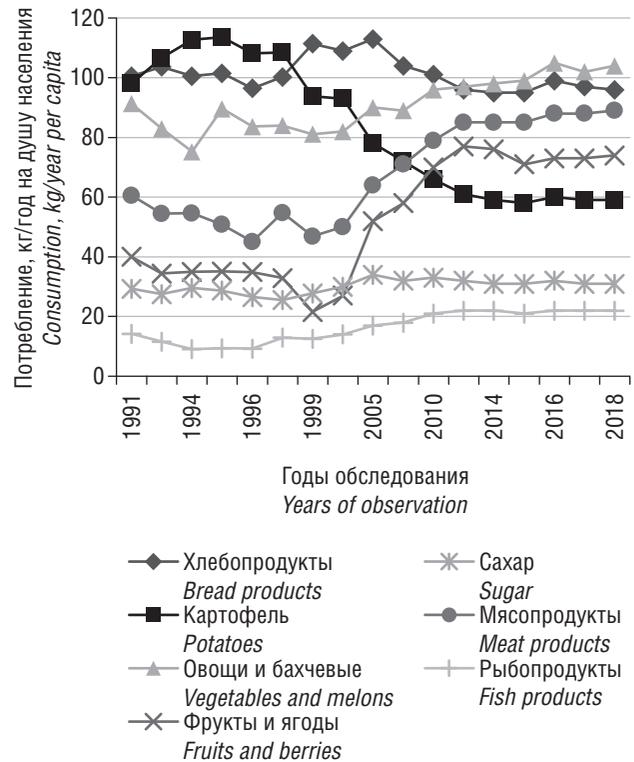


Рис. 1. Потребление основных групп пищевых продуктов по данным бюджетных обследований

Fig. 1. Consumption of main food groups according to budget surveys

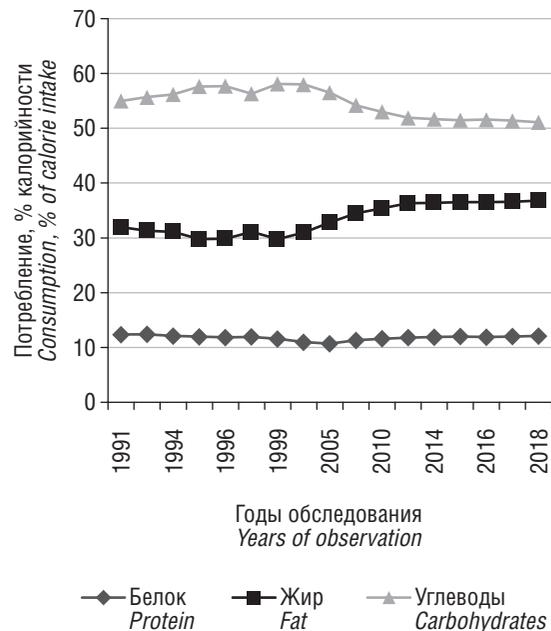


Рис. 2. Потребление белка, жира и углеводов по данным бюджетных обследований

Fig. 2. Consumption of protein, fat and carbohydrates according to budget surveys

Таблица 1. Среднесуточное потребление энергии и макроэлементов взрослым населением по годам наблюдений

Table 1. Average daily consumption of energy and macronutrients by adults by years of observation

Макронутриент Macronutrient	Год / Year												
	1994	1995	1996	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2012	2013	2018
Энергетическая ценность, ккал Energy value, kcal	1937	1965	1930	1932	2008	1981	1967	1926	1873	1859	1923	2035	2408
Белок, г Protein, g	62,7	62,9	61,4	60,2	62,2	62,7	63,1	63,1	61,2	62,2	67,0	71,4	86,5
Жир, г Fat, g	74,0	73,4	70,3	67,9	71,8	72,1	73,7	73,6	71,2	72,4	79,5	84,0	103,7
Насыщенные жирные кислоты, г Saturated fatty acids, g	26,5	26,0	24,5	23,4	24,6	24,3	25,3	25,9	24,6	25,4	29,0	33,4	40,6
Углеводы, всего, г Carbohydrates, total, g	246,3	254,4	256,5	261,8	269,1	260,5	252,5	244,6	238,7	232,6	228,1	245,1	277,9
Полисахариды, г Polysaccharides, g	156,0	163,0	160,1	169,2	167,9	162,4	156,1	151,0	146,2	143,9	134,2	138,8	157,4
Моно-, дисахариды, г Mono-, disaccharides, g	90,3	91,4	96,4	92,6	101,1	98,1	96,4	93,6	92,6	88,7	93,9	106,2	119,9
Добавленный сахар, г Added sugar, g	58,1	56,2	59,3	60,9	60,3	59,1	57,0	56,0	55,5	54,4	54,6	58,8	72,0
Пищевые волокна, сумма, г Dietary fiber, total, g	23,10	24,12	24,79	25,39	25,37	24,13	23,89	23,21	22,00	21,78	20,23	20,32	23,65
Алкоголь, г Alcohol, g	4,61	4,76	3,49	4,28	4,84	5,19	5,54	4,45	4,34	3,64	3,90	1,95	2,66

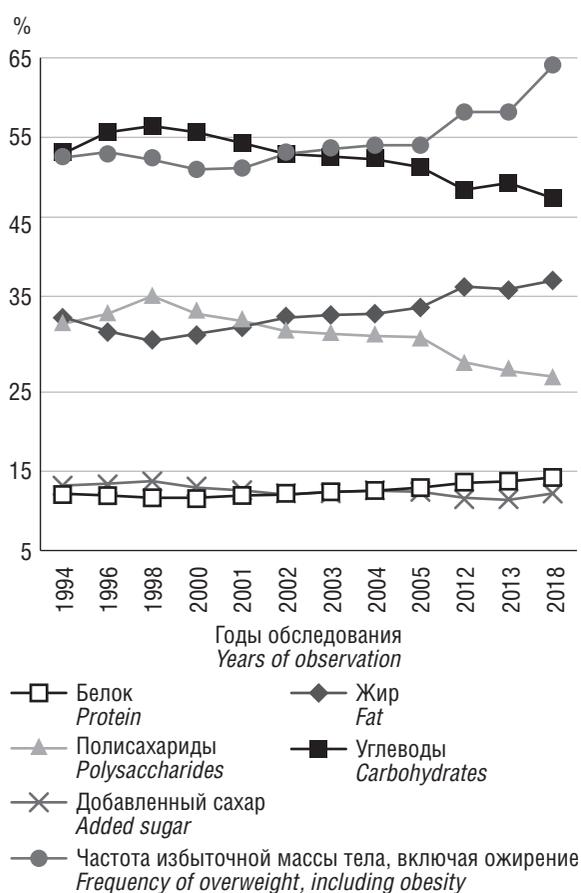


Рис. 3. Изменение структуры потребления энергии рациона взрослых за годы наблюдения

Fig. 3. Changes in the structure of energy consumption of adults for years of observation

В табл. 1 представлены среднесуточные абсолютные величины потребления пищевых веществ и энергии взрослым населением России за годы наблюдений. Обращает на себя внимание увеличение потребления в 2000-е гг. белка, жира, насыщенных жиров и снижение потребления полисахаридов и пищевых волокон. Следует также отметить снижение потребления алкоголя с 2005 г.

Важнейшими параметрами рациона питания является структура его энергетической ценности, выражаемая как % энергии, потребляемой за счет макроэлементов (%E макроэлементов, % макроэлементов по калорийности). Соотношение пищевых веществ по вкладу в энергетическую ценность рациона представляется более стабильным параметром рациона питания, менее подверженным количественным флуктуациям уровня потребления энергии.

Анализ тенденций в структуре потребления энергии за счет макроэлементов за 1994–2018 гг. представлен на рис. 3. Представленные данные дают возможность оценить произошедшие за эти годы изменения структуры потребления энергии за счет макроэлементов. Обращает на себя внимание повышение потребления белка и жира по калорийности. В то же время потребление общих углеводов снизилось (в % калорийности рациона). Основные изменения произошли в 2000–2013 гг. Доля белка и жира по калорийности увеличилась за этот период, тогда как доля полисахаридов (крахмала) уменьшилась. Важно отметить, что доля добавленного сахара по калорийности снизилась, а доля насыщенных жирных кислот повысилась. В рис. 3 включены данные о распространении избыточной массы тела, включая ожирение, за годы наблюдений.

ний. Мы обнаруживаем тесную взаимосвязь увеличения потребления жира и роста распространенности избыточной массы тела и ожирения.

В общем виде структура потребления энергии в последние годы наблюдения – 2013 и 2018 гг. – показывает, что более 63% энергии рациона составляют моно- и дисахариды (природные и добавленный сахар) и жиры, 25% энергии полисахариды и около 12% белки. Таким образом, почти 2/3 энергии представлено чистыми («пустыми») источниками энергии и несколько более 1/3 проси- стекает из белков и полисахаридов.

Объяснение полученным тенденциям в структуре энергии рациона питания находится в анализе потребления отдельных групп пищевых продуктов. Как следует из данных, представленных на рис. 4, уровень потребления мясopодуков, колбасных изделий, сыров, рыбы и фруктов в 2000-е гг. увеличился по сравнению с 1990-ми. Напротив, потребление овощей и хлебопродуктов в 2000-е гг. снизилось по сравнению с 1990-ми. Нарушают эти тенденции данные, полученные в 2018 г. В этот период выявлено высокое среднесуточное потребление энергии, макроэлементов и пищевых продуктов из групп мясных продуктов, хлебопродуктов и овощей.

Интересно отметить «провалы» в потреблении рыбы, фруктов, овощей и молока в исследовании в 1998 г., когда произошел экономический кризис, что незамедлительно сказалось на характере питания (исследования проводили в осенние месяцы 1998 г.). Эти изменения отражают влияние социально-экономических условий на характер питания с переходом на более дешевые зерновые продукты.

В 2000-е гг. особенно заметен, начиная с 2005 г., процесс перехода (транзитный период) от «бедного» питания к «богатому» с увеличением доли животных продуктов в структуре рациона питания населения.

Влияние социально-экономических факторов на питание населения убедительно продемонстрировано при анализе потребления пищевых веществ и энергии в зависимости от уровня среднедушевого дохода семьи по материалам 2013 г. Из данных, представленных на рис. 5, следует, что уровень потребления энергии прямо зависит от величины среднедушевого дохода семьи. При этом эта зависимость более выражена у мужчин, чем у женщин. Что касается структуры рациона по энергии за счет макроэлементов, то результаты носят разнонаправленный характер для отдельных макроэлементов (рис. 6). Потребление энергии за счет белка и жира увеличивается с увеличением среднедушевого дохода домохозяйства, тогда как доля энергии в рационе за счет суммы углеводов и добавленного сахара снижается.

Еще одной демонстрацией влияния уровня дохода семьи на характер питания ее членов является результат анализа потребления макроэлементов в семьях в зависимости от числа детей в возрасте до 18 лет (рис. 7). В семьях с 3 и более детьми потребление взрослыми членами семьи энергии за счет белка и жира значительно ниже, тогда как суммарное потребление угле-



Рис. 4. Среднесуточное потребление групп продуктов взрослым населением за годы наблюдений

Fig. 4. The average daily consumption of food groups by the adult population over the years of observation

водов выше по сравнению с семьями с 1 или 2 детьми. Потребление добавленного сахара не зависит от числа детей в семье.

Структура продуктового набора рациона питания взрослых россиян также зависит от уровня среднедушевого дохода, определяя зависимость потребления энергии за счет макроэлементов. Как видно из данных, представленных в табл. 2, увеличение душевого дохода семьи сопровождается снижением потребления зерно-

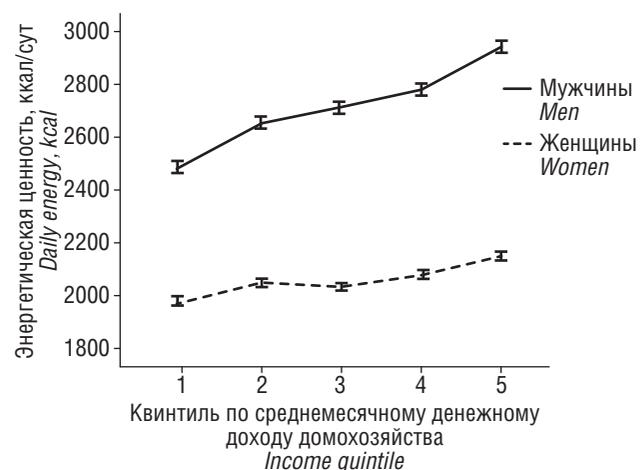
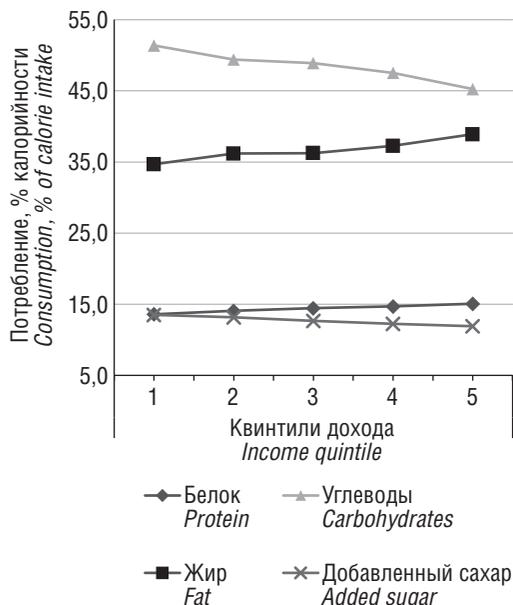


Рис. 5. Потребление энергии в зависимости от среднедушевого дохода домохозяйства

Fig. 5. Energy consumption based on per capita household income

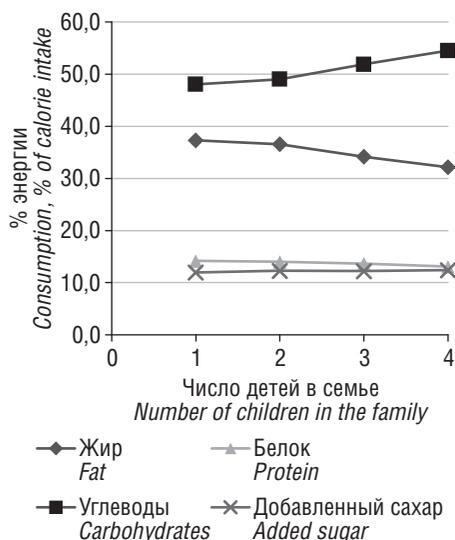


**Рис. 6.** Потребление макронутриентов взрослыми в зависимости от среднедушевого дохода домохозяйства

**Fig. 6.** The macronutrient consumption based on per capita household income

вых продуктов, но повышением потребления мясных продуктов, в том числе колбасных изделий, рыбы и морепродуктов, овощей и фруктов. Потребление жировых продуктов и кондитерских сахаристых изделий не зависит существенно от уровня дохода семьи.

Известно, что уровень социально-экономического развития различается в субъектах РФ, поэтому был проведен сравнительный анализ потребления основных



**Рис. 7.** Структура энергии рациона взрослых в зависимости от числа детей в семье, 2013 г.

**Fig. 7.** The diet energy structure of adults, depending on the number of children in the family, 2013

групп пищевых продуктов в федеральных округах. Данные представлены в табл. 3 в порядке возрастания потребления зерновых продуктов. Можно видеть обратную взаимосвязь уровня потребления зерновых продуктов, с одной стороны, и мясных продуктов, в том числе колбасных изделий, а также рыбы – с другой. Потребление овощей, фруктов, молочных продуктов не коррелирует с потреблением других продуктов. Следует обратить внимание на минимальные величины потребления мясных продуктов и рыбы в Северо-Кавказском округе. В то же время потребление рыбы и морепродуктов максимально в Дальневосточном и Северо-Западном округах, что определяется географическим расположением этих территорий вблизи морских акваторий.

### Заключение

Результаты изучения фактического питания представляют уникальную возможность анализа потребления пищевых веществ, энергии и продуктовой структуры рациона питания на рубеже тысячелетий, когда доминирующими факторами являлись социально-экономические реформы, затрагивающие все стороны жизнедеятельности населения.

Методология обследования фактического потребления пищи методом 24-часового воспроизведения питания дает возможность получить индивидуальную оценку потребления и провести статистический анализ частоты и уровней потребления для всех половозрастных и социально-демографических групп населения. Кроме того, количественная характеристика фактического питания индивидумов позволяет проводить количественную статистическую оценку взаимосвязи фактического питания и состояния здоровья в связи с характером питания по антропометрическим критериям пищевого статуса респондентов. Массив полученных данных характеризуется большим объемом, что не позволяет представить их в подробном изложении. Целью был выбран анализ влияния социально-экономических переменных на структуру энергетической ценности и структуру продуктового набора рациона питания взрослого населения.

Отметим наиболее характерные тенденции и особенности питания и экономические факторы, влияющие на фактическое питание и пищевое поведение населения. Считаем допустимым включить в обзорное заключение не только представленные в настоящей работе фактические данные, но и заключения, полученные в наших предшествующих публикациях [13–17].

Анализ потребления энергии, пищевых веществ и пищевых продуктов за 1994–2018 гг. показал увеличение среднедушевого потребления взрослыми энергии в 2012–2018 гг.

Среднедушевое потребление белка и жира взрослыми существенно выше в 2005–2018 гг. по сравнению с 1990-ми, при этом как в абсолютном количестве, так и в % калорийности рациона. В то же время потреб-

**Таблица 2.** Среднесуточное потребление пищевых продуктов в зависимости от уровня среднедушевого дохода домохозяйства, взрослые старше 19 лет, 2013 г. (граммы съедобной части)

**Table 2.** Average daily food consumption depending on the level of per capita household income, adults over 19 years old, 2013 (grams of edible portion)

Группа продуктов <i>Product group</i>	Квintиль по среднемесячному денежному доходу домохозяйства <i>Quintile of average monthly income of the household</i>									
	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й	
	<i>M</i>	<i>σ</i>	<i>M</i>	<i>σ</i>	<i>M</i>	<i>σ</i>	<i>M</i>	<i>σ</i>	<i>M</i>	<i>σ</i>
Зерновые продукты <i>Cereal products</i>	246,7	150,9	236,6	142,2	236,8	142,3	230,0	136,5	223,7	138,6
Мясопродукты и изделия, включая колбасы <i>Meat products, including sausages</i>	139,9	141,4	143,7	136,9	155,3	139,0	159,4	141,7	170,3	153,8
Колбасные изделия <i>Sausages</i>	27,3	53,0	30,3	56,5	32,4	57,9	32,7	58,2	34,2	60,6
Рыба и морепродукты <i>Fish and seafood</i>	29,8	75,1	31,9	78,4	34,7	80,3	34,3	78,0	38,3	83,6
Молочные продукты в пересчете на молоко, г <i>Dairy products in terms of milk, g</i>	364,5	440,2	406,2	448,1	438,1	469,9	463,6	483,3	485,3	498,8
Овощи <i>Vegetables</i>	158,2	149,8	167,2	153,5	177,3	155,7	183,0	158,6	192,6	165,9
Фрукты <i>Fruits</i>	99,8	166,0	110,5	169,9	121,6	180,2	130,3	184,6	138,7	191,5
Жировые продукты <i>Fats and oils</i>	39,3	32,9	39,8	32,9	41,4	32,8	41,0	33,0	42,4	33,9
Кондитерские сахаристые изделия <i>Sugar confectionery</i>	63,8	52,4	62,6	51,2	64,1	52,4	64,1	52,6	65,4	55,8
Соки, напитки, нектары <i>Juices, drinks, nectars</i>	13,0	61,3	15,5	67,9	18,1	73,3	20,1	76,2	26,9	88,1

**Таблица 3.** Потребление групп продуктов по федеральным округам (г/сут, масса съедобной части)

**Table 3.** Consumption of food groups in Federal Districts (g/day, edible portion)

Группа продуктов <i>Product group</i>	Федеральный округ <i>Federal Districts</i>							
	Северо-Западный <i>North-Western</i>	Дальне-Восточный <i>Far Eastern</i>	Центральный <i>Central</i>	Уральский <i>Ural</i>	Южный <i>Southern</i>	Сибирский <i>Siberian</i>	При-волжский <i>Volga</i>	Северо-Кавказский <i>North Caucasian</i>
Зерновые продукты <i>Cereal products</i>	217,7	222,6	223,3	229,1	235,3	240,6	244	260,2
Мясопродукты и изделия <i>Meat products</i>	160,8	163,1	161,4	153	160,2	153,3	149,6	139,4
Колбасные изделия <i>Sausages</i>	38,5	31,9	39,6	29,3	31,4	27,7	29,7	14,3
Рыба и морепродукты <i>Fish and seafood</i>	40,6	48,1	34	32,9	37,1	30,6	32,3	23,3
Яйца, шт. <i>Eggs, pcs.</i>	0,49	0,5	0,52	0,4	0,55	0,46	0,44	0,5
Молоко питьевое всех видов <i>Drinking milk of all kinds</i>	98	85	98,6	97,1	94,2	121,7	107,7	88,7
Молочные продукты в пересчете на молоко <i>Dairy products in terms of milk</i>	527,8	360,5	465,4	426	435,6	390	414,2	464,9
Овощи <i>Vegetables</i>	181,1	173,4	181,9	176	192,8	177,6	165,9	176,3
Фрукты <i>Fruits</i>	129,9	86,4	135,4	119,6	139,6	91	121,2	146,3
Жировые продукты <i>Fats</i>	41,7	42,7	40,6	40	42,4	42,5	38,9	40,7
Кондитерские сахаристые изделия <i>Sugar confectionery</i>	69,6	70,8	62,8	61,1	60,1	61	67	61,1

ление общих углеводов в % калорийности рациона и количество пищевых волокон в рационе снизилось за период наблюдений. Параллельно изменениям потребления жира следует увеличение распространенности избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения.

Доля насыщенных жирных кислот (% общей калорийности рациона) за годы наблюдений увеличилась с 10,5–11,8% в 1990-е гг. до 13,3–14,3% в 2012–2018 гг. Отмечается последовательное снижение среднелюдского потребления добавленного сахара в процентах общей калорийности рациона с 14,0% в 1994 г. до 12,3–12,8% в 2012–2018 гг. В общем виде структура потребления энергии в 2013 г. показывает, что источником около  $\frac{2}{3}$  калорийности рациона являются жиры и сахара (природные и добавленные) и несколько более  $\frac{1}{3}$  – белки и полисахариды.

Изменения структуры потребления энергии и макро-нутриентов обусловлены изменением структуры продуктового набора рациона питания, произошедшие за годы наблюдений: увеличилось суммарное потребление молочных продуктов в пересчете на молоко, потребление суммы кисломолочных продуктов (напитков и «ложковых»), творожных изделий, сыров, не изменилось существенно только потребление питьевого молока.

За годы наблюдений произошло последовательное линейное снижение величин потребления суммы зерновых продуктов. В 2012 и 2013 гг. потребление мясопродуктов и колбасных изделий существенно выше, чем в предшествующие годы. Наблюдалось увеличение потребления рыбы, яиц, овощей, фруктов, жиров и масел, соков в 2000-е гг. по сравнению с 1990-ми. Таким образом, наблюдалось существенное увеличение потребления всех групп продуктов, за исключением зерновых продуктов, потребление которых снизилось. Это отразилось на общем увеличении потребления белка, общего жира, насыщенных жирных кислот как в абсолютных значениях, так и в процентах общей калорийности рациона. Эти изменения структуры потребления являются характеристикой транзитного периода от «бедного» питания к «богатому».

Аналогичные тенденции изменений структуры потребления основных групп пищевых продуктов и пищевых веществ имели место и при анализе группового потребления в обследованиях бюджетов домохозяйств.

Оценивая суммарное расчетное количество молочных продуктов в пересчете на молоко, можно заключить, что среднелюдское потребление молока взрослыми составляет более 2 стаканов (440 г) в сутки, что близко к сложившимся в нашей стране рекомендациям.

Выявлены значительные различия в потреблении основных групп пищевых продуктов населением федеральных округов. Потребление мясопродуктов, колбасных изделий, рыбы взрослым населением Северо-Кавказского федерального округа существенно ниже, чем населением других округов. Однако потребление суммы молочных продуктов в пересчете на молоко, а также овощей и фруктов в этом округе выше, чем в других регионах.

Важнейшими факторами, влияющими на структуру и характер питания, являются социально-экономические переменные: место проживания (город, село, регион страны), уровень дохода семьи, численность семьи (число детей), доля расходов на питание в семейном бюджете, уровень образования. Повышение величины среднелюдского дохода (квинтили дохода) сопровождается увеличением потребления практически всех групп продуктов, за исключением зерновых продуктов. В старшей возрастной группе (60 лет и старше) зависимость продуктовой структуры рациона питания от уровня дохода выражена в меньшей степени по сравнению с группами молодых взрослых. В многодетных семьях (3 детей и более) отмечено более низкое потребление детьми и взрослыми мясных продуктов, в том числе колбасных изделий, молочных продуктов, фруктов, тогда как потребление зерновых продуктов увеличивается. Многодетные семьи следует считать менее обеспеченными по сравнению с семьями с 1 или 2 детьми. Таким образом, проблема экономической доступности качественного питания для малообеспеченных семей остается и в стабильный по экономическим параметрам период развития страны в 2000-е гг.

Основной вывод, который вытекает из комплекса данных по фактическому питанию и пищевому статусу (распространенность ожирения), заключается в формировании в 2000-е гг. повышения энергетической плотности рациона питания за счет увеличения доли жира и снижения доли углеводов, что способствует увеличению массы тела и росту распространенности избыточной массы тела и ожирения.

Вместе с тем зависимость структуры рациона питания от экономического положения семьи не снимает проблемы недостаточности питания – как общего недоедания, так и недостаточного потребления микронутриентов – витаминов и минеральных веществ.

Современное состояние питания населения России предполагает двойное бремя нарушений питания, определяемое как одновременное наличие проблем недостаточности питания, так и рост распространения избыточной массы тела и ожирения. Такая ситуация наличия двух полюсов нарушений питания характерна для большинства стран с низким и средним уровнем доходов [18].

## Сведения об авторах

*Батурин Александр Константинович (Aleksandr K. Baturin)* – доктор медицинских наук, профессор, руководитель направления «Оптимальное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)  
E-mail: baturin@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7007-621X>

Мартинчик Арсений Николаевич (*Arseniy N. Martinchik*) – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: amartin@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5200-7907>

Камбаров Алексей Олегович (*Aleksey O. Kambarov*) – доктор экономических наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kambarov.ao@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-2108-2100>

## Литература

1. Покровский В.И., Романенко Г.А., Княжев В.А. и др. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. Новосибирск, 2002. 337 с.
2. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2013 г. (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств) / Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2014. 68 с. URL: <https://gks.ru/compendium/document/13292>
3. Рацион питания населения. 2013 : статистический сборник. Росстат. Москва : Статистика России, 2016. 220 с.
4. Popkin B.M., Adair L.S., Ng S.W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries // *Nutr. Rev.* 2012. Vol. 70. P. 3–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
5. Jahns L., Baturin A., Popkin B.M. Obesity, diet, and poverty: trends in the Russian transition to market economy // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 57. P. 1295–1302. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601691/>
6. URL: <http://www.cpc.unc.edu/projects/rfms-hse>, <http://www.hse.ru/org/hse/rfms>
7. Выборочное наблюдение рациона питания населения (2013 г.). URL: [gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food1/index.html](http://gks.ru/free_doc/new_site/food1/index.html)
8. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение рациона питания населения 2018. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html)
9. Методические рекомендации по оценке количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, № С1-19/14-17 от 26 февраля 1996 г.
10. Способ оценки индивидуального потребления пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Москва, 2016. URL: <http://web.ion.ru/files>
11. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Баева В.С. и др. Альбом порций продуктов и блюд Москва : Институт питания РАМН, 1995. 64 с.
12. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
13. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Пескова Е.В., Кешабянц Э.Э., Михайлов Н.А. Потребление йогурта и снижение риска избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения // *Вопросы питания.* 2016. Т. 85, № 1. С. 56–65.
14. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Кешабянц Э.Э., Пескова Е.В. Гендерные и возрастные особенности и тенденции распространения ожирения среди взрослого населения России в 1994–2012 гг. // *Вопросы питания.* 2015. Т. 84, № 3. С. 50–57.
15. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Кешабянц Э.Э., Фатянова Л.Н., Семенова Я.А., Базарова Л.Б. и др. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет // *Вопросы питания.* 2017. Т. 86, № 4. С. 50–60.
16. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Михайлов Н.А., Кешабянц Э.Э., Камбаров А.О. Разработка и оценка достоверности базового индекса здорового питания населения России // *Вопросы питания.* 2019. Т. 88, № 6. С. 34–44.
17. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Камбаров А.О. Анализ ассоциации структуры энергии рациона по макронутриентам и распространения избыточной массы тела и ожирения среди населения России // *Вопросы питания.* 2020. Т. 89, № 3. С. 44–57.
18. Popkin B.M., Corvalan C., Grummer-Strawn L.M. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality // *Lancet.* 2020. Vol. 395, N 10 217. P. 65–74. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32497-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32497-3)

## References

1. Pokrovskiy V.I., Romanenko G.A., Knyazhev V.A., et al. Health Nutrition Policy. Federal and regional levels. Novosibirsk, 2002: 337 p. (in Russian)
2. Food consumption in households in 2013 (based on a sample survey of household budgets). In: Federal State Statistics Service. Moscow, 2014: 68 p. URL: <https://gks.ru/compendium/document/13292> (in Russian)
3. The diet of the population. 2013: Statistical digest. In: Rosstat. Moscow: Statistika Rossii, 2016: 220 p. (in Russian)
4. Popkin B.M., Adair L.S., Ng S.W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr Rev.* 2012; 70: 3–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
5. Jahns L., Baturin A., Popkin B.M. Obesity, diet, and poverty: trends in the Russian transition to market economy. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57: 1295–302. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601691/>
6. URL: <http://www.cpc.unc.edu/projects/rfms-hse>, <http://www.hse.ru/org/hse/rfms>
7. Sample observation of the diet of the population (2013). URL: [gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food1/index.html](http://gks.ru/free_doc/new_site/food1/index.html) (in Russian)
8. Federal State Statistics Service. Selective observation of the diet of the population of 2018. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html) (in Russian)
9. Guidelines for assessing the amount of food consumed by the method of 24-hour recall. Approved Deputy Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation, No. C1-19/14-17 of February 26, 1996. (in Russian)
10. A method for assessing individual food intake by 24-hour (daily) nutritional reproduction. Moscow, 2016. URL: <http://web.ion.ru/files>.
11. Martinchik A.N., Baturin A.K., Baeva V.S., et al. Aibum of servings of foods and dishes. Moscow: Institut pitaniia RAMN, 1995: 64 p.
12. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. (eds). The chemical composition of Russian food products: A handbook. Moscow: DeLi print, 2002: 236 p. (in Russian)

13. Martinchik A.N., Baturin A.K., Peskova E.V., Keshabyants E.E., Mikhailov N.A. Yogurt consumption and reducing the risk of overweight and obesity in the adult population. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2016; 85 (1): 56–65. (in Russian)
14. Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyants E.E., Peskova E.V. Gender and age-related characteristics and trends in the prevalence of obesity among the adult population of Russia in 1994–2012. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (3): 50–7. (in Russian)
15. Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyants E.E., Fat'yanova L.N., Semenova Y.A., Bazarova L.B., et al. Analysis of the dietary intake of children and adolescents aged 3 to 19 years in Russia. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2017; 86 (4): 50–60. (in Russian)
16. Martinchik A.N., Baturin A.K., Mikhailov N.A., Keshabyants E.E., Kambarov A.O. Development and assessment of the reliability of the basic of healthy eating index in the Russian population. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 34–44. (in Russian)
17. Martinchik A.N., Baturin A.K., Kambarov A.O. Analysis of the association of dietary energy structure by macronutrients and the prevalence distribution of excess body weight and obesity among the Russian population. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (3): 44–57.
18. Popkin B.M., Corvalan C., Grummer-Strawn L.M. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *Lancet*. 2020; 395 (10 217): 65–74. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32497-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32497-3)

**Для корреспонденции**

Пырьева Екатерина Анатольевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией возрастной нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-53-63

E-mail: epyrieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9110-6753>

Пырьева Е.А., Гмошинская М.В., Сафронова А.И., Шилина Н.М., Георгиева О.В.

## Развитие детской нутрициологии в России

### The development of children nutrition science in Russia

Pyrieva E.A., Gmshinskaya M.V., Safronova A.I., Shilina N.M., Georgieva O.V.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*В статье представлены основные направления развития отечественной детской нутрициологии, фундамент которой был заложен в Институте питания (ныне ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»). На базе созданного в 1932 г. отдела детского питания получили развитие практически все направления, касающиеся питания детского населения: от раннего возраста до совершеннолетия, от организации детского общественного питания до персонализированных подходов. С отделом детского питания связаны годы плодотворной работы выдающихся отечественных специалистов в области педиатрической диетологии и нутрициологии профессоров Е.М. Фатеевой, К.С. Ладодо, И.Я. Коня и их последователей. В статье также показана приоритетная роль отдела детского питания в различных областях науки о питании, например, разработка и уточнение норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для детей, беременных и кормящих женщин; разработка новых специализированных продуктов детского питания, в том числе первых отечественных смесей для искусственного вскармливания. Были разработаны научные подходы к перинатальному питанию, проведены фундаментальные исследования состава грудного молока, создана система поддержки грудного вскармливания, разработаны диетологические подходы к коррекции алиментарно-зависимых заболеваний. Исследования влияния гормонального состава грудного молока на скорость роста детей, находящихся на грудном вскармливании, привлекли интерес мирового научного сообщества. В последние годы сформировались принципиально новые научные направления, основанные на теории «пищевое программирование», развивались нутригенетические исследования. Важным импульсом в развитии современной педиатрической нутрициологии служит*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по НИР.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Пырьева Е.А., Гмошинская М.В., Сафронова А.И., Шилина Н.М., Георгиева О.В. Развитие детской нутрициологии в России // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 71–81. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10043

**Статья поступила в редакцию** 04.06.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Pyrieva E.A., Gmshinskaya M.V., Safronova A.I., Shilina N.M., Georgieva O.V. The development of children nutrition science in Russia. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 71–81. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10043 (in Russian)

**Received** 04.06.2020. **Accepted** 29.07.2020.

внедрение новых подходов, основанных на достижениях нутриметабономики, нутригеномики и нутригенетики, цифровых технологий, инноваций в сфере производства пищевой продукции. На сегодняшний день питание детей в нашей стране уверенно переросло в самостоятельное научное направление, четко определены его основные разделы: питание в период беременности; питание ребенка раннего возраста; питание детей дошкольного и школьного возраста; эпидемиология детского питания; технологии производства детского питания и его безопасность.

**Ключевые слова:** детская нутрициология, питание детей, беременных и кормящих женщин, грудное вскармливание, заменители женского молока, прикорм

*The article presents the main directions of children nutrition science in Russia, that starts at the Institute of Nutrition (nowadays Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety). Almost all areas of children nutrition – from early age to adulthood, from the organization of public nutrition to personalized approaches – were developed on the base of the Department of Children Nutrition, founded in 1932. Years of beneficial work of famous Russian specialists in the field of pediatric dietetics and nutrition science are associated with this Department, for instance professors E.M. Fateeva, K.S. Ladodo, I.Ya. Kon and their followers. The priority role of the Department of Children Nutrition in different areas of nutrition science is also shown in the article, for example in the development and improvement of physiological needs in nutrients and energy for children, pregnant and nursing women; development of new specialized infant foods, including first Russian formulas. Perinatal nutrition science, fundamental research on the composition of breast milk, creation of the system supporting breastfeeding, and design of dietary approaches to the correction of alimentary-dependent diseases were developed. The research on the effects of the hormonal composition of breast milk on the growth rate of infants who are breastfed has attracted the interest of the world scientific community. In recent years, fundamentally new scientific directions have been formed, based on the theory of “food programming”, and nutrigenetic research has been developed. An important impetus in the development of modern pediatric nutritional science is the introduction of new approaches based on the achievements of nutritional metabolomics, nutrigenomics and nutrigenetics, digital technologies, and innovations in the field of food production. Nowadays children's nutrition in our country has confidently developed into an independent scientific direction, its main sections have been clearly identified: prenatal nutrition; infant and toddler nutrition; nutrition of preschool and school-age children; epidemiology of child nutrition; technologies for the production of infant and baby food and its safety.*

**Keywords:** pediatric nutrition science, children nutrition, nutrition of pregnant and lactating women, breastfeeding, infant formula, complementary foods

Вопросы питания подрастающего поколения всегда являлись приоритетными для медицинской науки и практики, и сегодня они являются наиболее динамично развивающимися областями диетологии и нутрициологии.

В качестве самостоятельного научного направления детское питание сформировалось в XX в. на стыке педиатрии и науки о питании. Созданное в 1968 г. международное научное сообщество – Европейское общество педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и питания (ESPGHAN), в число задач которого вошла консолидация исследований по вопросам питания здорового и больного ребенка, закрепило понятие нутрициологии детского возраста (педиатрической нутрициологии) как самостоятельного направления науки.

Истоки развития детской нутрициологии в России берут свое начало в Институте питания, где в 1932 г. выделилось отдельное направление – детское питание, которое на различных этапах возглавляли такие видные ученые, как О.П. Ногина, О.П. Молчанова, Ю.Е. Пол-

тева, П.В. Симаков, Н.М. Смирнов, Т.С. Невская, Е.М. Фатеева, И.И. Кондратьева, К.С. Ладодо, И.Я. Конь. Исследования, проводимые в области детского питания, всегда отвечали вызовам времени, мировым научным тенденциям, ставили перед собой глобальную цель: путем оптимизации состояния питания детского населения улучшить здоровье подрастающего поколения, а следовательно, и нации в целом. На протяжении всего пути своего развития отделу детского питания по праву принадлежит роль флагмана отечественной педиатрической нутрициологии.

Первые годы работы отдела выпали на сложный период – развитие народного хозяйства страны после Гражданской войны, что и определило главные направления исследований – обоснование норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии детей и подростков, а также организация детского общественного питания. Исследования имели важнейшее социальное значение, они закладывали основы для улучшения состояния питания детского населения –

ключевой проблемы в период массового недоедания и беспризорности. Впервые были обоснованы подходы к формированию рационов школьников, установлены необходимые соотношения основных пищевых веществ и оптимальное распределение калорийности суточного рациона по приемам пищи [1].

В период Великой Отечественной войны и в послевоенные годы в отделе детского питания продолжается работа по поиску путей ликвидации алиментарной дистрофии, недоедания, изучается эффективность включения в рационы питания детей белка из нетрадиционных источников (боенской крови, дрожжей, жмыха подсолнечника и др.), что было особенно актуально на фоне тяжелой продовольственной ситуации в стране.

Итог многолетней работы Института – разработка и утверждение в 1951 г. первых «Физиологических норм питания», в которых представлена потребность населения, в том числе детского, в основных веществах и энергии. В дальнейшем представления о физиологических потребностях населения в пищевых веществах и энергии развивались на основе масштабных научных исследований Института. В редакциях документа 1968, 1982, 1991 и 2008 гг. прослеживается эволюционный путь от средних до оптимальных потребностей, от нормирования макронутриентов до микронутриентов, включая биологически активные соединения. Последовательно менялись возрастные рекомендации для детского населения, расширялся спектр нормируемых показателей, вводились гендерные различия, понятие дополнительной потребности для беременных и кормящих женщин.

В 1960–1970-е гг., благодаря работам выдающегося ученого академика А.А. Покровского, получает интенсивное развитие биохимия питания. Внедрение биохимических подходов в детскую нутрициологию позволило углубить экспериментальные и клинические исследования физиолого-биохимических процессов в организме ребенка. Результатом послужили приоритетные данные по патогенетическим основам формирования алиментарно-зависимых состояний (гипотрофии, анемии, рахита и др.), открывающие новые перспективы для их профилактики и коррекции [2]. Формируется превентивная диетология.

Много сделано для создания научных основ развития отечественного производства продукции детского питания. В стенах Института питания рождаются первые отечественные заменители женского молока – молочные смеси «Малютка» и «Малыш» [3].

Деятельность учеников Г.Н. Сперанского профессоров Е.М. Фатеевой и К.С. Ладодо, возглавлявших направление детского питания в Институте, заложила фундамент отечественной школы детского питания, выпускниками которой стали такие признанные авторитеты, как профессора Т.Э. Боровик, Т.Н. Сорвачева, Л.С. Трофименко, В.А. Скворцова и др.

В конце XX в. на гребне развития перинатальной и неонатальной медицины, появляются новые данные о влиянии пищевых факторов на формирование плода и постнатальное здоровье ребенка, положившие основы для

развития перинатальной нутрициологии. По инициативе Е.М. Фатеевой приоритетными в работе отдела детского питания становятся вопросы грудного вскармливания, организации питания беременных и кормящих женщин. Проведенные исследования расширили представления о значении грудного вскармливания для сохранения здоровья и развития ребенка, в том числе психического. Углубилось изучение состава грудного молока с учетом динамики лактации и характера питания женщины; оценено влияние материнского организма на раннюю пищевую сенсibilизацию ребенка [3, 4]. Впервые в Российской Федерации на научной основе доказаны неоспоримые преимущества свободного вскармливания перед общепринятой практикой вскармливанием по часам для обеспечения полноценной и длительной лактации, а также здоровья женщины и ребенка [5]. Многолетняя работа по вопросам грудного вскармливания и организации питания беременных и кормящих женщин завершилась разработкой системы поддержки грудного вскармливания, формирования доминанты материнства и лактации [6].

На основе физиологических и биохимических методов совершенствовались подходы к организации искусственного вскармливания. Комплексные разработки легли в основу первого в стране нормативного документа, установившего требования к смесям для вскармливания детей первого года жизни, – «Рекомендуемый состав, критерии и показатели качества заменителей женского молока» (СанПиН 42-123-4689-88. Министерство здравоохранения СССР/разработаны Институтом питания АМН СССР).

Исследования под руководством профессора К.С. Ладодо, осуществляемые впоследствии на базе НИИ педиатрии АМН СССР, охватывали широкий спектр проблем питания больного ребенка: питание при алиментарно-зависимых состояниях, пищевой непереносимости, заболеваниях почек и органов пищеварения, врожденных и приобретенных нарушениях метаболизма, а также вопросов вскармливания недоношенных детей и пр. Плодом тесного сотрудничества с другими подразделениями НИИ питания стал целый ряд диссертационных работ, среди которых труды С.Г. Грибакина «Медико-биологические основы вскармливания недоношенных детей» (1989 г.), Т.Э. Боровик «Медико-биологические основы диетотерапии при пищевой непереносимости у детей раннего возраста» (1994 г.).

Многоплановые исследования отдела детского питания позволили изменить взгляды на организацию питания ребенка первого года жизни, в том числе назначение прикорма, и легли в основу новых методических рекомендаций по вскармливанию детей раннего возраста, на долгое время определивших практику питания ребенка первого года жизни в Российской Федерации (Современные принципы и методы вскармливания детей первого года жизни. Методические указания 99/225. Москва, 1999).

В 1980-е гг. деятельность отдела детского питания отличают масштабные экспедиционные исследования

в различных регионах страны, включая районы Крайнего Севера и район радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, результаты которых легли в основу создания рационов питания для детей с учетом региональных особенностей, климатического и экологического фактора, а также национальных традиций.

Под руководством ученика А.А. Покровского, выдающегося ученого, профессора Игоря Яковлевича Коня были сформированы новые научные направления детской нутрициологии. Изучался антиоксидантный статус здорового и больного ребенка и возможности его алиментарной коррекции, в том числе с использованием природных антиоксидантов –  $\beta$ -каротина, флавоноидов; получены приоритетные данные о роли гликановых цепей в реализации антиоксидантного действия трансферрина [7, 8]. Особое место занимали работы по изучению функционального потенциала  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Получены доказательства положительного влияния ПНЖК  $\omega$ -3 на когнитивные, иммунные и зрительные функции здорового ребенка, а также эффективности обогащения ими рационов питания беременных женщин с гестозами и детей, страдающих бронхиальной астмой [9, 10].

Традиционным направлением работы отдела детского питания были фундаментальные исследования по изучению состояния кишечной микробиоты у детей и ее взаимосвязи с алиментарным фактором. Доказан бифидогенный эффект грудного молока, изучается эффективность включения пробиотиков в состав смесей для искусственного вскармливания [2]. Позднее была доказана способность отдельных видов кисломолочных продуктов (кефир, бифидокефир, ряженка и др.) оказывать дифференцированное влияние на различные группы кишечных микроорганизмов и улучшать микробный пейзаж кишечника [11]. Новаторский характер имела оценка влияния неадаптированных кисломолочных продуктов на риск развития железодефицитных состояний у детей грудного возраста, ассоциированных с микродиапедезными кровоизлияниями в слизистой оболочке кишки, что стало убедительным аргументом для отдаления сроков использования кефира в питании ребенка первого года жизни [12].

Важное гигиеническое и народно-хозяйственное значение имеют исследования по обоснованию системы контроля качества и безопасности продуктов для детского питания, которые легли в основу санитарно-гигиенической экспертизы продуктов детского питания в стране (СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», СанПиН 2.3.2.1940-05 «Организация детского питания»).

Продолжается работа по совершенствованию подходов к организации питания детей дошкольного и школьного возраста, осуществляемая с учетом новых научных достижений и запросов общества. При координирующей роли Института питания подготовлены и в последующем актуализированы основополагающие документы, регла-

ментирующие и сегодня питание детей в организованных коллективах: СанПиН 2.4.5.2409–08 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в образовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования» и СанПиН 2.4.1.3049–13 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций». В настоящее время они дополнены новыми методическими документами: «Родительский контроль за организацией питания детей в общеобразовательных организациях» (Методические рекомендации МР 2.4.0180-20) и «Рекомендации по организации питания для обучающихся общеобразовательных организаций» (Методические рекомендации МР 2.4.0179-20).

Формирование концепции «пищевого программирования», осознание роли питания в первые 1000 дней жизни как «критического окна» реализации эпигенетических механизмов расширили представления о возможностях детской нутрициологии и обеспечили новый импульс к ее развитию. Стремительно набирающая обороты пандемия ожирения, рост числа случаев сахарного диабета, метаболического синдрома, сердечно-сосудистых, иммунокомпроментированных и онкологических заболеваний – основных неинфекционных заболеваний (НИЗ), с которыми связаны наибольшие медико-социальные проблемы современного общества, определяет генеральное направление исследований – изучение ранних предикторов возникновения избытка массы тела как наиболее эффективной возможности борьбы в глобальном масштабе.

Питание в первые 1000 дней жизни получило развитие в России благодаря прорывным исследованиям в Институте питания, закрепив его авторитет в мировом научном сообществе. В популяционных исследованиях установлена прямая корреляция между ускоренными темпами роста ребенка в первые годы жизни и высоким риском возникновения у него избыточной массы тела, ожирения, сахарного диабета 2 типа, аллергических заболеваний [13, 14]. Работы, организованные отделом детского питания, по влиянию гормонального состава женского молока на скорость роста младенцев, получающих грудное вскармливание, имеют всеобщее признание. Полученные результаты о влиянии высокого уровня грелина и инсулиноподобного фактора роста-1 на скорость роста детей грудного возраста определили интерес к дальнейшему изучению роли минорных компонентов грудного молока в профилактике детского ожирения [15, 16]. Данные научных исследований, представленные на международных конгрессах, позволили профессору И.Я. Коню стать первым избранным от России членом Европейского общества педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и питания (ESPGHAN).

2000-е гг. ознаменованы активным внедрением современных геномных и постгеномных технологий в детскую нутрициологию, открывших период нутригеноетики

в детском питании. Изучается влияние генетических полиморфизмов на формирование костной системы, избыточной массы тела, оценены полиморфизмы десатурированных жирных кислот, отвечающие за гомеостаз ПНЖК [17].

К настоящему времени детская нутрициология в нашей стране уверенно развилась в самостоятельное научное направление, четко обозначились ее основные разделы: пренатальная нутрициология; питание ребенка раннего возраста; организация питания детей дошкольного и школьного возраста; эпидемиология детского питания; технологии производства продукции детского питания и ее безопасность. Логичным итогом стал выход в свет руководства для врачей «Детское питание», неоднократно переиздававшегося в нашей стране и являющегося настольной книгой педиатров [18].

Сегодня перед детской нутрициологией стоят масштабные задачи, заключающиеся не только в обеспечении оптимальных показателей здоровья детей и их гармоничного развития, но и сохранении здоровья на всех последующих этапах онтогенеза. Перспективные исследования связаны с изучением долговременного влияния питания в детском возрасте на риск развития НИЗ (ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и др.), расшифровкой эпигенетических механизмов влияния питания на ранних этапах развития на здоровье и продолжительность жизни взрослого населения.

Реализация этих задач возможна только на основе интегративного подхода, с внедрением в детское питание достижений всех областей науки и, в первую очередь, нутриметаболомики, нутригеномики и нутригенетики, цифровых технологий, инноваций в сфере производства пищевой продукции.

К числу основных задач педиатрической нутрициологии относится поддержка грудного вскармливания – «золотого стандарта» питания ребенка первого года жизни, являющегося основой сохранения здоровья детей и женщин в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Разработка и реализация мер по увеличению распространенности и продолжительности грудного вскармливания относится к здоровьесберегающим технологиям и является одной из приоритетных медико-социальных задач общества. Все больше фактов свидетельствует о вкладе естественного вскармливания в профилактику НИЗ (от кариеса до ожирения и гипертонической болезни) [13, 14, 19–21]. Прослежена взаимосвязь между грудным вскармливанием новорожденных и снижением риска развития сахарного диабета 2 типа у взрослых, распространенность которого, по некоторым данным, достигает 40% [13]. Позитивное влияние грудного вскармливания на формирование здоровья ребенка связывают с его возможностью обеспечить индивидуальные метаболические потребности, влиять на процессы эпигенетической регуляции, создавать условия для формирования адекватного пищевого поведения. Грудное молоко матери является уникальной эволюционно сложившейся системой персонализированного питания.

В Российской Федерации широко используются современные технологии поддержки естественного вскармливания в родовспомогательных учреждениях (раннее прикладывание к груди, совместное пребывание матери и ребенка). Увеличивается число медицинских учреждений, имеющих статус «Больница, доброжелательная к ребенку», среди которых в 2019 г. были 305 учреждений родовспоможения, 152 женские консультации и 201 детская поликлиника. В Инициативе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) «Больница, доброжелательная к ребенку» участвует 53 из 89 субъектов РФ. 21% родов проходит в таких учреждениях.

В 2019 г. при поддержке Минздрава России был организован Национальный координирующий центр по поддержке грудного вскармливания, в работе которого активно участвует ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Новый этап поддержки грудного вскармливания в России связан с развитием банков донорского грудного молока, позволяющих обеспечивать грудным молоком детей, находящихся в тяжелом состоянии, прежде всего недоношенных [22]. Первый банк донорского грудного молока был открыт в 2014 г. в Москве на базе ФГБНУ «Научный центр здоровья детей», второй – в 2017 г. в Уфе.

Для расширения сети банков донорского грудного молока требуется укрепление нормативно-методической базы; ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» принял участие в разработке «Правил по сбору, хранению и использованию сцеженного грудного молока».

Следует отметить, что эффективность мер по поддержке грудного вскармливания напрямую зависит от состояния законодательной базы, регламентирующей продвижение грудного вскармливания. В связи с этим в числе первоочередных задач стоит совершенствование законодательного регулирования поддержки грудного вскармливания (ужесточение требований к маркетингу, рекламе смесей для искусственного вскармливания). В настоящее время в Совете Федерации рассматриваются поправки в данную статью Федерального закона от 13.03.2006 № 38-ФЗ (ред. от 08.03.2015) «О рекламе» с целью ужесточить правила продвижения смесей для организации искусственного вскармливания в качестве альтернативы грудного молока.

Возрастает интерес к компонентам грудного молока, способным оказывать позитивное влияние на организм ребенка, в том числе в отдаленной перспективе, как основе для совершенствования подходов к организации искусственного вскармливания. Расшифровка структуры и функционального потенциала олигосахаридов грудного молока инициировала создание нового поколения смесей для искусственного вскармливания с включением уникальных аналогов – Human milk oligosaccharides (НМО) [23]. В настоящее время в состав смесей для искусственного вскармливания включаются лишь 2 из более чем 200 различных расшифрованных в женском молоке НМО, что открывает перспективы для дальнейшего совершенствования функционального потенциала смесей.

На новом качественном уровне выполняются исследования по поиску механизмов, определяющих процессы роста ребенка как фактора формирования избыточной массы тела и ожирения. С этой целью изучается состав грудного молока женщин, профиль в нем гормонов – регуляторов энергетического гомеостаза (лептина, адипонектина, грелина, инсулиноподобного фактора роста 1) с учетом генотипических особенностей женщин, а также фактора питания в пре- и постнатальный периоды [24–26]. Фенотипические проявления генетических полиморфизмов генов-кандидатов, участвующих в регуляции энергетического гомеостаза, рассматриваются во взаимосвязи с региональными и национальными особенностями [25].

Новый этап исследований в детской нутрициологии, не потерявший актуальности до настоящего времени, связан с изучением роли белкового компонента рациона питания детей раннего возраста в профилактике НИЗ. В конце XX в. укрепились представления о белке, как ключевом факторе «пищевого программирования». В числе возможных механизмов раннего формирования избыточной массы тела и ожирения подтверждено избыточное потребление детьми первого года жизни белка, стимулирующее процессы роста [27–30]. Безусловный интерес представляет изучение влияния белкового компонента питания на продукцию инсулина и инсулиноподобного фактора роста-1, участвующих в регуляции процессов роста, развития и дифференцировки клеток и тканей. Известна способность ряда аминокислот, обладающих инсулиногенными свойствами (валин, лейцин, изолейцин), изменять сигнальный каскад mTORC1, активирующий экспрессию ряда ключевых белков, играющих важную роль в созревании адипоцитов и регуляторных Т-лимфоцитов (Treg-клеток) [14, 31]. Однако эпигенетические механизмы изменения профиля экспрессии генов остаются недостаточно изученными [32, 33]. В работах N. Raihd и соавт. впервые доказана роль не только количества, но и качественного состава белков в адипогенезе [27].

Ряд исследователей придерживается мнения, что стимулирующим влиянием на уровень инсулиноподобного фактора роста-1 обладает только избыточное потребление разветвленных аминокислот, количество которых в смесях для искусственного вскармливания на основе молочного белка выше, чем в грудном молоке [34]. Однако в целом результаты исследований по роли белков различного происхождения в процессах адипогенеза нельзя считать однозначными. Перспективы связывают с изучением возможностей как отдельных аминокислот, так и их сочетаний, а также с исследованием минорных биологически активных (функциональных) веществ, присутствующих в низких концентрациях в грудном молоке, но являющихся важными факторами обеспечения здорового роста и долгосрочного развития ребенка (остеопонтин, гаптокорин и др.) [31–33].

Решение вопроса лежит в плоскости нутриметаболических исследований, которые в настоящее время носят ограниченный характер и не позволяют сделать

конкретные выводы для разработки новых требований к белковому компоненту рациона питания ребенка раннего возраста, в том числе смесей для организации искусственного вскармливания.

Значительные перспективы связывают с изучением процессов формирования пищевого поведения ребенка в различные периоды жизни, начиная с пренатального, для выявления ранних предикторов его нарушений и их своевременной и эффективной коррекции [35].

Представляют интерес и получили развитие вопросы прекоцептуального питания с учетом новых данных, свидетельствующих о его вкладе в обеспечение здорового материнства: эффективное зачатие, благоприятное течение беременности, гармоничный рост и развитие плода до снижения перинатальной заболеваемости и смертности [36, 37]. Появляются все новые и новые научные факты, подтверждающие важность питания в эти критические периоды для обеспечения качества жизни как в молодом, так и в старческом возрасте и ее продолжительности.

Установлены последствия нарушений питания в прекоцептуальном периоде для здоровья женщины и ребенка (см. таблицу).

Представленные результаты недавнего кохрановского исследования по оценке эффективности применения поливитаминовых комплексов, содержащих фолиевую кислоту и железо, на этапах планирования и в I триместре беременности, проведенные на основе анализа 17 рандомизированных контролируемых исследований с участием более 137 тыс. женщин, выявили их значимый вклад в сохранение здоровья: снижение риска рождения ребенка с дефицитом массы тела на 12%, риска дефицита массы тела в период новорожденности – на 10%, а также уменьшение риска мертворождения на 9% [37].

Современным трендом прекоцептуальной подготовки к успешному зачатию и вынашиванию беременности является совместная подготовка и женщины, и мужчины. Прекоцептуальная подготовка мужчин направлена, в частности, на улучшение показателей репродуктивного качества сперматозоидов, на которые положительно влияет адекватная микронутриентная обеспеченность [36].

Развитие нутримикробиотики определило новый вектор развития педиатрической нутрициологии. В настоящее время получен большой объем данных, указывающих на то, что паттерн питания является весьма мощным фактором формирования состава кишечной микрофлоры, в связи с чем разработка мер поддержания и алиментарной коррекции микробиома у детей различных возрастных групп представляет актуальную задачу [38]. Интересен поиск оптимального состава микробиома ребенка, а также уточнение его вклада в процессы роста и развития, профилактики алиментарно-зависимых состояний.

Развитие детского питания, обоснование оптимального рациона не представляется возможным без уточнения потребностей в пищевых веществах и энергии. На повестке дня стоит уточнение потребностей в полинен-

Последствия дефицита отдельных нутриентов в прекоцептуальном периоде для репродуктивного здоровья, течения и исхода беременности  
*Consequences of a deficiency of certain nutrients in the pre-conception period for reproductive health, course and outcome of pregnancy*

Нутриент <i>Nutrient</i>	Последствие дефицита <i>Consequences of deficiency</i>
Витамин С	Тяжелые гестозы, эклампсия
Витамин В <sub>6</sub>	Дефекты нервной трубки плода, гестозы
Витамин Е	Снижение частоты наступления беременности
Фолиевая кислота	Увеличение риска преждевременных родов (на 20–40%), преэклампсии. Увеличение риска пороков развития плода: дефектов нервной трубки (на 70–92%), врожденных пороков сердца (до 26–40%), пороков челюстно-лицевой области и др.
Йод	Нарушение функционального состояния щитовидной железы, фолликулогенеза, снижение фертильности ооцитов
Цинк	Риск пороков развития плода (сращение V и IV пальцев, тремы, аномалии прорезывания зубов и др.); снижение антиоксидантной защиты гамет

сыщенных жирных кислотах, биологически активных веществах (фитостеринах, флавоноидах, полисахаридах и пищевые волокна). Чрезвычайно актуальным является обоснование рекомендаций по оптимальному количеству моно- и дисахаридов в питании детей первого и второго года жизни. С очевидностью можно сказать, что они должны отличаться от рекомендаций для детей старше 2 лет и взрослых, регламентирующих потребление свободных сахаров до уровня, не превышающего 10% от потребляемой энергии [39].

К ключевым в детском питании относятся эпидемиологические исследования. Развитие эпидемиологии питания связано с внедрением новых методических подходов с внедрением цифровых технологий в проведение научных исследований по изучению структуры питания детского населения для первичной и вторичной профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Первичная профилактика базируется на широкомасштабных эпидемиологических исследованиях по изучению состояния питания и здоровья детского населения и идет по пути разработки национальных программ, стратегий по улучшению качества питания детей. Значительный интерес представляет развитие подходов к вторичной профилактике алиментарных нарушений питания среди детского населения путем проведения скрининговых исследований по выделению групп особого риска и последующей разработке целевых программ по профилактике и коррекции нарушений, в том числе с использованием инновационной продукции детского питания.

Современное развитие индустрии детского питания определяет вызовы времени, расширяется спектр стоящих перед ней задач, которые включают не только обеспечение детского населения продукцией гарантированного качества, но и профилактику дефицитных состояний, формирование правильного пищевого поведения ребенка. Реализация этих задач возможна только на основе преемственности в сфере производства детского питания: наука – производство – практика.

В Институте питания традиционно успешно реализовывалось взаимодействие с индустрией детского питания, примерами которого служат широко известные линейки продуктов «Агуша», «Тёма», «Биолакт», «Растиска» и др.

Отдел детского питания активно участвует в разработке медико-биологических обоснований и рецептур к новым видам инновационных продуктов для питания детей, беременных и кормящих женщин с учетом требований к содержанию в ней критически значимых нутриентов (добавленных сахаров, соли), совершенствуются подходы к использованию ингредиентов с функциональными свойствами, созданию обогащенной продукции, базирующихся на эпидемиологических исследованиях. Для сохранения органолептической привлекательности такой продукции для детского населения применяются современные технологии производства, актуализируется сырьевая база [40].

Перспективы связаны с разработкой пищевой продукции с заданными свойствами, не только массовой, но также групповой и персонализированной направленности, учитывающей фактор индивидуального метаболического риска.

Пути оптимизации питания детского населения постоянно совершенствуются, однако ряд проблем сохраняет свое медико-социальное значение. Научным педиатрическим сообществом при активном участии сотрудников ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» разработана Национальная программа по оптимизации обеспеченности витаминами и минеральными веществами детей России, внедряются Программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации и Программа оптимизации питания детей в возрасте от 1 года до 3 лет в Российской Федерации. В то же время широкомасштабные эпидемиологические исследования структуры питания и пищевого статуса детей и подростков, проведенные при участии специалистов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», указывают на сохраняющиеся существенные недостатки в организации питания детей различных возрастных групп, которые относятся к факторам риска развития алиментарно-зависимой патологии, в том числе избыточной массы тела и ожирения. В их числе энергетический дисбаланс, высокое потребление критически значимых нутриентов (насыщенных жиров, соли, добавленных сахаров) при низком потреблении пищевых волокон и микронутриентов [41]. Аналогичные проблемы выявлены и в рационах питания в детских образовательных организациях.

В связи с актуальностью проблемы снижение потребления соли, сахара, жиров нашло отражение в документе «Основы государственной политики в области здорового питания на период до 2020 г.» (утв. распоряжением Правительства РФ от 25.10.2010 №1873-р), вошло в планы и задачи ВОЗ (Европейская стратегия профилактики и борьбы с неинфекционными заболеваниями, 2012–2016 гг., Руководство по потреблению сахаров взрослыми и детьми, ВОЗ, 2015 г.).

Важное значение имеет развитие системы детского общественного питания с привлечением новых научных знаний и новых технологий. Возникает настоятельная необходимость актуализации утвержденных норм потребления детьми пищевых продуктов в соответствии с современными требованиями здорового питания, а также пересмотра действующих стандартов на основные виды пищевой продукции, в том числе поставляемой для питания детей в организованных коллективах, с учетом современных требований к содержанию критических нутриентов.

Таким образом, развитие педиатрической нутрициологии всегда осуществлялось на основе принципа преемственности и всегда на качественно новом уровне. На новом витке сегодня рассматриваются вопросы профилактики алиментарных дефицитов и их коррекции

с использованием возможностей нутригеномики, нутри-метабомики и нутримикробиомики, закладывая базис для персонализированной нутрициологии. Следующим этапом должно стать создание системы персонализированной диагностики и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний, основанной на комплексной оценке характера питания, пищевого статуса, полиморфизма генов, связанных с метаболизмом пищевых веществ, состояния микробиоты и ее функционального потенциала у различных категорий детского населения на основе цифровой платформы.

По определению академика В.А. Тутельяна, высокие темпы развития и перспективы нутрициологии связаны с ее интегративным характером, привлечением ресурса не только медицинских и биологических наук, но и физико-математических, технических, общественных и др. [42]. Только таким путем может быть реализован колоссальный потенциал педиатрической нутрициологии для сохранения здоровья подрастающего поколения и нации в целом, обеспечения устойчивого роста численности населения и повышения ожидаемой продолжительности жизни – важнейших медико-социальных задач общества, закрепленных на государственном уровне (Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г.»).

## Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

*Пырьева Екатерина Анатольевна (Ekaterina A. Pyrieva)* – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией возрастной нутрициологии

E-mail: epyrieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9110-6753>

*Сафронова Адиля Ильгизовна (Adilya I. Safronova)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии

E-mail: sai1509@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6023-8737>

*Гмошинская Мария Владимировна (Mariya V. Gmoshinskaya)* – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии

E-mail: mgmosh@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9932-4720>

*Шилина Наталья Михайловна (Natalya M. Shilina)* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии

E-mail: nshilina567@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2784-2852>

*Георгиева Ольга Валентиновна (Olga V. Georgieva)* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии

E-mail: georgieva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1157-8751>

## Литература

1. Школьное питание: I. Нормы, меню и раскладки школьных завтраков. II. Правила приготовления блюд десятидневного меню / разработано Отд. детского питания Центр. науч.-исслед. ин-та обществ. питания; под ред. О.П. Ногиной; Наркомснаб СССР. Глав. упр. нар. питания «Союзнарпит». Москва: За пищевую индустрию, 1933 (тип. ВЦИК). 52 с.
2. Ладодо К.С., Отт В.Д., Фатеева Е.М. и др. Основы рационального питания детей. Киев: Здоров'я, 1987. 256 с.
3. Коробкина Г.С. Продукты детского питания. Москва: Пищевая промышленность, 1970. 294 с.
4. Гмошинская М.В., Фатеева Е.М., Гмошинский И.В. Некоторые факторы, приводящие к развитию аллергических реак-

- ций пищевого геноза на грудном вскармливании // Вопросы охраны материнства и детства. 1991. Т. 3, № 4. С. 10–15.
5. Конь И.Я., Попович М.В., Фатеева Е.М. Сравнительное изучение эффективности свободного режима грудного вскармливания и по часам // Российский педиатрический журнал. 1999. № 4. С. 19–22.
  6. Гмошинская М.В. Факторы, влияющие на лактацию // Вопросы современной педиатрии. 2013. Т. 12, № 2. С. 139–141.
  7. Шилина Н.М. Механизмы антиоксидантной защиты у детей // Вопросы питания. 2009. Т. 78, № 3. С. 11–18.
  8. Шилина Н.М., Коновалова Л.С., Котеров А.Н., Мурашко Л.Е., Иванова О.Л., Конь И.Я. Динамика уровня малонового диальдегида, трансферрина и антиоксидантной активности сыворотки крови у женщин с нормальной беременностью и беременностью, осложненной токсикозом: влияние эйкозола // Вопросы медицинской химии. 1999. Т. 45, № 5. С. 398–406.
  9. Конь И.Я., Шилина Н.М., Гусева М.Р., Хащенко И.Е., Яшкова А.Е., Коростелева М.М. и др. Исследование влияния рыбьего жира как источника  $\omega$ 3-полиненасыщенных жирных кислот на заболеваемость острыми респираторными инфекциями, антропометрические показатели и зрительную функцию у дошкольников 5–6 лет // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2010. Т. 89, № 1. С. 76–80.
  10. Комарова О.Н., Шилина Н.М., Погомий Н.Н., Окунева Т.С., Мизерницкий Ю.Л., Конь И.Я. Роль лейкотриенов 4 и 5 в патогенезе бронхиальной астмы у детей // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2006. Т. 85, № 5. С. 35–41.
  11. Сафронова А.И., Сорвачева Т.Н., Куркова В.И. и др. Сравнительная оценка влияния различных кисломолочных продуктов на кишечную микрофлору детей раннего возраста: неоднозначность эффектов // Вопросы питания. 2001. № 1. С. 15–20.
  12. Конь И.Я., Сафронова А.И., Воробьева Л.Ш. и др. Оценка влияния кефира и «последующей» молочной смеси на развитие диапедезных кровотечений у детей второго полугодия жизни // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2003. № 3. С. 55–59.
  13. Owen C.G., Martin R.M., Whincup P.H. et al. Does breastfeeding influence risk of type 2 diabetes in later life? A quantitative analysis of published evidence // Am. J. Clin. Nutr. 2006. Vol. 84, N 5. P. 1043–1054. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.5.1043>
  14. Melnik B.C. The potential mechanistic link between allergy and obesity development and infant formula feeding // Allergy Asthma Clin. Immunol. 2014. Vol. 10, N 1. P. 37. DOI: <https://doi.org/10.1186/1710-1492-10-37>
  15. Kon' I., Shilina N., Gmshinskaya M., Ivanushkina T. The study of breast milk IGF-1, leptin, ghrelin and adiponectin levels as possible reasons of high weight gain in breastfed infants // Ann. Nutr. Metab. 2014. Vol. 65, N 4. P. 317–323. URL: <http://www.karger.com/Article/Abstract/367998>
  16. Shilina N., Sorokina E., Dzhumagaziev A., Bezrukova D., Dikareva L., Malysheva I. et al. The Study of the Relationship of Polymorphisms of Genes Associated with Nutrition-Related Diseases with the Level of Hormones in Breast Milk of Women in Astrakhan // Abstract book of 4th International Conference on Nutrition and Growth (N&G). Amsterdam, Netherlands, March 2–4, 2017. No. 378. URL: <http://2017.nutrition-growth.kenes.com/abstract-submission/2016-abstract-book#.WMJpojN7XM>
  17. Баранов В.С. Генетический паспорт – основа индивидуальной и предиктивной медицины. Санкт-Петербург: Н-Л, 2009. 528 с.
  18. Тутельян В.А., Конь И.Я. Детское питание : руководство для врачей. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : МИА, 2017. 784 с.
  19. Vos T., Barber R.M., Bell B. et al. Global burden of disease study 2013 collaborators: global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // Lancet. 2015. Vol. 386, N 9995. P. 743–800. DOI: [10.1016/S0140-6736\(15\)60692-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60692-4)
  20. Horta B.L., Loret de Mola C., Victora C.G. Long-term consequences of breastfeeding on cholesterol, obesity, systolic blood pressure and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis // Acta Paediatr. 2015. Vol. 104, N 467. P. 30–37. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13133>
  21. Peres K.G., Cascaes A.M., Nascimento G.G. et al. Effect of breastfeeding on malocclusions: a systematic review and meta-analysis // Acta Paediatr. 2015. Vol. 104, N 467. P. 54–61. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13103>
  22. Лукоянова О.Л., Боровик Т.Э., Потехина Т.В., Лазарева А.В., Крыжановская О.А., Яцык Г.В. и др. Оценка микробиологической безопасности сцеженного материнского и донорского грудного молока // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2019. Т. 98, № 5. С. 102–109. DOI: <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2019-98-5-102-109>
  23. Захарова И.Н. Дмитриева Ю.А. Ягодкин М.В. Олигосахариды грудного молока: еще один шаг на пути приближения детских молочных смесей к «золотому стандарту» вскармливания ребенка // Медицинский совет. 2018. № 5. С. 30–37.
  24. Afshin A., Forouzanfar M.H., Reitsma M.B., Sur P., Estep K., Lee A. et al. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years // N. Engl. J. Med. 2017. Vol. 377, N 1. P. 13–27. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>
  25. Abarca-Gómez L., Abdeen Z.A., Hamid Z.A., Abu-Rmeileh N.M., Acosta-Cazares B., Acuin C. et al. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 1289 million children, adolescents, and adults // Lancet. 2017. Vol. 390, N 10 113. P. 2627–2642. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
  26. Ghosh S., Bouchard C. Convergence between biological, behavioural and genetic determinants of obesity // Nat. Rev. Genet. 2017. Vol. 18, N 12. P. 731–748. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.72>
  27. Raihd N., Fazzolari Nesci A., Cajozzo C. et al. Protein Quantity and Quality in Infant Formula: Closer to the Reference // III NNW Ser. 2000. Vol. 7. P. 111–121.
  28. Hornell A., Lagstrom H., Lande B., Thorsdottir I. Protein intake from 0–18 years of age and its relation to health: a systematic literature review for the 5th Nordic nutrition recommendations // Food Nutr. Res. 2013. Vol. 57. P. 21 083–22 000.
  29. Koletzko B., von Kries R., Closa R. et al. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: a randomized clinical trial // AJCN. 2009. Vol. 89. P. 1836–1845. DOI: <https://doi.org/10.1159/000365873>
  30. Rolland-Cachera M.F., Peneau S. Growth trajectories associated with adult adiposity // World Rev. Nutr. Diet. 2013. Vol. 106. P. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.1159/000342564>
  31. Koletzko B., Chourdakis M., Grote V. et al. Regulation of early human growth: impact of long-term health // Ann. Nutr. Metab. 2014. Vol. 65, N 2–3. P. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.1159/000365873>
  32. Brands B., Demmelmaier H., Koletzko B. et al. How growth due to infant nutrition influences obesity and later disease risk // Acta Paediatr. 2014. Vol. 103, N 6. P. 578–585. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.12593>
  33. Verduci E., Banderali G., Barberi S. et al. Epigenetic effects of human breast milk // Nutrients. 2014. Vol. 6, N 4. P. 1711–1724. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu6041711>
  34. Chowdhury R., Sinha B., Sankar M.J. et al. Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis // Acta Paediatr. 2015. Vol. 104, N 467. P. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13102>
  35. Пырьева Е.А., Сафронова А.И., Гмошинская М.В. Особенности формирования пищевого поведения у детей в РФ на первом году жизни по данным ретроспективного исследования // Фарматека. 2019. Т. 26, № 1. С. 8–15. DOI: <https://doi.org/10.18565/pharmateca.2019.1.8-15>
  36. Громова О.А., Торшин И.Ю., Лиманова О.А. Прегавигарная подготовка пары. Роль синергизма микронутриентов // Трудный пациент. 2015. Т. 13, № 8–9. С. 29–37.

37. Haider V.A., Bhutta Z.A. Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015. Vol. 11. CD00490. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004905.pub5>
38. Печуров Д.В., Турти Т.В., Беляева И.А., Тяжева А.А. Микробиота кишечника у детей: от профилактики нарушений становления к предупреждению инфекционных заболеваний // *Педиатрическая фармакология.* 2016. Т. 13, № 4. С. 377–381. DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v13i4.1611>
39. Mis N.F., Braegger C., Bronsky J., Campoy C., Domellöf M., Embleton N.D. et al. Sugar in infants, children and adolescents: a position paper of the ESPGHAN Committee on Nutrition. 2017. 54 p. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001733>
40. Инновации в детском питании: ежегодное издание с каталогом. Вып. 1 / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка, И.Я. Коны, Е.А. Пырковой. Москва: Медицинское информационное агентство, 2019. 244 с.
41. Мартинчик А.Н., Батурич А.К., Кешабянц Э.Э., Фатьянова Л.Н., Семенова Я.А., Базарова Л.Б. и др. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет // *Вопросы питания.* 2017. Т. 86, № 4. С. 50–60.
42. Тутельян В.А. Эволюция и революции на пути формирования современной нутрициологии. Интегративная и цифровая нутрициология как ближайшее будущее // *Вопросы питания.* 2018. Т. 87, № 5. С. 21–22.

## References

1. School meals: I. Standards, menus and layouts of school breakfasts. II. Rules for cooking a ten-day menu. In: *Developed Sep. Baby Food Center. scientific research Institute of Societies Nutrition*; ed. O.P. Nogina; People's Commissariat of the USSR. Chap. control Nar food «Soyuznarpit». Moscow: Za pishchevuyu industriyu, 1933: 52 p. (in Russian)
2. Ladodo K.S., Ott V.D., Fateeva E.M., et al. The foundation of the efficient feeding of children. Kiev: Zdorov'ya, 1987: 256 p. (in Russian)
3. Korobkina G.S. Baby food. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1970: 294 p. (in Russian)
4. Gmshinskaya M.V., Fateeva E.M., Gmshinskiy I.V. Some factors leading to the development of allergic reactions of food genesis on breastfeeding. *Voprosy okhrany materinstva i detstva [Problems of Protection of Motherhood and Childhood]*. 1991; 3 (4): 10–5. (in Russian)
5. Kon' I.Ya., Popovich M.V., Fateeva E.M. Comparative study of the effectiveness of a free regimen of breastfeeding and hourly feeding. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal [Russian Journal of Pediatrics]*. 1999; (4): 19–2. (in Russian)
6. Gmshinskaya M.V. Factors influencing on lactation. *Voprosy sovremennoy pediatrii [Problems of Modern Pediatrics]*. 2013; 12 (2): 139–41. DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v12i2.633> (in Russian)
7. Shilina N.M. Mechanisms of the antioxidative defence in children. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2009; 78 (3): 11–7. (in Russian)
8. Shilina N.M., Konvalova L.S., Koterov A.N., Murashko L.E., Ivanova O.L., Kon' I.Ya. Dynamics of malonic dialdehyde, transferrin and serum blood antioxidant activity in pregnant women with normal pregnancy and preeclampsia: influence of eiconol. *Voprosy meditsinskoj khimii [Problems of Medical Chemistry]*. 1999; 45 (5): 398–406. (in Russian)
9. Kon' I.Ya., Shilina N.M., Guseva M.R., Khatsenko I.E., Yashkova A.E., Korosteleva M.M., et al. Study of the effect of fish oil as a source of ω3-polyunsaturated fatty acids on the incidence of acute respiratory infections, anthropometric indicators and visual function in preschoolers of 5–6 years old. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Pediatrics. Journal named after G.N. Speranskiy]*. 2010; 89 (1): 76–80. (in Russian)
10. Komarova O.N., Shilina N.M., Pogomiy N.N., Okuneva T.S., Mizernitskiy Yu.L., Kon' I.Ya. The role of leukotrienes 4 and 5 in the pathogenesis of bronchial asthma in children. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Pediatrics. Journal named after G.N. Speranskiy]*. 2006; 85 (5): 35–41. (in Russian)
11. Saffronova A.I., Sorvacheva T.N., Kurkova V.I., Toboleva M.A., Kuznetsova G.G., Efimov B.A., et al. Comparative evaluation of the effect of different dairy products on intestinal microflora in infants: ambiguity of effects. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2001; (1): 15–20. (in Russian)
12. Kon' I.Ya., Saffronova A.I., Vorob'eva L.Sh. Evaluation of the kefir and «follow-up» formula effect on intestinal blood loss in late infancy. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Pediatrics. Journal named after G.N. Speranskiy]*. 2003; (3): 55–9. (in Russian)
13. Owen C.G., Martin R.M., Whincup P.H., et al. Does breastfeeding influence risk of type 2 diabetes in later life? A quantitative analysis of published evidence. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84 (5): 1043–54. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.5.1043>
14. Melnik B.C. The potential mechanistic link between allergy and obesity development and infant formula feeding. *Allergy Asthma Clin Immunol.* 2014; 10 (1): 37. DOI: <https://doi.org/10.1186/1710-1492-10-37>
15. Kon' I., Shilina N., Gmshinskaya M., Ivanushkina T. The study of breast milk IGF-1, leptin, ghrelin and adiponectin levels as possible reasons of high weight gain in breastfed infants. *Ann Nutr Metab.* 2014; 65 (4): 317–23. URL: <http://www.karger.com/Article/Abstract/367998>
16. Shilina N., Sorokina E., Dzhumagaziev A., Bezrukova D., Dikareva L., Malysheva I., et al. The Study of the Relationship of Polymorphisms of Genes Associated with Nutrition-Related Diseases with the Level of Hormones in Breast Milk of Women in Astrakhan». In: *Abstract book of 4th International Conference on Nutrition and Growth (N&G)*. Amsterdam, Netherlands, March 2–4, 2017. No. 378. URL: <http://2017.nutrition-growth.kenes.com/abstract-submission/2016-abstract-book#WMJpojjN7XM>
17. Baranov V.S. Genetic passport is the basis of individual and predictive medicine. Saint-Petersburg: N-L, 2009: 528 p. (in Russian)
18. Tutelyan V.A., Kon' I.Ya. (eds). *Baby food: A guide for doctors*. Moscow MIA, 2017: 784 p. (in Russian).
19. Vos T., Barber R.M., Bell B., et al. Global burden of disease study 2013 collaborators: global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2015; 386 (9995): 743–800. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60692-4
20. Horta B.L., Loret de Mola C., Victora C.G. Long-term consequences of breastfeeding on cholesterol, obesity, systolic blood pressure and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104 (467): 30–7. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13133>
21. Peres K.G., Cascaes A.M., Nascimento G.G. et al. Effect of breastfeeding on malocclusions: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104 (467): 54–61. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13103>
22. Lukoyanova O.L., Borovik T.E., Potetchina T.V., Lazareva A.V., Kryzhanovskaya O.A., Yatsyk G.V., et al. Assessment of microbiological safety of expressed mother and donor breast milk. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo.* 2019; 98 (5): 102–19. DOI: <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2019-98-5-102-109> (in Russian)
23. Zakharova I.N., Dmitrieva Yu.A., Yagodkin M.V. Breast milk oligosaccharides: one more step on the path to making infant formulas more like a «gold standard» for infant feeding. *Meditsinskiy sovet [Medical Council]*. 2018; (5): 30–37. (in Russian)
24. Afshin A., Forouzanfar M.H., Reitsma M.B., Sur P., Estep K., Lee A., et al. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *N Engl J Med.* 2017; 377 (1): 13–27. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>

25. Abarca-Gómez L., Abdeen Z.A., Hamid Z.A., Abu-Rmeileh N.M., Acosta-Cazares B., Acuin C., et al. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 1289 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017; 390 (10 113): 2627–42. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
26. Ghosh S., Bouchard C. Convergence between biological, behavioural and genetic determinants of obesity. *Nat Rev Genet*. 2017; 18 (12): 731–48. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.72>
27. Raihd N., Fazzolari Nesci A., Cajozzo C., et al. Protein Quantity and Quality in Infant Formula: Closer to the Reference. *Ill NNW Ser*. 2000; 7: 111–21.
28. Hornell A., Lagstrom H., Lande B., Thorsdottir I. Protein intake from 0–18 years of age and its relation to health: a systematic literature review for the 5th Nordic nutrition recommendations. *Food Nutr Res*. 2013; 57: 21 083–2 000.
29. Koletzko B., von Kries R., Closa R., et al. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: a randomized clinical trial. *AJCN*. 2009; 89: 1836–45. DOI: <https://doi.org/10.1159/000365873>
30. Rolland-Cachera M.F., Peneau S. Growth trajectories associated with adult adiposity. *World Rev Nutr Diet*. 2013; 106: 127–34. DOI: <https://doi.org/10.1159/000342564>
31. Koletzko B., Chourdakis M., Grote V., et al. Regulation of early human growth: impact of long-term health. *Ann Nutr Metab*. 2014; 65 (2–3): 101–9. DOI: <https://doi.org/10.1159/000365873>
32. Brands B., Demmelmair H., Koletzko B., et al. How growth due to infant nutrition influences obesity and later disease risk. *Acta Paediatr*. 2014; 103 (6): 578–85. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.12593>
33. Verduci E., Banderali G., Barberi S., et al. Epigenetic effects of human breast milk. *Nutrients*. 2014; 6 (4): 1711–24. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu6041711>
34. Chowdhury R., Sinha B., Sankar M.J., et al. Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr*. 2015; 104 (467): 96–113. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.13102>
35. Pyr'eva E.A., Safronova A.I., Gmshinskaya M.V. Features of the formation of food behavior in infants in the Russian federation according to a retrospective study. *Farmateca [Pharmateca]*. 2019; 26 (1): 8–15. DOI: <https://doi.org/10.18565/pharmateca.2019.1.8-15> (in Russian)
36. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Limanowa O.A. Preconception preparation pair. the role of the synergy of micronutrients. *Trudniy patsient [Difficult Patient]*. 2015; 13 (8–9): 29–37. (in Russian)
37. Haider B.A., Bhutta Z.A. Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 11: CD00490. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004905.pub5>
38. Pechkurov D.V., Turti T.V., Belyaeva I.A., Tyazheva A.A. Intestinal microflora in children: from formation disturbances prophylaxis to preventing non-infectious diseases. *Pediatricheskaya farmakologiya [Pediatric Pharmacology]*. 2016; 13 (4): 377–81. DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v13i4.1611> (in Russian)
39. Mis N.F., Braegger C., Bronsky J., Campoy C., Domellöf M., Embleton N.D., et al. Sugar in infants, children and adolescents: a position paper of the ESPGHAN Committee on Nutrition. 2017: 54 p. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001733>
40. Innovations in child nutrition: annual publication with catalog. Issue 1. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk, I.Ya. Kon', E.A. Pyr'eva. Moscow: MIA, 2019: 244 p. (in Russian)
41. Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyants E.E., Fat'yanova L.N., Semenova Ya.A., Bazarova L.B., et al. Dietary intake analysis of Russian children 3–19 years old. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (4): 50–60. (in Russian)
42. Tutelyan V.A. Evolution and revolutions towards the formation of modern nutritional science. Integrative and digital nutritionology as the near future. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (5): 21–2. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Никитюк Дмитрий Борисович (Dimitry B. Nikityuk) – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-46  
 E-mail: nikitjuk@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>

Никитюк Д.Б.

## Антропонурициология: развитие идей основоположников нового научного направления

Anthroponutriciology: the development of the ideas of the founders of a new scientific direction

Nikityuk D.B.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Основоположниками антропонурициологии, возникшей на стыке антропологической анатомии и нутрициологии, представляющей новый виток в интеграции этих двух наук, были крупнейшие анатомы и антропологи Д.А. Жданов и Б.А. Никитюк, а также ведущий нутрициолог страны А.А. Покровский. Обе науки, обогащая друг друга фактологией, имеющейся методологией и сложившимися традициями, реализуя современные инновационные подходы, обеспечивают приближение физического и пищевого статуса индивидуумов к эталону «золотому стандарту». К прикладным задачам антропонурициологии относится выявление конституциональной обусловленности морфофизиологических признаков и определение антрополого-клинических ассоциаций. Решение вопросов антропонурициологии является важнейшей государственной задачей, находится в сфере кураторства ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», реализующего это новое научное направление с привлечением других заинтересованных организаций.*

**Ключевые слова:** антропонурициология, антропометрия, нутрициология, стандарты физического развития, соматотипы, инновационные технологии, персонализированная медицина, здоровье-сбережение

*The most outstanding Russian anatomists and anthropologists D.A. Zhdanov and B.A. Nikityuk and the leading nutritionist A.A. Pokrovsky were the founders of the*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по НИР.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Никитюк Д.Б. Антропонурициология: развитие идей основоположников нового научного направления // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 82–88. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10044

Статья поступила в редакцию 26.06.2020. Принята в печать 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**For citation:** Nikityuk D.B. Anthroponutriciology: the development of the ideas of the founders of a new scientific direction. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 82–88. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10044 (in Russian)

Received 26.06.2020. Accepted 29.07.2020.

*Anthroponutritiology, which arose at the junction of Anthropological Anatomy and Nutrition Science and represented a new stage in the integration of these two sciences. Both Sciences, enriching each other with facts, existing methodology and established traditions, implementing modern innovative approaches, bring the physical and nutritional status of individuals closer to the standard (the "gold standard"). One of the applied tasks of Anthroponutritiology is the identification of the constitutional dependence of morpho-physiological characters and determination of anthropological and clinical associations. Solving problems of Anthroponutritiology is a primary public concern, the most crucial state task. This issue is under the mandate of Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology and biotechnology, which implements this new branch of Science.*

**Keywords:** *anthroponutritiology, anthropometry, nutrition science, physical standards, somatotypes, innovative technologies, personalized medicine, health protection*

**А**нтропонутрициология – это новая самостоятельная ветвь интеграционной медицины. Она объединяет направления, связанные с влиянием пищевого статуса и обеспеченности организма всеми необходимыми нутриентами на процесс анатомического формообразования, и определяет влияние генетически обусловленных конституционных особенностей на индивидуальные потребности организма в энергии и пищевых веществах, а также пищевое поведение.

Как новое научное направление антропонутрициология использует методы медицинской антропологии и нутрициологии. Антропологическая составляющая ответственна за формирование ранжированных стандартов физического развития, пищевого статуса, направлена на создание «эталонного человека» («золотого стандарта»). Нутрициологическая часть, используя методы современной науки о питании, с учетом ее роли как важнейшего формообразовательного фактора, определяющего наряду с генетическим потенциалом внешний облик индивидуума, обеспечивает соответствие физического статуса индивидуума этому эталону.

Антропологические подходы базируются на классических методах комплексной антропометрии с учетом существенного числа характеристик физического и пищевого статусов (детекция площади поверхности тела, различных размеров и индексов, характеризующих телосложение), данных биоимпедансометрии (оценка компонентного состава тела) с представлением фактических материалов об абсолютной и процентной выраженности мышечного и жирового сегментов, водного сектора. Антропонутрициология базируется на получении информации о персональных характеристиках организма (нутриом, метаболом и др.), особенностях физического развития каждого индивидуума. Для определения последнего широко используется метод конституциональной диагностики (определение конституциональных антропометрических характеристик), выявления принадлежности обследуемого к конкретному соматотипу. Этот метод эффективен, легко реализуем, позволяет, с одной стороны, сравнить физический и пищевой статусы обследуемого с нормативами, широко различающимися в рамках различных конституциональных групп и соматотипов. С другой стороны,

в соматотипологическом подходе заинтересованы практическое здравоохранение, профилактическая и клиническая медицина, поскольку связь конституционального типа и определенных нозологических форм многократно доказана, в связи с этим целесообразность его внедрения в клиническую практику не вызывает сомнений.

Важное значение имело внедрение универсального алгоритма использования нормограмм для определения массы по длине тела и окружности грудной клетки у взрослых людей с использованием конституционального подхода Д.А. Жданова и др. [1]. Особенности физического и пищевого статусов разных групп населения с учетом многочисленных факторов изменчивости посвящены многочисленные оригинальные исследования, сводки и монографии Б.А. Никитюка [2–6]. А.А. Покровский был основоположником дифференцировочного подхода к питанию, являющегося основой индивидуализации питания, что достигалось путем интеграции в рацион разных групп различных специализированных пищевых продуктов [7–9].

Метод конституциональной диагностики актуален для клиники, поскольку позволяет определить на основе комплексного антропометрического анализа предрасположенность к формированию и развитию той или иной нозологической формы [10–22]. Значимость соматотипологического (антропометрического) подхода подчеркивается и широким использованием термина «конституциология», обозначающего комплекс наук, использующих в качестве инструмента обозначенный методический подход [23]. В рамках мужской и женской популяции принято различать конкретные соматические типы (соматотипы), совокупность которых является интегральным показателем физического развития определенной группы населения. Для определения физического статуса индивидуума используют разные схемы конституциональной диагностики, среди которых для мужчин оптимальной, по-видимому, является методика В.В. Бунака [24], согласно которой принято различать грудной, мускульный, брюшной и неопределенный соматотипы. Габитус представителей каждого соматотипа соответствует в целом его наименованию. Соматотип диагностируется на определении совокупности количественных (цифровых) и

качественных критериев. По современным представлениям, целесообразно выделять промежуточные соматотипы (грудно-мускульный, мускульно-грудной и др.) [25]. Преобладающий компонент при этом выставляется на первую позицию. Специфические признаки каждого соматотипа представлены В.В. Бунаком и далее транслированы во многих сводках, в учебниках по антропологии и оригинальных публикациях. Разные возрастно-половые, этнические группы характеризуются различным количественным представителем разных соматотипов. Так, среди мужчин 17–35 лет без признаков соматических заболеваний представители грудного соматотипа составляют 30,4%, брюшного – 19,0%, мускульного – 28,9% и неопределенного – 21,7% [26].

Наиболее приемлемой для соматотипирования женщин признана схема И.Б. Галанта [27]. По данной схеме различают 3 конституциональные группы, в рамках которых принято выделять 7 соматотипов. Соматотипирование проводится также по комплексу количественных признаков с привлечением и качественных критериев. Лептосомная группа включает женщин астенического и стенопластического соматотипов, мезосомная группа – мезопластического и пикнического, а мегалосомная – атлетического, субатлетического и эурипластического типов. Габитус представительниц каждого соматотипа детально описан в литературе [10, 13–15, 27–29]. Распределение женщин по соматотипам в разных популяциях вариабельно. К примеру, среди женщин славянского этноса в возрасте 35–55 лет чаще определяются представительницы мезосомной группы (31,2–33,1%) и мегалосомной конституции (29,7–38,1%). Лептосомная (15,1–24,5%) и неопределенная (12,3–15,6%) конституции выявляются реже. В структуре лептосомной группы превалирует стенопластический (64,5–84,0%) соматотип, реже определяется астенический тип (19,1–35,5%). В мезосомной группе максимально представительство мезопластического типа (63,3–65,9%). Среди мегалосомных конституций преобладает эурипластический тип (73,6–75,5%) [13–16, 28, 29].

Физический статус определяют так же, выделяя долихо-, мезо- и брахиморфные типы телосложения, оценивая с этой целью ширину плечевого пояса, отнесенную к росту человека. В клинической практике принято выделять астеническое, нормостеническое и гиперстеническое телосложение с использованием так называемого индекса Пинье [ $I = L - (P + T)$ , где  $I$  – индекс Пинье;  $P$  – масса тела, кг;  $L$  – длина тела, см;  $T$  – обхват груди, см]. Значение индекса  $>30$  соответствует астеническому,  $<10$  – гиперстеническому и в пределах 10–30 – нормостеническому телосложению. Достаточно часто в клинко-антропометрических исследованиях, особенно в детской популяции, в зависимости от габаритных размеров тела, массы, других размерных показателей выделяют микро-, мезо- и макросомные типы телосложения [13–15, 30].

Важнейшей задачей отечественной антропологии является разработка стандартов физического развития детского и взрослого населения России

с учетом гендерно-возрастного и территориального (регионального) факторов. Решением этих вопросов занимается ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» с привлечением ряда заинтересованных организаций [31–34].

Неоднократно показано наличие конституционально-физиологических связей в виде соматотипологической обусловленности нормы реакции в ответ на различные экзогенные факторы [35]. Выявлена зависимость между телосложением и особенностями реактивности, метаболизмом, индивидуально-психологическими характеристиками и др. [36–38]. В частности, имеются доказательства ускоренности процессов роста и старения при брахиморфном и замедленности при долихоморфном соматотипах [29–31, 39]. Доказано, что увеличение длины тела у мужчин неопределенного и грудного типов заканчивается преимущественно к 21 году, а брюшного и мускульного – несколько раньше, к 17–19 годам [16, 39–43]. Выявлены значимые корреляционные связи между особенностями физического статуса и элементами структуры темперамента. В частности, дисгармоничные типы фактически отсутствуют у лиц брюшного и неопределенного соматотипов, но составляют 45% среди представителей грудного и 30% – среди представителей мускульного типа. Напротив, высокогармоничный психосоматический тип отмечается лишь у 7% представителей грудного, 12% – мускульного, но у 55% – неопределенного и 58% – брюшного соматотипов [44].

Двигательная активность также связана с соматотипологической принадлежностью. Долихоморфный тип телосложения соответствует увеличению числа юношей с низким двигательным режимом (36,5%), при высоком двигательном режиме максимален процент индивидуумов мезоморфного (39,1%) и брахиморфного (24,4%) телосложения. Вместе с тем высокая двигательная активность, по-видимому, может создавать условия для гармоничного физического развития, стимулирует «крепкое» телосложение, активизирует выраженность костно-мышечного компонента сомы, увеличивает показатели физической подготовленности и работоспособности [45, 46]. Функции сенсорных систем также во многом связаны с телосложением, что, в частности, касается деятельности вестибулярного анализатора. Так, наиболее устойчивы к укачиванию лица мышечного типа конституции, наименее – дигестивного [47].

Показано, что в детском возрасте (до 3 лет) риск развития дисфункций тесно связан с соматотипом. В частности, наиболее выраженные неблагоприятные структурно-функциональные сдвиги определяются при микро- и макросомном типах по сравнению с мезосомным соматотипом. Это касается отставания в общей моторике (в 1,5–1,6 раза), развитии речи (в 1,2–1,6 раза), социальной адаптации (в 1,7–2,3 раза). При оценке биомеханических нарушений у детей при макросомном соматотипе выявляется высокая частота встречаемости (93–100%) смещения второго-третьего-четвертого шейных позвонков: в 1,6–1,8 раза чаще в сравнении с мезосомным и в 1,8–3,0 раза – с микро-сомным соматотипами [48].

Доказаны многие спланхно-конституциональные взаимосвязи, что проявляется в соматотипологической обусловленности морфологии и топографии ряда внутренних органов. Аксиоматичными являются данные, в частности, о конституциональных особенностях топографии сердца в зависимости от соматотипа и формы грудной клетки (при узкой грудной клетке и долихоморфном соматотипе оно расположено вертикально, при широкой грудной клетке и брахиморфном типе – косопоперечно), желудка (при брахиморфном типе он расположен поперечно и высоко в форме рога, при долихоморфном типе – низко и в форме крючка) и некоторых других внутренних органов, что отражено в учебниках по анатомии человека. Форма желчного пузыря у астеников преимущественно цилиндрическая (74,3%), у гиперстеников – грушевидная (78,4%) [13–15, 49]. Выявлены конституциональные особенности внутрипеченочных сосудов воротной вены; их диаметр и длина максимальны при мускульном соматотипе и минимальны при брюшном (дигестивном типе) [50]. Органы дыхания, мочеполового аппарата, ряд эндокринных желез также имеют выраженные конституциональные особенности, что проявляется в различиях структуры и функции у представителей разных соматотипов [51].

Неоднократно определялись конституциональные ассоциации ряда соматических заболеваний. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», в частности, при антропометрическом обследовании больных зрелого и пожилого возраста были выявлены конституциональные маркеры, указывающие на высокую и, напротив, низкую предрасположенность к алиментарному ожирению разной степени (на фоне сердечно-сосудистой патологии) и анорексии [13–16, 52].

Показано, что у женщин ожирение I степени наиболее типично для мезосомной конституции (пикнический тип), ожирение II–III степени – для мегалосомной конституции (эурипластический тип); у мужчин – для представителей

брюшного типа. По нашим данным, у женщин факторами благополучия, указывающими на незначительный риск формирования ожирения, являются астенический, стенопластический, пикнический и субатлетический соматотипы, а у мужчин – мускульный соматотип. Эффективность диетотерапии при ожирении также связана с типом телосложения. У мужчин зрелого и пожилого возраста, по нашим наблюдениям, она максимальна для представителей брюшно-мускульного соматотипа и минимальна при брюшном соматотипе. Для женщин результативность диетотерапии при пикническом соматотипе существенно выше, а при эурипластическом – значительно ниже [13–16, 52].

Частота анорексии (обследованы 50 пациенток в возрасте 24,1±1,5 года), по нашим данным, связана с конституцией [10, 21]. Среди обследованных преобладает астенический (60,0%) соматотип и выявляется нормостенический (40,0%) тип. Пациенток брахиморфного типа с анорексией мы не выявили, они к группе риска не относятся [13–16, 52].

Приведенные данные указывают на целесообразность учета конституциональных особенностей индивидуума при разработке мер профилактики и лечения ряда заболеваний, в первую очередь алиментарно-зависимых. Этими вопросами должна заниматься прикладная антропонутрициология. В настоящее время различные аспекты антропонутрициологии успешно разрабатываются в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», где они рассматриваются в качестве приоритетных. Эти исследования имеют существенное медико-социальное значение, способствуя оптимизации качества жизни, активному долголетию, реализации в конечном итоге национальных проектов «Демография» и «Здравоохранение». Данные разработки в полной мере соответствуют и основным направлениям научно-технологического развития РФ, они и в дальнейшем будут продолжены в силу своей актуальности и фундаментальности.

## Литература

1. Жданов Д.А., Покровский А.А., Никитюк Б.А., Зилле Л.Н. Нормограммы для определения веса тела по длине тела и окружности грудной клетки, основанные на измерениях современного взрослого населения г. Москвы // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1965. Т. 56, № 10. С. 33–42.
2. Никитюк Б.А. Конституция человека. Москва : ВИНТИ, 1991. 152 с.
3. Никитюк Б.А. Разграничение общей, биомедицинской и клинической антропологии // Российские морфологические ведомости. 1995. № 3. С. 129–135.
4. Никитюк Б.А. Интегративная антропология (спортивно-морфологический и валеологический аспекты). Винница; Москва : ВГМУ, 1997. 203 с.
5. Никитюк Б.А., Мороз В.М., Никитюк Д.Б. Теория и практика интегративной антропологии. Очерки. Киев; Винница: Здоров'я, 1998. 303 с.
6. Никитюк Б.А. Интеграция знаний в науках о человеке (Современная интегративная антропология). Москва : СпортАкадемпредс, 2000. 440 с.
7. Покровский А.А. Физиолого-биохимические основы разработки продуктов детского питания. Москва : Медицина, 1972. 191 с.
8. Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. Москва : Медицина, 1979. 181 с.
9. Покровский А.А. Беседы о питании. Москва : Экономика, 1986. 368 с.
10. Тутельян В.А., Гаппаров М.М., Батулин А.К. и др. Использование метода комплексной антропометрии в клинической практике для оценки физического развития и пищевого статуса здорового и больного человека. Москва : Арес, 2008. 47 с.
11. Ипатова О.М., Медведева Н.В., Арчаков А.И., Григорьев А.И. Трансляционная медицина – путь от фундаментальной биомедицинской науки в здравоохранение // Вестник РАМН. 2012. № 6. С. 57–65.
12. Стародубов В.И., Кузнецов С.Л., Куракова Н.Г. Исследовательские компетенции мирового уровня в области клинической медицины в Российской Академии медицинских наук // Вестник РАМН. 2012. № 6. С. 27–35.

13. Никитюк Д.Б. Антропонуриология как новое научное направление // Журнал анатомии и гистопатологии. 2018. Т. 7, № 4. С. 9–19.
14. Никитюк Д.Б. Антропонуриология в решении проблем здоровьесбережения и профилактики алиментарнозависимых заболеваний // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № S5. С. 68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10154>
15. Никитюк Д.Б., Поздняков А.Л. Применение антропометрического подхода в практической медицине: некоторые клинико-антропологические параллели // Вопросы питания. 2007. Т. 76, № 4. С. 26–30.
16. Петухов А.Б., Никитюк Д.Б., Сергеев В.Н. Медицинская антропология: анализ и перспективы развития в клинической практике. Москва : Медпрактика, 2015. 511 с.
17. Никитюк Б.А., Хапалюк А.В. Проблема конституциональных диссоциаций в интегративной антропологии // Российские морфологические ведомости. 1997. № 1 (6). С. 176–183.
18. Никитюк Д.Б. Новый этап антропологических исследований // Российские морфологические ведомости. 1997. № 2–3. С. 31–33.
19. Тутельян В.А. Наука о питании: прошлое, настоящее, будущее // Вопросы питания. 2005. № 6. С. 3–10.
20. Никитюк Б.А. Интеграция знаний в науках о человеке (Современная интегративная антропология). Москва : СпортАкадемПресс, 2010. 440 с.
21. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Ключкова С.В., Алексеева Н.Т., Погонченкова И.В., Рассулова М.А. и др. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике для оценки физического развития и пищевого статуса человека. Москва : Спорт, 2018. 63 с.
22. Букавнева Н.С. Оценка антропометрического статуса больных нервной анорексией с дефицитом массы // Вопросы питания. 2010. № 3. С. 42–45.
23. Мороз В.М., Никитюк Б.А., Никитюк Д.Б. Теория и практика интегративной антропологии. Киев; Винница, Здоров'я, 1998. 303 с.
24. Бунак В.В. Антропометрия. Москва : Учпедгиз, 1941. 368 с.
25. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. Москва : Наука, 2006. 247 с.
26. Владимирова Я.Б. Конституциональные особенности сердца мужчин в норме и при гипертрофии левого желудочка : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Красноярск, 2001. 18 с.
27. Галант И.Б. Новая схема конституциональных типов женщин // Казанский медицинский журнал. 1927. № 7. С. 23–34.
28. Старчик Д.А., Никитюк Д.Б. Конституциональные особенности содержания жировой ткани у женщин зрелого возраста (по данным биоимпедансометрии) // Морфологические ведомости. 2015. № 3. С. 35–40.
29. Старчик Д.А., Никитюк Д.Б. Особенности индекса массы тела у женщин разных соматотипов // Морфологические ведомости. 2015. № 4. С. 21–24.
30. Клиорин А.И., Чтецов В.П. Биологические проблемы учения о конституции человека. Москва : Наука, 1979. 349 с.
31. Меркулова Н.А., Бутаев Т.М., Мингазова Э.Н., Никитюк Д.Б., Гилолаева Л.В. Стандарты физического развития детей школьного возраста (7–17 лет) г. Владикавказ. Москва : Изд-во НИИ Общественного здоровья им Н.А. Семашко, 2017. 40 с.
32. Мингазова Э.Н., Никитюк Д.Б., Гомзина Е.В., Белякова Е.В., Садыкова Р.Н. Стандарты физического развития детей школьного возраста (7–17 лет) г. Казани. Москва; Казань : Изд-во НИИ Общественного здоровья им Н.А. Семашко; Изд-во Академии наук РТ, 2017. 40 с.
33. Мингазова Э.Н., Никитюк Д.Б., Сабурская Т.В., Нагаев М.С., Садыкова Р.Н. Стандарты физического развития детей школьного возраста (7–17 лет) сельских районов Республики Татарстан. Москва; Казань : Изд-во НИИ Общественного здоровья им Н.А. Семашко; Изд-во Академии наук РТ, 2017. 40 с.
34. Букавнева Н.С., Никитюк Д.Б. Использование метода комплексной антропометрии для оценки физического развития и пищевого статуса здорового и больного человека // Научно-практическое пособие «Лечебное питание: современные подходы и стандартизация диетотерапии. Москва, 2007. С. 287–302.
35. Никитюк Д.Б. Конституция и морфопсихофункциональные соотношения адаптационных резервов организма человека // Здоровье здорового человека (научные основы организации здравоохранения, восстановительной и экологической медицины. Москва : Международный университет восстановительной медицины. 2016. С. 181–187.
36. Андреева А.В., Николенко В.Н. Размерные характеристики молочных желез девушек-славянок 17–20 лет // Саратовский научно-медицинский журнал. 2007. Т. 3, № 3. С. 37–38.
37. Грешнова О.Г., Николенко В.Н. Взаимосвязь антропометрических параметров с размерными характеристиками тел поясничных позвонков позвоночного столба // Морфологические ведомости. 2007. № 3–4. С. 166–168.
38. Никитюк Д.Б., Чава С.В., Азизбекян Г.А., Абрамова М.А. Оценка морфологических характеристик у спортсменов разной специализации и квалификации // Вестник антропологии. 2011. № 20. С. 147–151.
39. Никитюк Б.А. Факторы роста и морфофункционального созревания организма. Москва : Наука, 1978. 123 с.
40. Ковешников В.Г., Никитюк Б.А. Медицинская антропология. Киев : Здоров'я, 1992. 200 с.
41. Никитюк Б.А. (ред.) Генетические маркеры в антропогенетике и медицине. Хмельницкий : Подилля, 1988. 247 с.
42. Стародубов В.И., Мельников А.А., Руднев С.Г. О половом диморфизме роста-весовых показателей и состава тела российских детей и подростков в возрасте 5-18 лет: результаты массового популяционного скрининга // Вестник РАМН. 2017. Т. 72, № 2. С. 134–143.
43. Туманян Г.С., Мартиросов Э.Г. Телосложение и спорт. Москва : Физкультура и спорт, 1976. 239 с.
44. Фандюхин С.А. Особенности структуры и черт темперамента у лиц с различными соматотипами : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Красноярск, 2002. 22 с.
45. Койносов П.Г., Хвесько А.С., Завалко Ю.В., Николаева О.П., Койносов А.П. Индивидуально-типологические особенности юношей с различным двигательным режимом // Медицинская наука и образование Урала. 2011. Т. 12, № 1. С. 62–65.
46. Койносов П.Г., Чирятьева Т.В., Орлов С.А., Завалко Ю.В., Хвесько А.С., Путина Н.Ю. Сомато-функциональные особенности юношей с различным режимом двигательной активности // Научный медицинский вестник Югры. 2012. № 1–2. С. 137–140.
47. Соловьев А.В. Прогнозирование устойчивости человека к укачиванию на основе психофизиологических и конституциональных особенностей : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 1997. 41 с.
48. Егорова И.А., Бучнов А.Д., Матвиенко В.В., Назаров К.А. Оценка и коррекция функционального состояния детей раннего возраста с соматическими дисфункциями в связи с соматотипом // Вестник восстановительной медицины. 2010. № 6. С. 68–70.
49. Чаплыгина Е.В. Соматотипологические закономерности анатомической изменчивости печени и желчного пузыря у людей юношеского и первого периода зрелого возраста : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Волгоград, 2009. 46 с.
50. Русских А.Н., Самотесов П.Л., Горбунов Н.С., Николаева Н.Н., Медведев Ф.В., Шабоха А.Д. Венозная архитектура печени мужчин. Клиническое исследование // Сибирский медицинский журнал. 2011. Т. 26, № 4-1. С. 79–83.
51. Николенко В.Н., Никитюк Д.Б., Ключкова С.В. Соматическая конституция и клиническая медицина. Москва : Практическая медицина, 2017. 254 с.
52. Букавнева Н.С., Никитюк Д.Б. Конституциональные особенности больных с алиментарно-зависимой патологией // Морфологические ведомости. 2008. № 1–2. С. 145–146.

## References

- Zhdanov D.A., Pokrovskiy A.A., Nikityuk B.A., Zille L.N. Normograms for determining body weight by body length and chest circumference, based on measurements of the modern adult population of Moscow. *Arkhiv anatomii, gistologii i emberiologii* [Archive of Anatomy, Histology and Embryology]. 1965; 56 (10): 33–42. (in Russian)
- Nikityuk B.A. Constitution of man. Moscow: VINITI, 1991: 152 p. (in Russian)
- Nikityuk B.A. Differentiation of general, biomedical and clinical anthropology. *Rossiyskie morfologicheskie vedomosti* [Russian Morphological Sheets]. 1995; 3: 129–35. (in Russian)
- Nikityuk B.A. Integrative anthropology (sports-morphological and valeological aspects). Vinnitsa; Moscow: VGMU, 1997. (in Russian)
- Nikityuk B.A., Moroz V.M., Nikityuk D.B. Theory and practice of integrative anthropology. Essays. Kiev; Vinnitsa: Zdorov'ya, 1998: 303 p. (in Russian)
- Nikityuk B.A. Integration of knowledge in human sciences (modern integrative anthropology). Moscow: SportAcadempres, 2000: 440 p. (in Russian)
- Pokrovskiy A.A. Physiological and biochemical principles of the development of baby food. Moscow: Meditsina, 1972: 191 p. (in Russian)
- Pokrovskiy A.A. Metabolic aspects of pharmacology and toxicology of food. Moscow: Meditsina, 1979: 181 p. (in Russian)
- Pokrovskiy A.A. Conversations about nutrition. Moscow: Ekonomika, 1986: 368 p. (in Russian)
- Tutelyan V.A., Gapparov M.M., Baturin A.K., et al. The use of the method of complex anthropometry in clinical practice to assess the physical development and nutritional status of a healthy and sick person. Moscow: Ares, 2008: 47 p. (in Russian)
- Ipatova O.M., Medvedeva N.V., Archakov A.I., Grigor'ev A.I. Translational medicine – a path from fundamental biomedical science to healthcare. *Vestnik RAMN* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012; (6): 57–65. (in Russian)
- Starodubov V.I., Kuznetsov S.L., Kurakova N.G. World-class research competences in the field of clinical medicine at the Russian Academy of Medical Sciences. *Vestnik RAMN* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012; (6): 27–35. (in Russian)
- Nikityuk D.B. Antroponutriciology as new scientific branch. *Zhurnal anatomii i gistopatologii* [Journal of Anatomy and Histopathology]. 2018; (4): 9–19. (in Russian)
- Nikityuk D.B. Antroponutriciology in problems health care and prophylactic of alimentary-depended diseases. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (S5): 68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10154> (in Russian)
- Nikityuk D.B., Pozdnjakov A.L. Use of anthropometric method in practical medicine: some clinic-anthropologic parallels. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2007; 76 (4): 26–30. (in Russian)
- Petukhov A.B., Nikityuk D.B., Sergeev V.N. Medical anthropology: analysis and development prospects in clinical practice. Moscow: Medpraktika, 2015: 511 p. (in Russian)
- Nikityuk B.A., Hapalyuk A.V. The problem of constitutional dis-sociations in integrative anthropology. *Rossiyskie morfologicheskie vedomosti* [Russian Morphological Sheets]. 1997; 1 (6): 176–83. (in Russian)
- Nikityuk D.B. A new stage of anthropological research. *Rossiyskie morfologicheskie vedomosti* [Russian Morphological Sheets]. 1997; (2–3): 31–3. (in Russian)
- Tutelyan V.A. Nutrition science: past, present, future. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2005; (6): 3–10. (in Russian)
- Nikityuk B.A. Integration of knowledge in the human sciences (modern integrative anthropology). Moscow: SportAcademPress, 2010: 440 p. (in Russian)
- Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Klochkova S.V., Alekseeva N.T., Pogonchenkova I.V., Rassulova M.A., et al. The use of the method of complex anthropometry in sports and clinical practice to assess the physical development and nutritional status of a person. Moscow: Sport, 2018: 63 p. (in Russian)
- Bukavneva N.S. Assessment of the anthropometric status of patients with anorexia nervosa with mass deficiency. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2010; (3): 42–5. (in Russian)
- Moroz V.M., Nikityuk B.A., Nikityuk D.B. Theory and practice of integrative anthropology. Kiev; Vinnitsa: Zdorov'ya, 1998: 303 p. (in Russian)
- Bunak V.V. Anthropometry. Moscow: Uchpedgiz, 1941: 368 p. (in Russian)
- Martirosov E.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Technologies and methods for determining the composition of the human body. Moscow: Nauka, 2006: 247 p. (in Russian)
- Vladimirova Ya.B. Constitutional features of the heart of men are normal and with hypertrophy of the left ventricle: Autoabstract of Diss. Krasnoyarsk, 2001: 18 p. (in Russian)
- Galant I.B. A new scheme of constitutional types of women. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal* [Kazan Medical Journal]. 1927; (7): 23–34. (in Russian)
- Starchik D.A., Nikityuk D.B. Constitutional features of adipose tissue in mature women (according to bioimpedansometry). *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological Sheets]. 2015; (3): 35–40. (in Russian)
- Starchik D.A., Nikityuk D.B. Features of body mass index in women of different somatotypes. *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological Sheets]. 2015; (4): 21–4. (in Russian)
- Kliorin A.I., Chtetsov V.P. Biological problems of the doctrine of the constitution of man. Moscow: Nauka, 1979: 349 p. (in Russian)
- Merkulova N.A., Butaev T.M., Mingazova E.N., Nikityuk D.B., Gigolaeva L.V. Standards for the physical development of school-children (7–17 years old) Vladikavkaz. Moscow: Izdatel'stvo NII Obshchestvennogo zdorov'ya im. N.A. Semashko, 2017: 40 p. (in Russian)
- Mingazova E.N., Nikityuk D.B., Gomzina E.V., Belyakova E.V., Sadykova R.N. Standards for the physical development of school-children (7–17 years old) in Kazan. Moscow; Kazan': Izdatel'stvo NII Obshchestvennogo zdorov'ya im. N.A. Semashko; Izdatel'stvo Akademii nauk RT, 2017: 40 p. (in Russian)
- Mingazova E.N., Nikityuk D.B., Saburskaya T.V., Nagaev M.S., Sadykova R.N. Standards for the physical development of school-children (7–17 years old) in rural areas of the Republic of Tatarstan. Moscow; Kazan': Izdatel'stvo NII Obshchestvennogo zdorov'ya im. N.A. Semashko; Izdatel'stvo Akademii nauk RT, 2017: 40 p. (in Russian)
- Bukavneva N.S., Nikityuk D.B. Using the method of complex anthropometry to assess the physical development and nutritional status of a healthy and sick person. In: Scientific-practical guide «Therapeutic Nutrition: Modern Approaches and Standardization of Diet Therapy». Moscow, 2007: 287–302. (in Russian)
- Nikityuk D.B. The Constitution and morphopsychofunctional ratios of adaptive reserves of the human body. Health of a healthy person (the scientific basis for the organization of health care, rehabilitation and environmental medicine. Moscow: Mezhdunarodniy universitet vosstanovitel'noy meditsiny, 2016: 181–7. (in Russian)
- Andreeva A.V., Nikolenko V.N. Dimensional characteristics of the mammary glands of Slavic girls 17–20 years old. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2007; 3 (3): 37–8. (in Russian)
- Greshnova O.G., Nikolenko V.N. The relationship of anthropometric parameters with the dimensional characteristics of the bodies of the lumbar vertebrae of the vertebral column. *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological Sheets]. 2007; (3–4): 166–8. (in Russian)
- Nikityuk D.B., Chava S.V., Azizbekyan G.A., Abramova M.A. Assessment of morphological characteristics in athletes of different

- specializations and qualifications. *Vestnik antropologii [Bulletin of Anthropology]*. 2011; 20: 147–51. (in Russian)
39. Nikityuk B.A. (ed.) *Genetic markers in anthropogenetics and medicine*. Khmel'nitsky: Podillya, 1988: 247 p. (in Russian)
40. Koveshnikov V.G., Nikityuk B.A. *Medical anthropology*. Kiev: Health, 1992: 200 p. (in Russian)
41. Nikityuk B.A. *Genetic markers in anthropogenetics and medicine*. Khmel'nitsky: Podillya, 1988: 247 p. (in Russian)
42. Starodubov V.I., Melnikov A.A., Rudnev S.G. About sexual dimorphism of weight-weight indicators and body composition of Russian children and adolescents aged 5–18: results of mass population screening. *Vestnik RAMN [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]*. 2017; 72 (2): 134–43. (in Russian)
43. Tumanyan G.S., Martirosov E.G. *Build and sport*. Moscow: Fizkul'tura i sport, 1976: 239 p. (in Russian)
44. Fandjuxin S.A. Peculiarities of the structure of temperament of people with different somatotypes: Autoabstract of Diss. Krasnoyarsk, 2002: 22 p. (in Russian)
45. Kojnosov P.G., Hvesko A.S., Zavalko J.V., Nikolaeva O.P., Kojnosov A.P. Individually-typological features of young men with the various impellent mode. *Meditinskaya nauka i obrazovaniye Urala [Medical Science and Education of the Urals]*. 2011; 12 (1): 62–5. (in Russian)
46. Kojnosov P.G., Chiryateva T.V., Orlov S.A., Zavalko Yu.V., Hvesko A.S., Putina N.Yu. Somato-functional peculiarities of the boys with different regime of motor activity. *Nauchniy meditsinskiy vestnik Yugry [Scientific Medical Bulletin of Ugra]*. 2012; (1–2): 137–40. (in Russian)
47. Solov'yov A.V. Prognosis of human stability and balancing in the base of psychophysiological and constitutional peculiarities. Autoabstrast of Diss. Saint Petersburg, 1997: 41 p. (in Russian)
48. Egorova I.A., Buchnov A.D., Matvienko V.V., Nazarov K.A. Assessment and correction of the functional state of young children with somatic dysfunctions in the light of somatotype. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny [Bulletin of Restorative Medicine]*. 2010; 40 (6): 68–70. (in Russian)
49. Chaplygina E.V. Somatotypological regularities of the anatomical variability of the liver and gall bladder in people of adolescence and the first period of adulthood: Autoabstrast of Diss. Volgograd, 2009: 46 p. (in Russian)
50. Russkikh A.N., Samotesov P.A., Gorbunov N.S., Nikolayeva N.N., Medvedev F.V., Shabokha A.D. Venous architectonics of male liver. Clinical research. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal [Siberian Medical Journal]*. 2011; 26 (4-1): 79–83. (in Russian)
51. Nikolenko V.N., Nikitjuk D.B., Klockova S.V. Somatic constitution and clinical medicine. Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2017: 254 p. (in Russian)
52. Bukavneva N.S., Nikityuk D.B. Constitutional features of patients with alimentary-dependent pathology. *Morfologicheskie vedomosti [Morphological Sheets]*. 2008; 1–2: 145–6. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Коденцова Вера Митрофановна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-30  
 E-mail: kodentsova@ion.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

Коденцова В.М.<sup>1</sup>, Жилинская Н.В.<sup>1</sup>, Шпигель Б.И.<sup>2</sup>

## Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения

Vitaminology: from molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults

Kodentsova V.M.<sup>1</sup>, Zhilinskaya N.V.<sup>1</sup>, Shpigel B.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Группа компаний «БИОТЭК», 127253, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Group of Companies "BIOTEK", 127253, Moscow, Russian Federation

*Статистический анализ данных по обеспеченности витаминами отдельных групп взрослого и детского населения России с 1987 по 2017 г. позволил выявить определенные закономерности: во-первых, наличие множественной микронутриентной недостаточности (витаминов D, группы B, а также ряда минеральных веществ); во-вторых, самым распространенным является дефицит витамина D; в-третьих, снижение частоты обнаружения дефицита витаминов группы B затормозилось и он сохраняется у значительного количества обследованных лиц (медиана частоты обнаружения – 41%), недостаток витаминов C, A и E среди практически здоровых взрослых обнаруживается редко. Анализ литературы и модельные исследования на крысах показывают, что результат проявления действия каждого витамина зависит от обеспеченности организма другими витаминами. Оптимальная обеспеченность организма всеми витаминами является необходимым условием осуществления витамином D своих многочисленных функций, функционирование витаминов группы B неразрывно связано между собой. Рацион из традиционных продуктов не позволяет выйти на оптимальную обеспеченность организма витаминами и минеральными веществами. В связи с этим повседневное использование обогащенной пищевой продук-*

**Финансирование.** Работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Благодарности.** Авторы благодарны всем сотрудникам лаборатории витаминов и минеральных веществ, в разные годы участвовавшим в исследованиях.

**Для цитирования:** Коденцова В.М., Жилинская Н.В., Шпигель Б.И. Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 89–99. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10045

**Статья поступила в редакцию** 20.05.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgements.** The authors are grateful to all the staff of the laboratory of vitamins and minerals who participated in the research over the years.

**For citation:** Kodentsova V.M., Zhilinskaya N.V., Shpigel B.I. Vitaminology: from molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 89–99. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10045 (in Russian)

**Received** 20.05.2020. **Accepted** 29.07.2020.

ции или витаминно-минеральных комплексов (ВМК) – эффективный путь для восполнения дефицита микронутриентов в питании населения. Теоретические основы создания ВМК целевого назначения, предназначенных для разных категорий населения, включают исследование исходного витаминно-минерального статуса, особенности трудовой деятельности и физической активности, учет роли недостатка отдельных витаминов в развитии патологического процесса и используемой лекарственной терапии, индивидуальных особенностей метаболизма, в частности обусловленных полиморфизмом генов. В состав оптимального ВМК должен быть включен витамин D и все витамины группы B. Дозы витаминов должны быть значимыми, сопоставимыми с рекомендуемым суточным потреблением. Дополнительные медико-биологические требования к композиционному составу витаминно-минеральных комплексов формируются с учетом особенностей рациона. Доза витаминов-антиоксидантов и минеральных веществ должна быть повышена для нивелирования влияния пищевых волокон, обладающих сорбирующими свойствами, или полиненасыщенных жирных кислот, подверженных перекисному окислению и снижающих антиоксидантный статус организма. ВМК с повышенными дозами всех витаминов предназначены для быстрого и эффективного устранения микронутриентной недостаточности. Суммарное суточное потребление микронутриентов не должно быть чрезмерным.

**Ключевые слова:** витамины, полигиповитаминоз, витаминно-минеральные комплексы, обогащенная пищевая продукция, взаимодействие витаминов, эффективность

*A statistical analysis of the data on the sufficiency with vitamins of certain groups of the Russian adults and children from 1987 to 2017 revealed certain patterns. At first, the presence of multiple micronutrient deficiency (vitamins D, B group, as well as a number of minerals) is still a characteristic feature. At second, vitamin D deficit is the most common. At third, the decrease in the frequency of detection of B vitamin deficiency was inhibited and it still persists in a significant number of examined individuals (median detection frequency is 41%). Vitamin C, A and E deficiency is rarely found among healthy adults. The literature analysis and rat model studies show that the performance of each vitamin depends on the saturation of the organism with other vitamins. Sufficient provision of the body with all vitamins is a necessary condition for the implementation of many functions of vitamin D, the functions of B vitamins are inextricably linked. A diet composed of traditional products does not allow reaching the optimal supply of the body with vitamins and minerals. Everyday using of fortified foods or vitamin-mineral supplements (VMS) is an effective way to eliminate the micronutrient deficiency in the nutrition of the population. The theoretical basis for the development of VMS, intended for different groups of the population, includes the study of the initial vitamin-mineral status, features of work and physical activity, taking into account the role of the lack of individual vitamins in the development of the pathological process and the drug therapy used, individual characteristics of metabolism, in particular due to gene polymorphism. VMS with optimal composition should include vitamin D and all vitamins of B group. The doses of vitamins should be significant, comparable with the recommended daily intake. Additional biomedical requirements for the composition of VMS are formed taking into account the characteristics of the diet. The dose of the antioxidant vitamins and mineral substances should be increased in order to mitigate the effect of dietary fiber with adsorbing properties or polyunsaturated fatty acids that are susceptible to peroxidation and reduce antioxidant status of the organism. VMS with increased doses of all vitamins are intended for the quick and effective elimination of micronutrient deficiency. The total daily intake of micronutrients should not be excessive.*

**Keywords:** vitamin, multiple micronutrient deficiency, vitamin-mineral supplements, fortified food, interaction of vitamins, effectiveness

Лаборатория витаминов и минеральных веществ, основанная в 1970 г., является одной из старейших в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (ранее – Институт питания РАМН). У истоков развития отечественной витаминологии и лаборатории стоял великий советский ученый, заслуженный деятель науки РСФСР, профессор Виктор Васильевич Ефремов, а в течение почти 40 лет ее возглавлял выдающийся отечественный витамино-

лог, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор Владимир Борисович Спиричев (1930–2018 гг.), 90-летний юбилей которого совпадает с юбилеем института.

За свою полувековую деятельность лаборатория, занимаясь фундаментальными и прикладными исследованиями, внесла большой вклад в витаминологию и решение практических задач нутрициологии.

## Критерии и методы оценки витаминного статуса

Одним из направлений работы лаборатории является развитие и совершенствование методической базы по оценке витаминной обеспеченности детского и взрослого населения. В 1980–1990-х гг. была проведена своеобразная ревизия: сопоставлены методы определения витаминов в биологических жидкостях, выбраны чувствительные методики, позволяющие надежно выявлять гиповитаминозные состояния, а также разработан и внедрен в практику принципиально новый метод определения рибофлавина титрованием рибофлавинсвязывающим апобелком, обладающий абсолютной биоспецифичностью и высокой чувствительностью.

Для установления критериев нормальной обеспеченности населения водорастворимыми витаминами был разработан методический подход, основанный на анализе кривых взаимосвязи между различными показателями обеспеченности организма витаминами (концентрация в плазме крови, эритроцитах, степень активации витаминзависимых ферментов экзогенно добавленными коферментами или экскреция витаминов или их метаболитов с мочой), которые имеют выраженный двухфазный характер. Граница между двумя совокупностями точек, одна из которых отражает показатели обеспеченных витаминами людей, а другая – показатели лиц с недостаточностью (точка перегиба) соответствует нижней границе нормальной обеспеченности витамином. Критерии обеспеченности (конкретные величины, относительно которых судят о насыщенности организма витамином), установленные таким способом, представлены в многочисленных публикациях и суммированы в работах [1, 2]. Для оценки экскреции витаминов вместо мочи, собранной за сутки, была использована утренняя часовая моча, собранная утром за 40–150 мин после первого мочеиспускания, что существенно упростило сбор биологического материала для анализа. Значительно позже в литературе появились аналогичные исследования японских ученых, но с использованием суточной мочи [3], а также данные по определению взаимозависимости других показателей витаминного статуса (например, ТФД-эффект – концентрация тиаминдифосфата/гемоглобина [4]).

Установление критериев оценки витаминного статуса организма по содержанию витаминов в моче и в грудном молоке дало возможность оценивать неинвазивными методами обеспеченность детей разного возраста [2, 5], а также эффективность различных способов коррекции витаминной недостаточности.

## Изучение взаимодействия витаминов

Еще задолго до бума последних лет, касающегося гормональной системы витамина D, в лаборатории витаминов в экспериментах на крысах проводились исследования по влиянию дефицита других витаминов

на развитие и коррекцию дефицита холекальциферола и нарушений, обусловленных его дефицитом. В экспериментах с попарным дефицитом двух витаминов (D и B<sub>2</sub>, или B<sub>6</sub>, или PP, или K, или C) было выяснено, что дефицит витамина B<sub>2</sub> у крыс приводил к снижению концентрации в сыворотке крови циркулирующей формы витамина D, дефицит витамина C у морских свинок усиливал глубину и проявления алиментарного недостатка витамина D. Дефицит витаминов C, B<sub>2</sub> или B<sub>6</sub> затруднял восстановление обеспеченности организма витамином D [6].

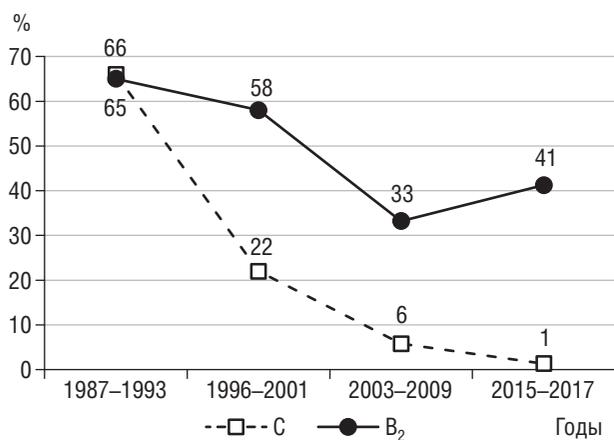
На основании этих исследований В.Б. Спиричевым была выдвинута концепция «D<sub>3</sub> + 12 витаминов». В ней было сформулировано положение, что необходимым условием осуществления витамином D своих многочисленных, в том числе недавно открытых некальцевых (внескелетных), функций [7] является достаточная обеспеченность организма всеми витаминами, участвующими в образовании гормонально активной формы витамина D и осуществлении его физиологических функций [8]. Витамин D занимает центральное положение среди остальных витаминов.

Концепция «D<sub>3</sub> + 12 витаминов» постоянно находит подтверждение и получила свое дальнейшее развитие и расширение благодаря функциональным и синергетическим взаимодействиям в организме витаминов группы B, интерес к которым не только не снизился, но даже проявился с новых позиций [9, 10]. В основе лежит давно известный факт, что вторичный эндогенный, или сопутствующий, дефицит других витаминов группы B может возникнуть при недостатке витамина B<sub>2</sub>. Нами было сформулировано положение о метаболической сети витаминов, согласно которому все витаминзависимые процессы взаимосвязаны между собой, поскольку превращение поступившего с пищей любого витамина в свою физиологически или метаболически активную форму происходит при участии ферментов, активность которых, в свою очередь, зависит от обеспеченности другими витаминами и/или минеральными элементами [11].

Недавно к ранее известным минеральным веществам (кальций, марганец, медь, цинк), необходимым для полноценного витамин D-зависимого остеогенеза, добавился магний, который играет критически важную роль в метаболизме витамина D (гидроксилаза витамина D) и синтезе его гормональной формы [12], а дефицит магния приводит к снижению концентрации гидроксированных метаболитов витамина D. Было показано, что при адекватном потреблении магния риск недостаточного (дефицитного) статуса витамина D снижается [13].

## Разработка норм физиологических потребностей и величин рекомендуемого потребления витаминов

В настоящее время витамины рассматривают уже не только с позиций эссенциальности, т.е. с точки зрения выполнения ими непосредственно витаминной функции, но и с учетом всех их физиологических функций [14].



**Рис. 1.** Изменение медианы относительного количества лиц (%) с недостаточностью витаминов С ( $n=2734$ ) и В<sub>2</sub> ( $n=3246$ ) среди взрослого населения, оцениваемой по уровню в сыворотке крови, в динамике. Рисунок построен на основании данных [19]

**Fig. 1.** Change of the median of the relative number of individuals (%) with deficiency of vitamins C ( $n=2734$ ) and В<sub>2</sub> ( $n=3246$ ) among the adult population, estimated by blood serum concentration, in dynamics. The figure was created based on data [19]

Стало очевидно, что оптимальным уровнем потребления любого микронутриента не может быть минимальный уровень, который предотвращает заболевания, обусловленные его дефицитом [9].

Для ряда витаминов (D, группы В) стало ясно, что поступление несколько повышенных сверх рекомендуемых в настоящее время суточных норм потребления приносит пользу, поскольку обеспечивает не только осуществление общепризнанной витаминной функции, но и дополнительные ранее неизвестные функции витаминов. Витамины группы В оказывают выраженное антиоксидантное, противовоспалительное действие, обладают защитными свойствами против нейродегенеративных процессов [9]. Оказалось, что для снижения риска целого ряда заболеваний (сердечно-сосудистые, инфаркт миокарда, сахарный диабет 2 типа, аутоиммунные, туберкулез, бронхиальная астма, коронавирусная инфекция COVID-19 [15], атопический дерматит, крапивница, онкологические заболевания простаты, молочной железы, кишечника), нейрокогнитивных расстройств, депрессивных состояний, нарушений репродуктивной функции потребление витамина D с рационом должно превышать уровень, обеспечивающий нормальный остеогенез.

В проекте обновленных норм физиологической потребности предполагается повышение рекомендуемого суточного потребления витамина D для взрослых с 10 до 15 мкг, для витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и ниацина дополнить нормы величинами, соотношенными с потреблением энергии, связанной с различиями в физической активности населения.

Вместе с тем в последние годы высказываются предостережения об использовании чрезмерно высоких доз витаминов (особенно витамина D [16, 17])

и подчеркивается, что ежедневное длительное потребление витаминно-минеральных комплексов (ВМК) с умеренными дозировками микронутриентов принесет большую пользу. Использование повышенных доз витамина Е может сопровождаться появлением его прооксидантного действия, смещением равновесия и конкуренцией при абсорбции с другими пищевыми антиоксидантами [18], а избыточное поступление одного из витаминов группы В может лимитировать или переключать метаболизм на другой путь. В связи с этим, на основании данных литературы, были установлены верхние допустимые уровни потребления витаминов, в том числе в составе специализированной пищевой продукции [в частности биологически активных добавок (БАД) к пище].

### Оценка витаминной обеспеченности различных групп населения

Мониторинг витаминной обеспеченности различных групп населения России, начатый в 1980-е гг., является перманентной задачей лаборатории витаминов и проводится параллельно с научными исследованиями.

На основании анализа обеспеченности различных групп взрослого населения витаминами А, Е, В<sub>2</sub>, С, фолатами и каротиноидами с использованием статистических методов была охарактеризована динамика с 1987 г. по настоящее время.

Как следует из данных рис. 1, по сравнению с 1990-ми гг. происходит постепенное улучшение обеспеченности населения витамином С. Дефицит этого витамина в настоящее время среди практически здоровых взрослых обнаруживается редко.

Наметившееся в начале века снижение частоты обнаружения дефицита витамина В<sub>2</sub> затормозилось, и частота его выявления сохраняется у значительного количества обследованных (см. рис. 1). С некоторым отставанием от витамина В<sub>2</sub> появилась тенденция к улучшению обеспеченности витамином В<sub>6</sub> (данные не представлены).

Недостаток витаминов А и Е встречается достаточно редко (рис. 2).

В то же время встречаются отдельные группы лиц (группы риска), недостаточно обеспеченных витамином А [беременные (III триместр), жители российского Севера; больные туберкулезом], витамином Е (работники производств с вредными условиями труда, дети с ожирением), фолатами (студенческая молодежь, пациенты с ожирением), витамином В<sub>12</sub> (вегетарианцы; лица, соблюдающие длительный религиозный пост) [20].

Самым проблемным для населения России является витамин D. Сниженная концентрация 25-гидроксивитамина D в крови имеет место у 50–92% взрослого населения трудоспособного возраста и детей вне зависимости от сезона года, места проживания и наличия заболеваний [20].

Приоритетными дефицитами (по уровню в крови) у взрослого населения России являются витамин D, витамин B<sub>2</sub> и каротиноиды [20]. Частота выявления сочетанного дефицита 3 и более витаминов (С, А, Е, B<sub>2</sub>, D, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, фолаты) в настоящее время колеблется среди взрослого населения в диапазоне от 5 до 39% [19].

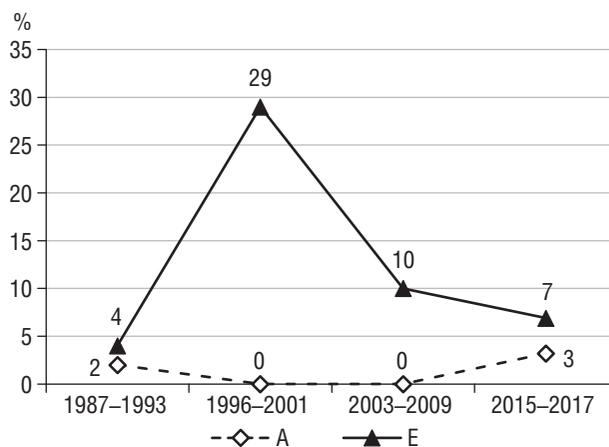
Оцениваемый неинвазивными методами по экскреции с мочой недостаток витаминов B<sub>1</sub> и B<sub>6</sub> у детей дошкольного и младшего школьного возраста Москвы, Подмоскovie и Екатеринбурга в зимне-весенний период 2015–2018 гг. был обнаружен почти у 70% обследованных, витамина B<sub>2</sub> – у каждого 3-го ребенка [2]. При этом у 30% детей обнаруживался одновременный недостаток нескольких витаминов группы В (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и B<sub>6</sub>). Лишь около 17% детей старше 4 лет были обеспечены витамином С и всеми перечисленными витаминами группы В.

Таким образом, несмотря на разный набор определяемых витаминов у детей и взрослых, совершенно очевидно, что в настоящее время характерной чертой витаминного статуса по-прежнему является сочетанная недостаточность нескольких витаминов (D, группы В) [19, 20], а также ряда минеральных веществ. К заключению о множественной микронутриентной недостаточности у населения в современных условиях приходят и другие отечественные и зарубежные исследователи [21, 22].

### Экспериментальные модели полигиповитаминоза

Последствия дефицита отдельных витаминов известны и достаточно легко устранимы. Принимая во внимание широкую распространенность среди населения полигиповитаминозных состояний, для исследования ее последствий, а также способов коррекции была разработана экспериментальная модель полигиповитаминоза у крыс разной степени глубины [23], основанная на одновременном уменьшении (в 2 или в 5 раз) количества всех витаминов в витаминной смеси полусинтетического рациона.

Было обнаружено, что развитие полигиповитаминоза приводило к изменению метаболических показателей плазмы крови (повышению уровня глюкозы в крови, ухудшению антиоксидантного статуса организма, снижению концентрации коэнзима Q<sub>10</sub>), изменению активности печеночных ферментов метаболизма лекарственных средств, усилению апоптоза клеток печени, ухудшению клеточного иммунитета, уменьшению содержания гемоглобина в эритроците, лейкоцитопении, т.е. к снижению адаптационного потенциала организма. Крысы младшего возраста были более чувствительны к развитию полигиповитаминоза. Оказалось, что для восстановления в течение 10–14 сут, что аппроксимируется для человека как несколько лет, адекватной обеспеченности всеми витаминами недостаточно восполнить недостающее количество витаминов до 100%, и только добавление избытка (до 200% от адек-



**Рис. 2.** Изменение медианы относительного количества лиц (%) с недостаточностью витаминов А и Е среди взрослого населения ( $n=3368$ ), оцениваемой по уровню в сыворотке крови, в динамике

**Fig. 2.** Change of the median of the relative number of individuals (%) with deficiency of vitamins A and E among the adult population, estimated by blood serum concentration, in dynamics. The figure was created based on data [19]

ватного уровня) витаминов позволило нормализовать содержание витаминов в печени (за исключением витамина А) [24].

### Подходы к витаминизации населения

Ежедневное использование в рационе обогащенной и специализированной пищевой продукции, в том числе ВМК, – эффективный путь для восполнения дефицита микронутриентов в питании населения, а также экономически обоснованный способ профилактики ряда алиментарно-зависимых заболеваний. В связи с этим можно выделить два основных подхода к витаминизации населения: популяционный и персонализированный.

Популяционный подход – витаминизация всего населения путем использования обогащенной пищевой продукции массового потребления (хлебобулочные изделия, молочная продукция), ВМК общего назначения, предназначенные для всей популяции либо для большей ее части. Формирование рецептур обогащенной пищевой продукции массового потребления при данном подходе должно основываться на данных обеспеченности витаминами и минеральными веществами большей части населения.

Персонализированный подход – витаминизация отдельных групп населения путем использования пищевой продукции специализированного или целевого назначения, предназначенной для поддержания и усиления отдельных функций организма. К такой продукции можно отнести специализированную пищевую продукцию, в том числе ВМК, для отдельных категорий лиц (спортсмены, беременные и кормящие женщины, спецконтингенты, пациенты с различными заболеваниями).

### Мировой и отечественный опыт обогащения микронутриентами пищевых продуктов массового потребления

В большинстве экономически развитых стран (США, Канада), а также во многих развивающихся странах Африки, Азии и Латинской Америки проблема оптимизации витаминной обеспеченности населения решается путем законодательно регламентированного обогащения витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, фолиевой кислотой и железом пищевых продуктов массового потребления: муки, макаронных и хлебобулочных изделий. Фортификация (обогащение) зерновых продуктов витаминами группы В, направленная на обеспечение их адекватного потребления, приобрела глобальную тенденцию, особенно в странах со средним уровнем дохода. Обязательное обогащение витаминами группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, В<sub>9</sub>) и железом муки в США осуществляется с 1941 г., в Канаде – с 1933 г., в Чили – с 1954 г., а недавно стало проводиться в Узбекистане (2005 г.), Туркмении (2006 г.), Казахстане и Кыргызстане (2009 г.), Молдове (2012 г.). Более чем в 80 странах проводится обязательное обогащение пшеничной муки, более чем в 15 странах – кукурузной. Этот способ может использоваться параллельно с другими мерами, призванными снизить дефицит витаминов и минеральных веществ, особенно если этот дефицит является массовой проблемой. Витамином D обогащают молочные продукты и спреды, в ряде стран проводится обязательное обогащение молочной продукции [25, 26]. Впервые обязательное обогащение муки витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР по решению Совнаркома СССР было произведено в 1939 г., однако впоследствии оно было прекращено [27].

Производство в России обогащенных микронутриентами пищевых продуктов носит инициативный характер, в связи с этим их количество и ассортимент недостаточны, а население не ориентировано на предпочтение таких продуктов [27]. В России количество

обогащенных витаминами хлебобулочных изделий составляет 2% от общего объема выпуска хлеба против запланированных 50% (в соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года»). В таких условиях для улучшения обеспеченности населения витаминами целесообразен дополнительный прием ВМК.

### Теоретические основы создания витаминно-минеральных комплексов

Накопленный отечественный и международный опыт по исследованию эффективности применения имеющих разный композиционный состав и содержащих разный набор и дозы витаминов ВМК позволил сформулировать основные принципы создания композиций витаминов и минеральных веществ, обеспечивающих максимальную эффективность.

Как известно, недостаток отдельных витаминов является фактором риска развития ряда заболеваний. Учитывая обширные и переплетающиеся между собой функциональные взаимодействия витаминов, одновременная множественная микронутриентная недостаточность создает «сеть причинности» заболеваний. И напротив, адекватная или оптимальная обеспеченность организма всеми витаминами создает, соответственно, «сеть условий, обеспечивающих предотвращение заболевания» за счет полноценного осуществления всех витаминзависимых процессов в организме.

На рис. 3 представлен медико-технологический алгоритм разработки ВМК с учетом основных факторов, которые должны учитываться при создании ВМК целевого назначения, от которых в конечном счете будет зависеть эффективность применения ВМК. К ним относятся состояние организма (исходный витаминно-минеральный статус, учет роли недостатка отдельных витаминов в развитии патологического процесса и используемой

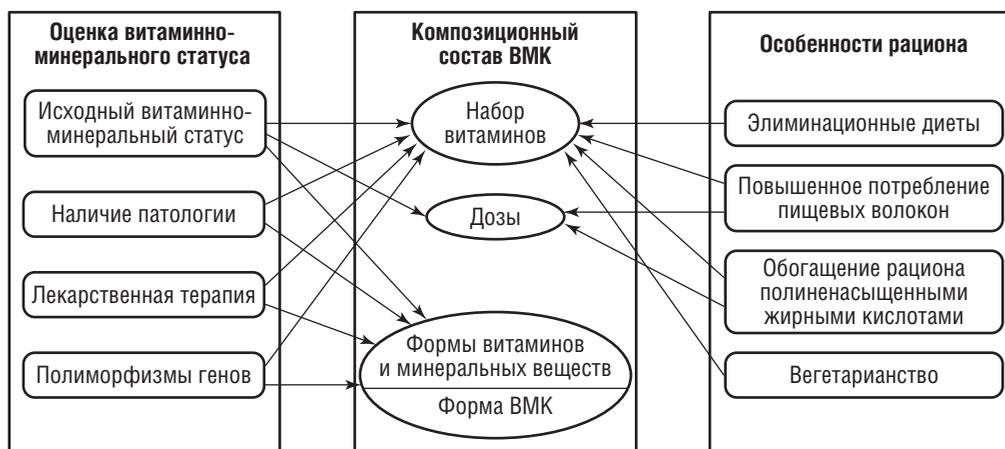


Рис. 3. Схема медико-технологического алгоритма разработки витаминно-минеральных комплексов (ВМК)

Fig. 3. The scheme of the medical-technological algorithm for the development of the vitamin-mineral supplements

лекарственной терапии, а также полиморфизм генов). На витаминный статус организма может оказывать влияние непосредственно патологический процесс, нарушающий ассимиляцию микронутриентов, а также прием лекарственных средств, многие из которых приводят к снижению обеспеченности организма тем или иным витамином. Этот этап позволяет выявить основные проблемные микронутриентные дефициты и сформировать примерный состав ВМК.

На следующем этапе происходит дальнейшее уточнение композиционного состава ВМК на основании исследования особенностей рациона категории лиц, для которых предназначен ВМК.

Наличие в составе рациона обогащенного продукта или ВМК пищевых волокон, обладающих адсорбирующими свойствами, или полиненасыщенных жирных кислот, подверженных перекисному окислению и снижающих антиоксидантный статус организма, может существенно уменьшать ожидаемую эффективность ВМК. Для нивелирования этих нежелательных воздействий доза соответствующих витаминов-антиоксидантов и минеральных веществ должна быть повышена.

Эксперименты на животных и клинические наблюдения свидетельствуют, что эффективность коррекции зависит от глубины исходно существующего полигиповитаминоза и микроэлементоза [24]. Чем сильнее выражена степень полимикронутриентной недостаточности (multiple micronutrient deficiency), тем более длительный срок и более высокие дозы микронутриентов потребуются для ее полного устранения [28]. Обратная зависимость между дозой витамина и длительностью приема, обеспечивающего устранение дефицита [28], обосновывает целесообразность наличия в составе ВМК не минимальных количеств витаминов (15% от рекомендуемого суточного потребления), а близких к физиологической потребности организма, и одновременно показывает, что эффект от приема не может быть мгновенным, а улучшение микронутриентного статуса произойдет через определенное (для каждого витамина свое, иногда достигающее нескольких месяцев) время.

Существенное значение для достижения желаемого действия имеет также форма каждого витамина и минерального вещества [29]. Эффективность витамина D<sub>3</sub> для улучшения статуса витамина D в 2,3 раза выше, чем витамина D<sub>2</sub>. По профилактическому действию от кальцификации сосудов и сердечно-сосудистых заболеваний витамин K<sub>2</sub> имеет преимущества по сравнению с витамином K<sub>1</sub>. Метаболизм α- и γ-токоферолов различается, что приводит к различиям физиологического действия (антиокислительное, противовоспалительное).

Полный набор витаминов должен быть дополнен недостающими минеральными веществами (для нашей страны йод, кальций, магний, цинк). Учитывая неразрывно связанные между собой функции всех витаминов группы В, в настоящее время сложилось обоснованное мнение, что рациональным подходом для сохранения

полноценных функций организма будет прием не большого их подмножества, а всех витаминов группы В, причем в дозах, сопоставимых с рекомендуемыми нормами потребления [9]. Так, прием детьми ВМК, в составе которого отсутствовал рибофлавин, не улучшил обеспеченность не только витамином В<sub>2</sub>, но и витамином В<sub>6</sub>, несмотря на его наличие в составе ВМК [30].

Не меньшее значение имеет форма самого ВМК и наличие в составе других как активных компонентов, так и наполнителей. В настоящее время наряду с традиционными таблетками и капсулами получают распространение другие формы (порошок для приготовления напитка, киселя, жевательные таблетки, водорастворимые шипучие таблетки), а также порошки (multiple micronutrient powders) в индивидуальных пакетиках-саше для обогащения блюд в домашних условиях. Наполнитель (носитель) и другие биологически активные компоненты могут оказывать влияние на всасывание витаминов. Усвоение витамина D<sub>3</sub>, растворенного в жире, выше, чем его водорастворимой формы. Наличие в составе пектина, отрубей зерновых затрудняет усвоение входящих в состав ВМК ряда витаминов.

Учет всех вышеперечисленных аспектов позволяет разрабатывать ВМК оптимального состава, предназначенные для отдельных категорий населения, и осуществлять индивидуальный подход к пациентам. Такие же принципы применяются при разработке специализированных и обогащенных пищевых продуктов. Механическое смешивание полезных компонентов при создании обогащенных продуктов не гарантирует его эффективности. Именно поэтому в идеале для каждого ВМК и обогащенного продукта имеет смысл подтверждать клиническими испытаниями биодоступность обогащающих компонентов и эффективность для поддержания здоровья.

Исходя из представлений о метаболической сети витаминов, очевидно, что в идеале должно быть достигнуто одновременное улучшение витаминной обеспеченности организма, а принимая во внимание не только витаминную, но и другие физиологические функции витаминов, следует добиться достижения оптимальных концентраций витаминов в организме. Именно синхронная оптимизация концентраций витаминов и их соотношений между собой, а также между показателями липидного обмена обеспечивает профилактику алиментарно-зависимых заболеваний [31].

Преимущества сочетанного использования витаминов и минеральных веществ в форме ВМК у беременных по сравнению с фолиевой кислотой и железом выражаются в уменьшении количества маловесных детей (менее 2500 г), уменьшении количества преждевременных родов (до 37-й недели беременности), количества детей малого гестационного возраста [32, 33]. Отсутствие одного из необходимых микронутриентов в составе ВМК ухудшает течение и исход беременности [34]. Показано, что прием в течение 2–4 мес ВМК, содержащих не менее 10 микронутриентов, оказывает протекторное действие

от проблем психического здоровья (тревога, стресс, депрессия и когнитивные расстройства или жалобы на память) [35].

### **Практическое внедрение исследований**

Результаты эпидемиологических исследований обеспеченности витаминами взрослого и детского населения нашей страны, свидетельствующие о широкой распространенности дефицита витаминов, легли в основу государственных программ по расширению производства витаминов и обогащенных витаминами и минеральными веществами пищевых продуктов, Общесоюзной научно-технической программы на 1986–1990 гг. «Создать и освоить производство продуктов детского питания и витаминизированных пищевых продуктов на основе научных принципов рационального и сбалансированного питания», а затем – Концепции государственной политики в области здорового питания населения. Программы предусматривали значительное расширение ассортимента и объема производства пищевых продуктов массового потребления, обогащенных витаминами и другими незаменимыми пищевыми веществами.

Эти данные служат основой для установления норм физиологической потребности в витаминах, а также обосновывают уровни обогащения пищевых продуктов, включая функциональные и специализированные, предназначенные для отдельных категорий населения.

Как показала практика, одним из результативных методов практического внедрения исследований в промышленность является государственно-частное партнерство. Концепция «D<sub>3</sub> + 12 витаминов» была успешно реализована при создании специализированных пищевых продуктов (киселей и напитков) для питания детей, пациентов и лиц, работающих во вредных условиях труда. Показано, что длительное включение витаминного напитка, содержащего около 80% от рекомендуемого суточного потребления 13 витаминов в составе поливитаминного премикса, в рацион трудоспособного населения сопровождалось достоверным улучшением обеспеченности витаминами группы В и предотвращением сезонного ухудшения обеспеченности витаминами-антиоксидантами. На фоне улучшения обеспеченности витаминами организма детей, получавших

обогащенные продукты, отмечалось улучшение когнитивных и адаптационных функций организма, повышалась успеваемость при одновременном уменьшении утомляемости и заболеваемости [36].

В ходе выполнения комплексных программ научных исследований «Приоритетные научные исследования в области питания населения», реализуемой при участии Федерального агентства научных организаций, Российской академии наук и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» разработана и внедрена в производство партнером ОАО «Марбиофарм» линейка из более чем 30 БАД к пище, в том числе ВМК, максимально персонализированных для отдельных групп населения с учетом их половозрастных особенностей, структуры питания, наличия патологий (для мужчин и женщин старше 55 лет, для беременных и кормящих женщин, для пациентов с заболеваниями желудочно-кишечного тракта и др.). Разработаны и выведены на рынок инновационные отечественные специализированные пищевые продукты для спортсменов-детей с учетом потребности детского и юношеского организма в макро- и микро-нутриентах, особенностей физиологического развития, физической нагрузки и возраста.

### **Перспективы и задачи современной витаминологии**

В свете вышеперечисленных задачами современной витаминологии являются установление оптимального содержания и соотношения витаминов в рационе, обеспечивающего поддержание витаминных функций и невитаминных эффектов витаминов. Не менее важной проблемой остается установление доз витаминов для эффективного устранения множественной микронутриентной недостаточности с учетом того, что витамины связаны в метаболическую сеть; поиск разных наиболее эффективных форм витаминов для коррекции микронутриентного статуса организма и снижения риска заболеваний. Разработка методов определения разных форм витаминов и их метаболически активных форм в биологических жидкостях человека; уточнение содержания витаминов D, E, K и других витаминов в пищевых продуктах и внесение их в национальные таблицы химического состава пищевых продуктов обеспечит правильный подход для индивидуальной витаминизации населения.

### **Сведения об авторах**

*Коденцова Вера Митрофановна (Vera M. Kodentsova)* – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kodentsova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

*Жилинская Наталия Викторовна (Natalya V. Zhilinskaya)* – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: zhilinskayanataliya@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-1596-1213>

Шпигель Борис Исаакович (Boris I. Shpigel) – председатель совета директоров Группы компаний «БИОТЭК» (Москва, Российская Федерация)  
E-mail: info@biotec.ru

## Литература

- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Спиричев В.Б. Изменение обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации за период 1987–2009 гг. (к 40-летию лаборатории витаминов и минеральных веществ НИИ питания РАМН // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 3. С. 68–72.
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Обеспеченность детей водорастворимыми витаминами (2015–2018 гг.) // Вопросы практической педиатрии. 2019. Т. 14, № 2. С. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-2-7-14>
- Shibata K., Hirose J., Fukuwatari T. Relationship between urinary concentrations of nine water-soluble vitamins and their vitamin intakes in Japanese adult males // Nutr. Metab. Insights. 2014. Vol. 7. P. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.4137/NMI.S17245>
- Whitfield K.C., Bourassa M.W., Adamolekun B., Bergeron G., Bettendorff L., Brown K.H. et al. Thiamine deficiency disorders: diagnosis, prevalence, and a roadmap for global control programs // Ann. N. Y. Acad. Sci. 2018. Vol. 143, N 1. P. 3–43. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.13919>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Оценка витаминного статуса кормящих женщин по содержанию витаминов в грудном молоке // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2006. Т. 141, № 3. С. 297–301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-006-0161-9>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Влияние дефицита витаминов на обеспеченность организма витамином D // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2018. Т. 21, № 7. С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.29296/25877313-2018-07-07>
- Wacker M., Holick M.F. Vitamin D – effects on skeletal and extraskeletal health and the need for supplementation // Nutrients. 2013. Vol. 5, N 1. P. 111–148. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5010111>
- Спиричев В.Б. О биологических эффектах витамина D // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2011. Т. 90, № 6. С. 113–119.
- Kennedy D.O. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy – a review // Nutrients. 2016. Vol. 8, N 2. P. 68. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu802006>
- Moretti R., Peinkhofer C. B vitamins and fatty acids: what do they share with small vessel disease-related dementia? // Int. J. Mol. Sci. 2019. Vol. 22, N 20. Article ID 5797. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20225797>
- Коденцова В.М., Рисник Д.В. Витаминно-минеральные комплексы. Рациональное применение в терапии // Вестник терапевта. 2018. Т. 33, № 9. URL: <http://rusmg.ru/images/2018/vt-9.htm>
- Dai Q., Zhu X., Manson J.E., Song Y., Li X., Franke A.A. et al. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial // Am. J. Clin. Nutr. 2018. Vol. 108, N 6. P. 1249–1258. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy27>
- Reddy P., Edwards L.R. Magnesium supplementation in vitamin D deficiency // Am. J. Ther. 2019. Vol. 26, N 1. P. e124–e132. DOI: <https://doi.org/10.1097/MJT.0000000000000538>
- Bischoff-Ferrari H. Vitamin D – from essentiality to functionality // Int. J. Vitam. Nutr. Res. 2012. Vol. 82, N 5. P. 321–326. DOI: <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000126>
- Ilie P.C., Stefanescu S., Smith L. The role of vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality // Aging Clin. Exp. Res. 2020. Vol. 32, N 7. P. 1195–1198. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01570-8>
- Pludowski P., Holick M.F., Grant W.B., Konstantynowicz J., Mascarenhas M.R., Haq A. et al. Vitamin D supplementation guidelines // J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 2018. Vol. 175. P. 125–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2017.01.021>
- Bouillon R., Marcocci C., Carmeliet G., Bikle D., White J.H., Dawson-Hughes B. et al. Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: current evidence and outstanding questions // Endocr. Rev. 2019. Vol. 40, N 4. P. 1109–1151. DOI: <https://doi.org/10.1210/er.2018-00126>
- Soni M.G., Thurmond T.S., Miller E., Spriggs T., Bendich A., Omaye S. Safety of vitamins and minerals: controversies and perspective // Toxicol. Sci. 2010. Vol. 118, N 2. P. 348–355.
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации (1987–2017 гг.) // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 4. С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>.
- Коденцова В.М., Бекетова Н.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации // Профилактическая медицина. 2018. Т. 21, № 4. С. 32–37 DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed2018214322>
- Вильмс Е.А., Турчанинов Д.В., Юнацкая Т.А., Сохошко И.А. Оценка витаминной обеспеченности населения крупного административно-хозяйственного центра Западной Сибири // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 3. С. 277–280 DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-277-280>
- Bird J.K., Murphy R. A., Ciappio E.D., McBurney M. Risk of deficiency in multiple concurrent micronutrients in children and adults in the United States // Nutrients. 2017. Vol. 9, N 7. Article ID E655. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu9070655>
- Вржесинская О.А., Коденцова В.М., Бекетова Н.А., Переверзева О.Г., Кошелева О.В. Экспериментальная модель алиментарного полигиповитаминоза разной степени глубины у крыс // Вопросы питания. 2012. Т. 81, № 2. С. 51–56.
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Сокольников А.А. Эффективность разных доз витаминов для коррекции полигиповитаминоза у крыс // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2014. Т. 157, № 5. С. 626–629. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-014-2626-6>
- Itkonen S.T., Erkkola M., Lamberg-Allardt C.J. Vitamin D fortification of fluid milk products and their contribution to vitamin D intake and vitamin D status in observational studies – a review // Nutrients. 2018. Vol. 10, N 8. Article ID 1054. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10081054>
- Жилинская Н.В., Громовых П.С. Фортификация пищевой продукции – глобальный тренд пищевой промышленности // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2019. Т. 12, № 3 (45). С. 31–35.
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Витаминно-минеральные комплексы: соотношение доза–эффект // Вопросы питания. 2006. № 1. С. 30–39.
- Shin H., Eo H., Lim Y. Similarities and differences between alpha-tocopherol and gamma-tocopherol in amelioration of inflammation, oxidative stress and pre-fibrosis in hyperglycemia

- induced acute kidney inflammation // *Nutr. Res. Pract.* 2016. Vol. 10, N 1. P. 33–41.
30. Вржесинская О.А., Коленцова В.М., Леоненко С.Н., Макарова С.Г., Ясаков Д.С., Ерешко О.А. и др. Влияние приема комплекса, содержащего 7 витаминов, на обеспеченность витаминами детей // *Вопросы практической педиатрии.* 2018. Т. 13, № 5. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2018-5-45-51>
  31. Feki M., Souissi M., Mokhtar E., Hsairi M., Kaabachi N., Antebi H. et al. Vitamin E and coronary heart disease in Tunisians // *Clin. Chem.* 2000. Vol. 46, N 9. P. 1401–1405.
  32. Oh C., Keats E.C., Bhutta Z.A. Vitamin and mineral supplementation during pregnancy on maternal, birth, child health and development outcomes in low-and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis // *Nutrients.* 2020. Vol. 12, N 2. Article ID E491. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12020491>
  33. Keats E.C., Haider B.A., Tam E., Bhutta Z.A. Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2019. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004905.pub6>
  34. Громова О.А., Торшин И.Ю., Громов А.Н., Гришина Т.Р., Калачева А.Г., Керимкулова Н.В. и др. Интеллектуальный анализ данных по течению и исходу беременности: роли различных витаминно-минеральных комплексов // *Медицинский алфавит.* 2018. Т. 1, № 6. С. 10–23.
  35. Comerford K.B. Recent developments in multivitamin/mineral research // *Adv. Nutr.* 2013. Vol. 4, N 6. P. 644–656.
  36. Студеникин В.М., Спиричев В.Б., Самсонова Т.В., Маркеева В.Д. и др. Влияние дополнительной витаминизации на заболеваемость и когнитивные функции у детей // *Вопросы детской диетологии.* 2009. Т. 7, № 3. С. 32–37.

## References

1. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Spirichev V.B. The alteration of vitamin status of adult population of the Russian Federation in 1987–2009 (to the 40th anniversary of the Laboratory of vitamins and minerals of Institute of Nutrition at Russian Academy of Medical Sciences). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2010; 79 (3): 68–72. (in Russian)
2. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Sufficiency of children with water-soluble vitamins (2015–2018). *Voprosy prakticheskoy pediatrii [Problems of Practical Pediatrics]*. 2019; 14 (2): 7–14. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-2-7-14> (in Russian)
3. Shibata K., Hirose J., Fukuwatari T. Relationship between urinary concentrations of nine water-soluble vitamins and their vitamin intakes in Japanese adult males. *Nutr Metab Insights.* 2014; 7: 61–75. DOI: <https://doi.org/10.4137/NMI.S17245>
4. Whitfield K.C., Bourassa M.W., Adamolekun B., Bergeron G., Bettendorff L., Brown K.H., et al. Thiamine deficiency disorders: diagnosis, prevalence, and a roadmap for global control programs. *Ann N Y Acad Sci.* 2018; 143 (1): 3–43. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.13919>
5. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Evaluation of the vitamin status in nursing women by vitamin content in breast milk. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]*. 2006; 141 (3): 323–7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-006-0161-9> (in Russian)
6. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. The influence of the vitamin deficiency on the sufficiency of the organism with vitamin D. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii [Issues of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry]*. 2018; 21 (7): 42–6. DOI: <https://doi.org/10.29296/25877313-2018-07-07> (in Russian)
7. Wacker M., Holick M.F. Vitamin D – effects on skeletal and extraskelatal health and the need for supplementation. *Nutrients.* 2013; 5 (1): 111–48. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5010111>
8. Spirichev V.B. On the biological effects of vitamin D. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Pediatrics Journal named after G.N. Speranskiy]*. 2011; 90 (6): 113–9. (in Russian).
9. Kennedy D.O. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy – a review. *Nutrients.* 2016; 8 (2): 68. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu802006>
10. Moretti R., Peinkhofer C. B vitamins and fatty acids: what do they share with small vessel disease-related dementia? *Int J Mol Sci.* 2019; 22 (20): 5797. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20225797>
11. Kodentsova V.M., Risnik D.V. Vitamin and mineral supplements. Rational use in therapy. *Vestnik terapevta [Bulletin of the therapist]*. 2018; 3 (9). URL: <http://rusmg.ru/images/2018/vt-9.htm>
12. Dai Q., Zhu X., Manson J.E., Song Y., Li X., Franke A.A., et al. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial. *Am J Clin Nutr.* 2018; 108 (6): 1249–58. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy27>
13. Reddy P., Edwards L.R. Magnesium supplementation in vitamin D deficiency. *Am J Ther* 2019; 26 (1): e124–32. DOI: <https://doi.org/10.1097/MJT.0000000000000538>
14. Bischoff-Ferrari H. Vitamin D – from essentiality to functionality. *Int J Vitam Nutr Res.* 2012; 82 (5): 321–6. DOI: <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000126>
15. Ilie P.C., Stefanescu S., Smith L. The role of vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality. *Aging Clin Exp Res.* 2020; 32 (7): 1195–8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01570-8>
16. Pludowski P., Holick M.F., Grant W.B., Konstantynowicz J., Mascarenhas M.R., Haq A., et al. Vitamin D supplementation guidelines. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2018; 175: 125–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2017.01.021>
17. Bouillon R., Marcocci C., Carmeliet G., Bikle D., White J.H., Dawson-Hughes B., et al. Skeletal and extraskelatal actions of vitamin D: current evidence and outstanding questions. *Endocr Rev.* 2019; 40 (4): 1109–51. DOI: <https://doi.org/10.1210/er.2018-00126>
18. Soni M.G., Thurmond T.S., Miller E., Spriggs T., Bendich A., Omaye S. Safety of vitamins and minerals: controversies and perspective. *Toxicol Sci.* 2010; 118 (2): 348–55.
19. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Vitamin status of adult population of the Russian Federation: 1987–2017. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (4): 62–8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>. (in Russian)
20. Kodentsova V.M., Beketova N.A., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Characteristics of vitamin provision in the adult population of the Russian Federation. *Profilakticheskaya meditsina [Preventive Medicine]*. 2018; 21 (4): 32–7. DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed2018214322> (in Russian)
21. Vil'ms E.A., Turchaninov D.V., Yunatskaya T.A., Sokhoshko I.A. Assessment of vitamin provision of the population of the large administrative and economic center of the Western Siberia. *Gigiena i sanitariia [Hygiene and Sanitation]*. 2017; 96 (3): 277–80. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-277-280> (in Russian)
22. Bird J.K., Murphy R. A., Ciappio E.D., McBurney M. Risk of deficiency in multiple concurrent micronutrients in children and adults in the United States. *Nutrients.* 2017; 9 (7): E655. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu9070655>
23. Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Beketova N.A., Pereverzeva O.G., Kosheleva O.V. The experimental model of alimentary polyhypovitaminosis of different degree in rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2012; 81 (2): 51–6. (in Russian)
24. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Sokol'nikov A.A. Efficiency of Various Vitamin Doses for Polyhypovitaminosis Correction in Rats. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]*

25. Ikonen S.T., Erkkola M., Lamberg-Allardt C.J. Vitamin D fortification of fluid milk products and their contribution to vitamin D intake and vitamin D status in observational studies – a review. *Nutrients*. 2018; 10 (8): 1054. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10081054>
26. Zhilinskaya N.V., Gromovykh P.S. Food fortification – a global trend in food industry. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tehnologii* [Food Industry: Science and Technology]. 2019; 12 (3): 31–5. (in Russian)
27. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2017; 86 (4): 113–24. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067> (in Russian)
28. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Multivitamin-mineral complexes «dose–effect» correlation. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; 75 (1): 30–9. (in Russian)
29. Shin H., Eo H., Lim Y. Similarities and differences between alpha-tocopherol and gamma-tocopherol in amelioration of inflammation, oxidative stress and pre-fibrosis in hyperglycemia induced acute kidney inflammation. *Nutr Res Pract*. 2016; 10 (1): 33–41.
30. Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Leonenko S.N., Makarova S.G., Yasakov D.S., Ereshko O.A., et al. Effect of intake of a complex containing 7 vitamins on the vitamin status of children. *Voprosy prakticheskoy pediatrii* [Problems of Practical Pediatrics]. 2018; 13 (5): 45–51. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2018-5-45-51> (in Russian)
31. Feki M., Souissi M., Mokhtar E., Hsairi M., Kaabachi N., Antebi H., et al. Vitamin E and coronary heart disease in Tunisians. *Clin Chem*. 2000; 46 (9): 1401–5.
32. Oh C., Keats E.C., Bhutta Z.A. Vitamin and mineral supplementation during pregnancy on maternal, birth, child health and development outcomes in low-and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2020; 12 (2): E491. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12020491>
33. Keats E.C., Haider B.A., Tam E., Bhutta Z.A. Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004905.pub6>
34. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Gromov A.N., Grishina T.R., Kalachyova A.G., Kerimkulova N.V., et al. Data mining in course and outcome of pregnancy: role of vitamin and mineral complexes. *Meditinskiy alfavit* [Medical Alphabet]. 2018; 1 (6): 10–23. (in Russian)
35. Comerford K.B. Recent developments in multivitamin/mineral research. *Adv Nutr*. 2013; 4 (6): 644–56.
36. Studenikin V.M., Spirichev V.B., Samsonova T.V., Markeeva V.D., Anisimova T.G., Shchukin S.A., et al. Influence of supplementary vitamins donation on morbidity and cognitive functions in children. *Voprosy detskoy dietologii* [Problems of Pediatric Nutrition]. 2009; 7 (3): 32–7. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Тышко Надежда Валерьевна – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи  
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
Телефон: (495) 698-53-64  
E-mail: tnv@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8532-5327>

Тышко Н.В., Садыкова Э.О., Шестакова С.И., Аксюк И.Н.

## Новые источники пищи: от генно-инженерно-модифицированных организмов к расширению биоресурсной базы России

Novel food sources: from GMO to the broadening of Russia's bioresource base

Tyshko N.V., Sadykova E.O., Shestakova S.I., Aksyuk I.N.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Современная стратегия обеспечения человечества пищевой продукцией направлена на поиск выхода из продовольственного кризиса в кратчайшие сроки, производство пищи и кормов к концу XXI в. должно увеличиться не менее чем на 70%. Решение поставленных задач подразумевает не только использование наукоемких технологий, но и расширение продовольственной базы за счет продукции нового вида, ранее не употреблявшейся человеком в пищу. В Российской Федерации формирование подходов к оценке безопасности пищевой продукции нового вида регулируется на государственном уровне и является важнейшим условием возможности использования такой продукции. Отечественный опыт второй половины XX в. в области оценки безопасности новых источников пищи можно разделить на два этапа, первый из них датируется серединой 1960-х гг., когда советскими учеными, в частности сотрудниками Института питания АМН СССР под руководством академика А.А. Покровского, были разработаны подходы к определению биологической ценности и безвредности белковых продуктов микробиологического синтеза. Вторым этапом, начавшимся в середине 1990-х гг. и продолжающимся по настоящее время, включал создание системы оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения (ГМО). Начиная с момента ее формирования в 1995–1996 гг. были разработаны 9 методических документов, регламентирующих методы оценки безопасности и порядок организации контроля*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена при финансировании Российского научного фонда (проект № 20-16-00083).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Тышко Н.В., Садыкова Э.О., Шестакова С.И., Аксюк И.Н. Новые источники пищи: от генно-инженерно-модифицированных организмов к расширению биоресурсной базы России // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 100–109. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10046

Статья поступила в редакцию 04.06.2020. Принята в печать 29.07.2020.

**Funding.** The research work was carried out with funding from the Russian Science Foundation (project No. 20-16-00083).

**Conflict of interests.** The authors claim that there is no conflict of interest.

**For citation:** Tyshko N.V., Sadykova E.O., Shestakova S.I., Aksyuk I.N. Novel food sources: from GMO to the broadening of Russia's bioresource base. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 100–9. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10046 (in Russian)

Received 04.06.2020. Accepted 29.07.2020.

ГМО. Полностью сформированная к 2020 г. система оценки безопасности была использована при проведении государственной регистрации 27 линий ГМО, предварительно прошедших полный цикл медико-биологических исследований и разрешенных для использования в питании населения Евразийского экономического союза. В рамках выполнения этой работы был накоплен значительный фактический материал, созданы нормативно-методическая база и существенный задел для дальнейших фундаментальных и прикладных научных исследований в области создания и обеспечения безопасности новых видов пищевой продукции.

**Ключевые слова:** новые пищевые продукты, генно-инженерно-модифицированные организмы, нетрадиционные источники продовольственного сырья, съедобные насекомые, подходы к оценке безопасности пищевой продукции нового вида

*The modern strategy of humanity food providing is aimed at finding the exit from the food crisis in the shortest possible time, by the end of XXI century food and feed production should increase by at least 70%. These tasks solution implies not only the use of science-oriented technologies, but also the expansion of the food base by means of novel food sources, which don't have a history of safe use. In the Russian Federation the formation of novel food's safety assessment approaches is regulated at the state level and is the most important requirement for the possibility of usage. Russian experience of the second half of the XX century in the area of novel food sources' biomedical research unites two stages. The first of them dates back to the middle of the 1960s', when the Soviet scientists, in particular, the workforce of the Institute of Nutrition of the USSR Academy of Medical Sciences, under the leadership of Academician A.A. Pokrovskii, have developed the evaluation approaches of the biological value and safety of microbial synthesized protein. The second stage of the safety assessment research development was the work with the genetically modified organisms of plant origin (GMO), that begun in the middle of the 1990s'. Since the moment of formation in 1995–1996, 9 methodical guidelines that regulate methods of safety assessment and control over GMO have been developed. Comprehensively formed by 2020, safety assessment system has been used in the framework of 27 GMO lines state registration that passed a whole cycle of medical and biological research and were allowed for use in nutrition of the population of the Eurasian Economic Union. Within the framework of these research a considerable amount of factual material has been accumulated, a regulatory and methodological basis has been built, and a substantial background for further fundamental and applied scientific research in the field of development and safety assessment of novel food has been created.*

**Keywords:** novel food, genetically modified organisms, non-traditional sources of food raw materials, edible insects, approaches to the safety assessment of novel food

На всех этапах развития общества создание продовольственной базы было залогом выживания человека, основой процветания любого государства. Каждый год человечество в среднем увеличивается на 83 млн человек, при этом темпы производства пищевой продукции все более отстают от темпов роста населения. В 2017 г. численность населения Земли достигла 7,6 млрд человек, к 2030 г. эта цифра повысится до 8,6 млрд, к 2050 г. – до 9,8 млрд, к 2100 г. – до 11,2 млрд [1, 2]. Современный человек в сутки потребляет около 800 г пищевых продуктов и 2 л воды, т.е. ~7,6 млрд человек за сутки съедают более 6 млн тонн пищи. Уже сейчас дефицит пищевых продуктов в мире превышает 70 млн тонн, около 108 млн человек в 48 странах страдают от недостаточности питания [3]. Решение проблемы увеличения производства пищевых продуктов старыми методами уже невозможно ввиду ряда экологических, экономических и социальных проблем. Несмотря на то что за последние 40 лет производство сельскохозяйственной

продукции выросло более чем в 2 раза (за счет селекции и усовершенствования агрономических подходов), его дальнейший рост представляется маловероятным. Таким образом, в свете новых глобальных вызовов, создающих непропорциональную нагрузку на экосферу Земли, назрела необходимость последовательной переориентации традиционного сельского хозяйства в соответствии с принципами устойчивого развития, позволяющими свести к минимуму воздействие на окружающую среду.

Современная стратегия обеспечения человечества пищевой продукцией должна быть направлена на поиск выхода из продовольственного кризиса в кратчайшие сроки, а к 2100 г. производство пищи и кормов должно увеличиться не менее чем на 70%. Решение поставленных задач подразумевает не только использование наукоемких технологий, в первую очередь направленных на снижение потерь на всех этапах производственной цепи, но и расширение продовольственной базы

за счет новых ресурсов. Согласно прогнозам, пища XXI в. будет представлена сочетанием: 1) традиционных продуктов; 2) продуктов, полученных с использованием новых технологических процессов (например, химического синтеза); 3) генно-инженерно-модифицированных организмов (ГМО) растительного, животного и микробного происхождения с улучшенными агрономическими (устойчивость к пестицидам, вредителям, вирусам и т.п.), пищевыми (измененный состав белков, жиров, углеводов, повышенное содержание витаминов, гипоаллергенные продукты) и потребительскими свойствами (продолжительный срок хранения, улучшение органолептических свойств и т.п.); 4) продуктов, полученных с использованием нетрадиционных источников (например, пищевых ресурсов мирового океана – аквакультуры; организмов, быстро наращивающих массу, – насекомых, микроорганизмов, микроскопических грибов) [1].

Поскольку все вышеперечисленные виды пищевой продукции, за исключением традиционной пищи, относятся к пищевой продукции нового вида, ранее не употреблявшейся человеком в пищу, обеспечение безопасности такой продукции регулируется на государственном уровне. Новые источники пищи, как и пища, полученная с помощью новых технологий, нуждаются в более строгой регламентации процесса оценки безопасности из-за потенциальной возможности появления продуктов, которые, отличаясь от традиционных по пищевой ценности, токсикологическим и аллергенным показателям, могут представлять угрозу для здоровья. Причина такой возможности кроется как в свойствах макро- и микронутриентов и их метаболитов, так и в возможности присутствия неизвестных минорных компонентов. Сложность идентификации минорных компонентов состоит в том, что отсутствует информация не только об их химической структуре, но и о самом факте их присутствия в данном продукте. В соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», безопасность пищевой продукции определяется как

«...состояние пищевой продукции, свидетельствующее об отсутствии недопустимого риска, связанного с вредным воздействием на человека и будущие поколения...», поэтому формирование подходов к оценке безопасности пищевой продукции нового вида является важнейшим условием возможности ее использования.

### Отечественный опыт в области медико-биологических исследований новых источников пищи

Отечественный опыт второй половины XX в. в области медико-биологических исследований новых источников пищи объединяет два этапа, первый датируется серединой 1960-х гг., когда советскими учеными, в частности сотрудниками Института питания АМН СССР под руководством академика А.А. Покровского, были разработаны подходы к определению биологической ценности и безвредности белковых продуктов микробиологического синтеза (белка дрожжей, вырабатываемых на основе парафинов нефти, этанола, метанола и других субстратов), предназначенных для кормления сельскохозяйственных животных (рис. 1). К середине 1980-х гг. в СССР была создана самая мощная в мире микробиологическая промышленность. В стране работали 10 заводов, производившие 1,5 млн тонн кормового белка, использовавшегося в птицеводстве и животноводстве. На тот период времени концентрация научной мысли в области сбора доказательств безопасности белка микробиологического синтеза достигла апогея. По этой проблеме работали более 70 НИИ, входящих в структуру АН СССР, АМН СССР, ВАСХНИЛ, а также Минздрава, Минсельхоза, Главмикробиопрома СССР, ряд институтов ГДР (рис. 2) [4, 5].

Концепция оценки безопасности продуктов микробиологического синтеза включала не только использование стандартных методов выявления острой, хронической и репродуктивной токсичности, тератогенного, мутаген-



**ПОКРОВСКИЙ  
Алексей Алексеевич**  
академик АМН СССР,  
директор Института  
питания АМН СССР

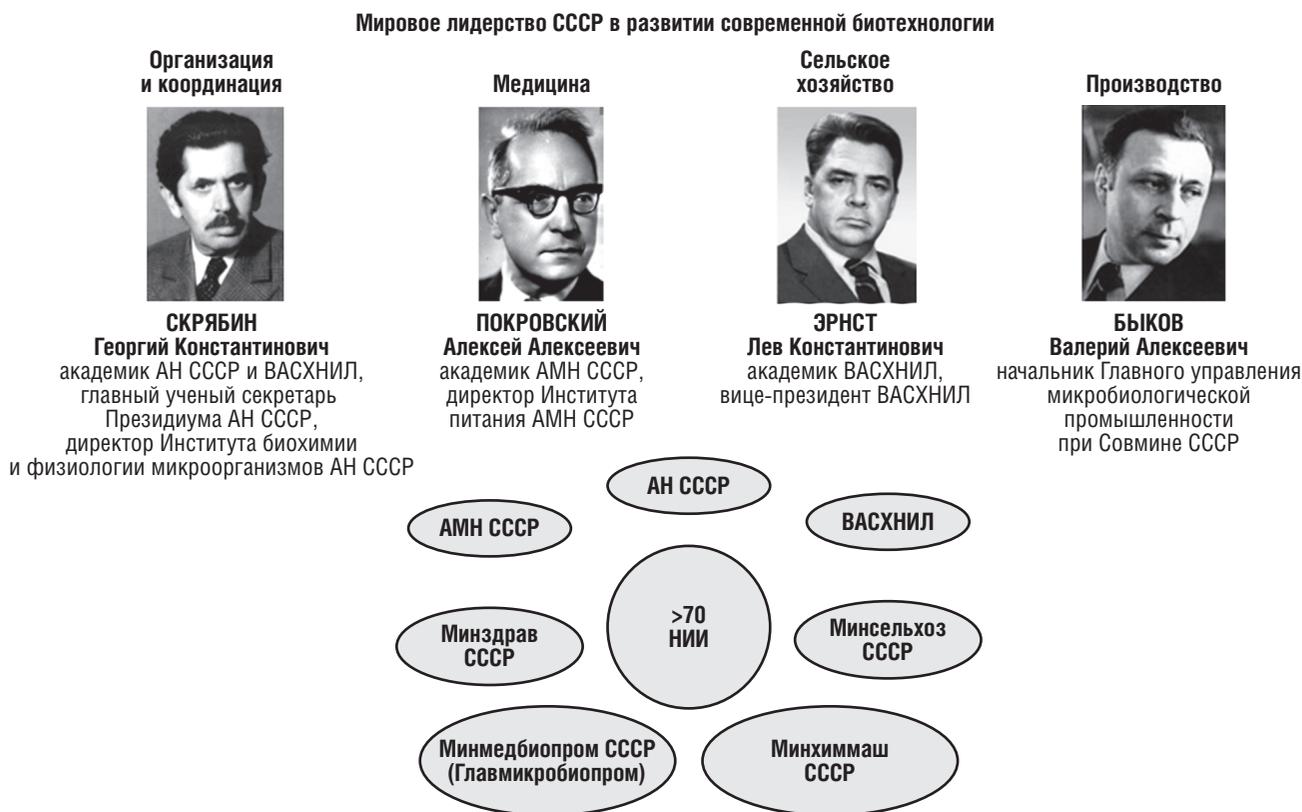
#### Формирование методических подходов в области оценки безопасности и эффективности продукции микробиологического синтеза



Андрюсов А.Н. Нестерин М.Ф. Аксюк И.Н. Тутельян В.А. Гаппаров М.М.Г. Кравченко Л.В. Левачев М.М. Высоцкий В.Г.

**Рис. 1.** Опыт Института питания Академии медицинских наук СССР и Федерального исследовательского центра питания и биотехнологии

**Fig. 1.** The experience of the Institute of Nutrition of the USSR Academy of Medical Sciences and the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety



**Рис. 2.** Мировое лидерство СССР в развитии современной биотехнологии

**Fig. 2.** USSR global leadership in the development of the modern biotechnology

ного, канцерогенного эффектов, но и использование инновационных на тот период методов, позволяющих определить влияние кормовых белков, синтезируемых углеводородными дрожжами, на состояние основных адаптационных систем организма, течение метаболических процессов и т.п. [6, 7]. Такой подход к оценке безопасности новых источников пищи со временем был значительно расширен, в частности особое внимание стало уделяться системам, осуществляющим защиту организма от воздействия токсичных соединений экзо- и эндогенного происхождения – системам ферментов метаболизма ксенобиотиков и ферментов лизосом [6–8]. В результате была получена исчерпывающая доказательная база, свидетельствующая о безопасности применения этого вида кормового белка.

### Создание системы оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения

Вторым этапом развития подходов к оценке безопасности новых источников пищи стала начатая в середине 1990-х гг. под руководством академика РАН В.А. Тутельяна работа по созданию системы оценки безопасности ГМО растительного происхождения, включавшая формирование как законодательной и нормативной базы, так и адекватных методических подходов, га-

рантирующих безопасность новой пищевой продукции. Действующая в настоящее время в Российской Федерации система оценки безопасности ГМО является результатом совместных усилий целого ряда лабораторий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (табл. 1) [4, 5, 9].

Помимо ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», в работе по обеспечению безопасности ГМО принимали участие ведущие научно-исследовательские учреждения РФ:

- ФИЦ Биотехнологии РАН;
- ФГБНУ «НИИВС им. И.И. Мечникова»;
- ФГБНУ «НИИ фармакологии им. В.В. Закусова»;
- ФГБНУ «НИИ биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича»;
- ФГУН «ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора;
- ФБУН Центральный НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора;
- ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора;
- ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет);
- ФГБУ «НИЦ эпидемиологии и микробиологии им. почетного академика Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России;
- ВНИИ зерна и продуктов его переработки – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН;

Таблица 1. Участники формирования методических подходов в области оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов

Table 1. The participants of the developing of the methodical approaches for the genetically modified organisms safety assessment

Лаборатории ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» <i>The laboratories of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety</i>	Сотрудники, принимавшие участие в работе <i>The employees who participated in the work</i>
Лаборатория оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи	И.Н. Аксюк, М.М.Г. Гаппаров, Н.В. Тышко, Е.Ю. Сорокина, О.Н. Чернышева, Н.А. Кирпатовская, В.М. Жминченко, В.А. Пашорина, Н.Т. Утембаева, К.Е. Селяскин, Э.О. Садыкова, С.И. Шестакова, Н.С. Никитин, М.С. Логинова, М.Д. Требух и др.
Лаборатория энзимологии питания	Л.В. Кравченко, Л.И. Авреньева, Г.Н. Гусева, И.В. Аксенов, И.Б. Седова и др.
Лаборатория иммунологии	Э.Н. Трушина, О.К. Мустафина и др.
Лаборатория пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий	С.А. Хотимченко, И.В. Гмошинский и др.
Лаборатория пищевых биотехнологий и специализированных продуктов	В.К. Мазо, С.Н. Зорин, А.А. Кочеткова, В.А. Саркисян и др.
Лаборатория метаболизма и протеомного анализа	К.И. Эллер, Х.С. Сото и др.
Лаборатория эпидемиологии питания	А.К. Батулин, Э.Э. Кешабянец и др.
Лаборатория биобезопасности и анализа нутримикробиома	С.А. Шевелева, Н.Р. Ефимочкина и др.

- ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

Начиная с момента формирования подходов к изучению ГМО в 1995–1996 гг. разработаны 9 методических документов, регламентирующих методы оценки безопасности и организации контроля за ГМО (МУК 2.3.2.970-00, МУ 2.3.2.1917-04, МУ 2.3.2.2306-07, МУК 4.2.3105-13, МУК 4.2.3309-15, МУ 2.3.2.3388-16, МУК 4.2.3389-16, МУК 4.2.3390-16, МУК 4.2.3586-19), а также 2 дополнения к санитарным нормам и правилам – СанПиН 2.3.2.2227-07 и СанПиН 2.3.2.2340-08 «Дополнения и изменения № 5 и № 6 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [10].

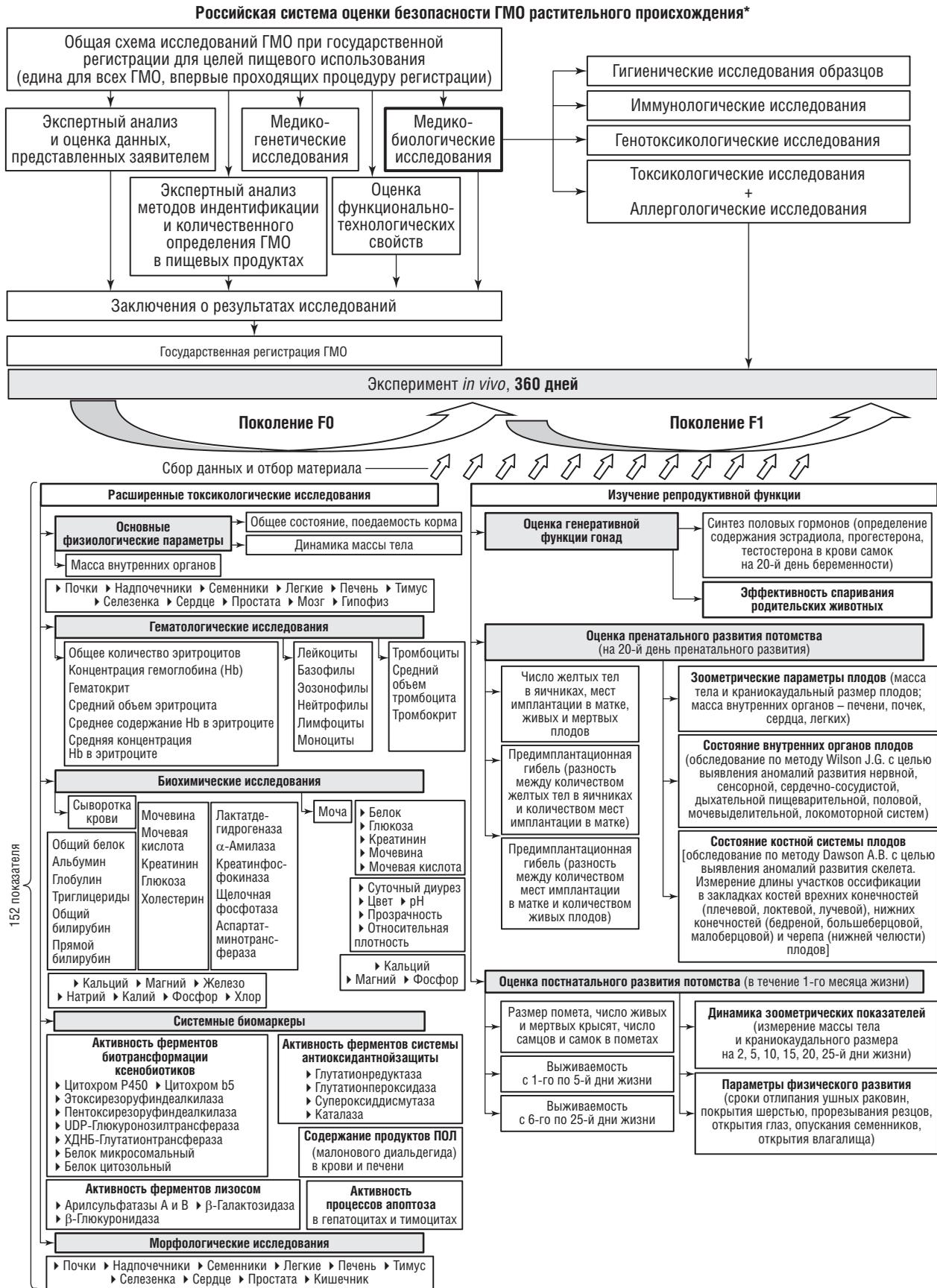
Полностью сформированная к 2020 г. система оценки безопасности (рис. 3) была использована в рамках государственной регистрации 27 ГМО в Российской Федерации: с 1999 по 2020 г. 10 линий сои, 15 линий кукурузы, 1 линия риса и 1 линия сахарной свеклы прошли полный цикл медико-биологических исследований и разрешены для использования в питании населения России (в экспериментах было использовано более 22 000 лабораторных животных, проведено более 250 000 анализов) [4, 5, 9, 11–13].

### Перспективы дальнейшего совершенствования системы оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов

Изучая перспективы развития генной инженерии, можно выделить два основных направления, первое из которых – расширение ассортимента продовольственных культур. Это может быть достигнуто расширением ареала выращивания, например тропических плодов, посредством повышения их устойчивости к умеренному климату, засухе и т.п.; расширением потенциала использования за счет придания новых полезных свойств менее популярным растениям, таким как, например,

маниок или просо, характеризующимся низкой пищевой ценностью и синтезом антиалиментарных веществ. В целом это направление может быть реализовано с помощью уже существующих методов и знаний, поэтому такой путь с определенной долей условности можно назвать микроэволюционным, максимальная эффективность которого может быть достигнута только в условиях сопутствующего формирования логистических и технологических протоколов, обеспечивающих снижение потерь при хранении, доставке и переработке [14].

Второе направление более амбициозное и революционное, в его рамках рассматриваются возможные способы перепроектирования фотосинтеза с модели С3 (в которой первым продуктом фотосинтеза является фосфоглицериновая кислота, содержащая 3 атома углерода) на более эффективную модель С4 (в которой первым продуктом фотосинтеза являются органические кислоты не с тремя, а с четырьмя атомами углерода – цавелевоуксусная и яблочная). К С3-растениям относится около 95% растительной биомассы Земли, в том числе сельскохозяйственно значимые рис, пшеница, ячмень и др.; к С4-растениям, появившимся в процессе эволюции значительно позже С3-растений, относятся многие тропические и субтропические виды, и среди них такие важные культуры, как сахарный тростник, просо, сорго и кукуруза. В настоящее время над способами введения нового фотосинтетического аппарата в растения риса работает международная исследовательская группа. Первый этап данной работы – выявление генов, отвечающих за реализацию механизма С4 в растениях, и определение генетических элементов, которые потребуются для функционирования этих генов в реципиентных организмах [15]. Есть все основания предполагать, что изменение модели фотосинтеза не только непосредственно повысит его производительность, но и повлияет на эффективность использования азота, воды, а также обеспечит устойчивость к высоким температурам. Отдельным направлением развития генной инженерии можно считать открытые сравнительно недавно



\* – МУ 2.3.2.2306-07, МУ 2.3.2.3388-16.

**Рис. 3.** Российская система оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов (ГМО) растительного происхождения  
**Fig. 3.** The Russian system of plant origin genetically modified organisms safety assessment

технологии редактирования генома, которые имеют все предпосылки для изменения темпов и направлений исследований в области селекции сельскохозяйственных растений.

Масштабное использование современных технологий и создание новых хозяйственно ценных и высокоурожайных сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов предопределяет необходимость дальнейшего совершенствования методологии оценки безопасности, в частности применения геномных (геном-ориентированных) и постгеномных подходов.

Появление ГМО животного происхождения, в том числе рыбы и птицы, привело к необходимости формирования системы оценки безопасности и процедуры государственной регистрации таких ГМО в Российской Федерации [16]. В рамках выполнения поисковых научных исследований Минобрнауки России № 0529-2018-0113 «Развитие методической и нормативной базы для обеспечения современных требований к качеству пищевой продукции и разработка технологий оценки эффективности специализированных пищевых продуктов» сформирован проект методических указаний «Медико-биологическая оценка безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов животного происхождения, в том числе рыбы и птицы», который до конца 2020 г. будет представлен в Роспотребнадзор для утверждения в установленном порядке.

### **Съедобные насекомые**

В последние годы во всем мире возрос интерес к использованию альтернативных источников белка, в частности белка насекомых. В 2013 г. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Food and Agriculture Organization, FAO) опубликовала результаты исследований «Съедобные насекомые: перспективы продовольственной и кормовой безопасности», свидетельствующие о выдающихся пищевых качествах представителей этого класса. Показано, что содержание белка в биомассе насекомых составляет, по разным оценкам, 13–77%, тогда как в говядине – 19–26%, в тилапии – 16–19%, в креветках – 13–27%, при этом полноценность белка биомассы насекомых сопоставима с таковой белков животного происхождения, рыбы и морепродуктов. По сравнению с традиционными сельскохозяйственными животными насекомые потребляют намного меньше ресурсов: для производства 1 кг съедобного белка из насекомого требуется в 500 раз меньше воды, в 10 раз меньше земли, чем для выращивания 1 кг говяжьего белка, также насекомые выделяют значительно меньше парниковых газов, чем большинство животных (в 80 раз меньше метана) [17–21].

Съедобные насекомые всегда были частью рациона человека в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и Южной Америки – в Мексике, Австралии и Китае мно-

гие виды насекомых уже имеют тысячелетнюю историю безопасного употребления в пищу, тогда как в Европейском союзе (ЕС), Соединенных Штатах Америки (США) и Канаде использование насекомых для пищевых целей является современным трендом, определяемым заботой об экологии, борьбой с глобальным потеплением и т.п., поэтому и правовые нормы, регулирующие использование насекомых в качестве пищевых продуктов и продовольственного сырья, в разных странах имеют существенные отличия. В Китае насекомые, имеющие длительную историю безопасного использования, не являются новыми продуктами и не подлежат мониторингу со стороны Государственного управления по контролю продуктов питания и медикаментов [22, 23].

В США также отсутствуют четкие требования, касающиеся съедобных насекомых. Позиция Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration, FDA) в отношении съедобных насекомых, разрешенных для пищевого использования, заключается в том, что насекомые должны быть выращены специально для потребления человеком; должны соответствовать стандартам FDA, включая бактериологические испытания и сертификацию надлежащей производственной практики; на этикетке продукта должны быть указаны общее и научное название насекомого, а также потенциальный риск возникновения аллергии. Импорт из других стран разрешен, и FDA уже обновило свое предварительное уведомление об импорте с перечнем съедобных продуктов из насекомых.

В ЕС до принятия нового закона о пищевых продуктах статус регулирования насекомых оставался весьма спорным. В действовавшем до 2018 г. пищевом регламенте насекомые не упоминались как новая пища, что привело к возникновению дифференцированных подходов европейских стран-участниц. В некоторых государствах ЕС целые насекомые и их части рассматривались вне рамок регулирования пищевых продуктов, и их размещение на рынке не требовало предварительного разрешения, в то время как другие государства – члены ЕС рассматривали насекомых как новый пищевой продукт, подлежащий процедуре оценки риска, предусмотренной законодательством. С принятием в 2015 г. закона ЕС 2015/2283 «О новой пище», вступившего в действие 01.01.2018, был уточнен правовой статус съедобных насекомых: насекомые и их части теперь подпадают под определение «новых пищевых продуктов», и они должны быть разрешены к продаже до их появления на рынке [24–28].

В соответствии с положениями «Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента РФ от 30.01.2010 № 120, обеспечение продовольственной независимости страны является одной из приоритетных задач государства, в решении которой первое место занимает устойчивое развитие сельскохозяйственного производства. Принимая во внимание возросший интерес российских производителей к насекомым как к источнику пищевых

и кормовых ингредиентов (так, уже функционируют несколько предприятий, выращивающих насекомых для кормовых целей) было необходимо инициировать разработку порядка государственной регистрации такой продукции, основанного на проведении комплексных медико-биологических исследований, гарантирующих безопасность новой продукции для потребителей. Эта работа была начата в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в мае 2020 г. в рамках выполнения гранта Российского научного фонда на проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований в 2020–2022 гг. «Формирование алгоритма исследований и разработка подходов к оценке безопасности новых источников пищи, полученных с использованием насекомых» № 20-16-00083.

## Заключение

В сложившейся практике исследований безопасности новых источников пищи комплексный подход является одним из фундаментальных требований. Решение о безопасности должно быть основано на целом ряде данных, полученных в экспериментах *in vivo*. Следует отметить, что формирование оптимального перечня исследований, необходимых для каждого вида новой продукции, является отдельным направлением научной работы, которая должна проводиться практически непрерывно, поскольку развитие новых технологий получения пищи и появление новых видов пищи будет требовать разработки подходов к оценке их безопасности.

Разумеется, классические токсикологические методы являются краеугольным камнем в формировании каждой системы оценки безопасности новых источников пищи, однако набор исследований должен варьировать в зависимости от свойств продуктов (например, пищевой продукт, полученный с помощью химического синтеза и представляющий собой монокомпонент, требует другого набора исследований, чем ГМО, являющийся живым организмом).

Научный прогресс определяет возникновение новых направлений, дисциплин и методов, позволяющих полнее понять структурные и функциональные особенности живых систем. Одной из стратегических задач на-

шего развития мы считаем привлечение новых методов и знаний в область токсикологических исследований (например, достижения в области онкологии, позволяющие не только выявлять новообразования на ранней стадии развития, но и прогнозировать риск развития опухолей, могут быть использованы при изучении мутагенных и канцерогенных свойств продуктов). Поиск чувствительных и специфичных биомаркеров, реагирующих на негативные воздействия, также является постоянным и важным аспектом научной работы, который не потеряет своей актуальности в ближайшие десятилетия. Внедрение новых методов и изучаемых показателей в систему исследований безопасности подразумевает большой объем работ, направленных в том числе на подтверждение в модельных экспериментах целесообразности использования каждого биомаркера.

Также важным направлением деятельности является поиск новых моделей, позволяющих повысить информативность исследований. В качестве вероятных путей развития в этом направлении мы видим, во-первых, использование в качестве биологических моделей лабораторных животных, которых традиционно выбирают для токсикологических исследований (например, крыс линий Wistar, Sprague Dawley и др.) для разработки моделей снижения адаптационного потенциала, позволяющих декомпенсировать адаптационные процессы здорового организма и выявить эффекты негативного воздействия; во-вторых, использование новых биологических объектов, облегчающих экстраполяцию результатов тестирования на человека (здесь возможен диапазон: от культур клеток и отдельных органов до ГМО и организмов, полученных с помощью синтетической биологии, максимально сходных по своим биохимическим, физиологическим, патологическим реакциям с организмом человека); в-третьих, развитие информационных технологий, по всей вероятности, приведет к появлению токсикологических методов *in silico*, которые позволят с высокой степенью достоверности прогнозировать действие изучаемых биологических объектов на организм человека.

Таким образом, дальнейшее расширение биоресурсной базы для пищевой промышленности требует непрерывного совершенствования подходов к оценке безопасности новых источников пищи, оставаясь актуальной проблемой гигиены питания.

## Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

Тышко Надежда Валерьевна (*Nadezhda V. Tyshko*) – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи

E-mail: [tnv@ion.ru](mailto:tnv@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-8532-5327>

Садыкова Эльвира Олеговна (*Elvira O. Sadykova*) – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи

E-mail: [seo@ion.ru](mailto:seo@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-5446-5653>

Шестакова Светлана Игоревна (Svetlana I. Shestakova) – младший научный сотрудник лаборатории оценки безопасности биотехнологий и новых источников пищи

E-mail: svetix-i@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0279-4134>

Аксюк Ирина Николаевна (Irina N. Aksyuk) – кандидат медицинских наук

E-mail: ira.axiuk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2639-1014>

## Литература

1. FAO. How to Feed the World in 2050. URL: <http://www.fao.org/>
2. United Nations, 2017. World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. URL: <https://population.un.org/wpp/>
3. ISAAA. 2017. Global status of commercialized biotech/GM crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years // ISAAA Brief No. 53. Ithaka, N.Y.: ISAAA, 2017. 143 p.
4. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / под ред. В.А. Тутельяна. Москва: Изд-во РАМН, 2007. 444 с.
5. Genetically Modified Food Sources. Safety Assessment and Control / ed. V.A. Tutelyan. San Diego: Elsevier; Academic Press, 2013. 338 p.
6. Медико-биологические исследования углеводородных дрожжей (1964–1970 гг.) / отв. ред. А.А. Покровский. Москва: Наука. 1972. 468 с.
7. Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. Москва: Медицина, 1979. 184 с.
8. Кравченко Л.В., Кузьмина Е.Э., Авреньева Л.И., Поздняков А.Л., Кулакова С.Н., Левачев М.М. Влияние степени окисленности рыбьего жира на функциональное состояние ферментов метаболизма ксенобиотиков // Вопросы питания. 1994. № 4. С. 13–16.
9. Tyshko N.V., Sadykova E.O. Genetically modified food products: development of safety assessment system in Russia // Health Risk Analysis. 2018. Vol. 4. P. 119–126.
10. Тышко Н.В. Контроль за генно-инженерно-модифицированными организмами растительного происхождения в пищевой продукции: научное обоснование и методическое обеспечение // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 5. С. 29–33.
11. Tyshko N.V., Zhminchenko V.M., Selyaskin K.E., Pashorina V.A., Utembaeva N.T., Tutelyan V.A. Assessment of the impact of genetically modified LibertyLink® maize on reproductive function and progeny development of Wistar rats in three generations // Toxicol. Rep. 2014. Vol. 1. P. 330–340.
12. Tsatsakis A.M., Nawaz M.A., Tutelyan V.A., Golokhvast K.S., Kalantzi O.I., Chung D.H. et al. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food // Food Chem. Toxicol. 2017. Vol. 107. P. 108–121.
13. Tyshko N.V., Shestakova S.I. Model of vitamin and mineral deficiency for toxicological research: apoptosis activity under conditions of CCL4 intoxication // Toxicol. Rep. 2019. Vol. 6. P. 151–154.
14. Sedeek K.E.M., Mahas A., Mahfouz M. Plant genome engineering for targeted improvement of crop traits // Front. Plant Sci. 2019. Vol. 10. Article ID 114. 16 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00114>
15. Nowicka B., Ciura J., Szymańska R., Kruk J. Improving photosynthesis, plant productivity and abiotic stress tolerance – current trends and future perspectives // J. Plant Physiol. 2018. Vol. 231. P. 415–433. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.10.022>
16. Tutelyan V.A., Tyshko N.V., Sadykova E.O. Food derived from genetically modified animals: formation of safety assessment system and new approaches to toxicological research // Toxicol. Lett. 2019. Vol. 314, suppl. 1. P. 241–242.
17. van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. et al. Edible insects. Future prospects for food and feed security // FAO Forestry Paper 171. Rome, 2013.
18. Collins C.M., Vaskou P., Kountouris Y. Insect food products in the western world: assessing the potential of a new «green» market // Ann. Entomol. Soc. Am. 2019. Vol. 112, N 6. P. 518–528. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/saz015>
19. Makkar H. Review. Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change // Animal. 2018. Vol. 12, N 8. P. 1744–1754. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111700324X>
20. Rumpold B.A., Schlüter O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects // Mol. Nutr. Food Res. 2013. Vol. 57, N 5. P. 802–823. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
21. Kim S.W., Less J.F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S.J. et al. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy // Ann. Rev. Animal Biosci. 2019. Vol. 7. P. 221–243. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014838>
22. van der Spiegel M., Noordam M., van der Fels-Klerx H. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2013. Vol. 12. P. 662–678. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>
23. Belluco S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi C.C., Paoletti M.G. et al. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2013. Vol. 12. P. 296–313. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
24. Garino C., Zagon J., Braeuning A. Insects in food and feed – allergenicity risk assessment and analytical detection // EFSA J. 2019. Vol. 17, N S2. Article ID e170907. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.e170907>
25. Administrative guidance on the submission of applications for authorization of a novel food pursuant to Article 10 of Regulation (EU) 2015/2283 // EFSA Support. Publ. 2018. Vol. 2018. Article ID EN-1381. 22 p. DOI: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1381>
26. Brodmann T., Endo A., Gueimonde M., Vinderola G., Kneifel W., de Vos W.M. et al. Safety of novel microbes for human consumption: practical examples of assessment in the European Union // Front. Microbiol. 2017. Vol. 8. P. 1725. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01725>
27. SHC F. Food safety aspects of insects intended for human consumption (Sci Com dossier 2014/04; SHC dossier no 9160). The FASFC's Scientific Committee and the Committee of the Superior Health Council (SHC). 2014.
28. Mancini S., Sogari G., Menozzi D., Torracca B., Moruzzo R. et al. Factors predicting the intention of eating an insect-based product // Foods. 2019. Vol. 8. P. 270.

## References

1. FAO. How to Feed the World in 2050. URL: <http://www.fao.org/>
2. United Nations, 2017. World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. URL: <https://population.un.org/wpp/>
3. ISAAA. 2017. Global status of commercialized biotech/GM crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. In: ISAAA Brief No. 53. Ithaka, N.Y.: ISAAA, 2017. 143 p.

4. Tutelyan V.A. (ed.). *Genetically Modified Food Sources: Safety Assessment and Control*. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2007: 444 p. (in Russian)
5. *Genetically Modified Food Sources. Safety Assessment and Control*. Edited by V.A. Tutelyan. San Diego: Elsevier; Academic Press, 2013: 338 p.
6. Pokrovskiy A.A. (ed.). *Biological and medical research on hydrocarbon yeast (1964–1970)*. Moscow: Nauka. 1972: 468 p. (in Russian)
7. Pokrovskiy A.A. *Metabolic aspects of food pharmacology and toxicology*. Moscow: Meditsina, 1979: 184 p. (in Russian)
8. Kravchenko L.V., Kuz'mina E.Ye., Avren'eva L.L., Pozdnyakov A.L., Kulakova S.N., Levachev M.M. Influence of fish oil oxidation level on the xenobiotics metabolism enzymes functional state. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 1994; (4): 13–6. (in Russian)
9. Tyshko N.V., Sadykova E.O. Genetically modified food products: development of safety assessment system in Russia. *Health Risk Analysis*. 2018; 4: 119–26.
10. Tyshko N.V. Control over genetically modified organisms of plant origin in food products: scientific justification and methodological support. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (5): 29–33. (in Russian)
11. Tyshko N.V., Zhminchenko V.M., Selyaskin K.E., Pashorina V.A., Utembaeva N.T., Tutelyan V.A. Assessment of the impact of genetically modified LibertyLink® maize on reproductive function and progeny development of Wistar rats in three generations. *Toxicol Rep*. 2014; 1: 330–40.
12. Tsatsakis A.M., Nawaz M.A., Tutelyan V.A., Golokhvast K.S., Kalantzi O.I., Chung D.H., et al. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food Chem Toxicol*. 2017; 107: 108–21.
13. Tyshko N.V., Shestakova S.I. Model of vitamin and mineral deficiency for toxicological research: apoptosis activity under conditions of CCL4 intoxication. *Toxicol Rep*. 2019; 6: 151–4.
14. Sedeek K.E.M., Mahas A., Mahfouz M. Plant genome engineering for targeted improvement of crop traits. *Front Plant Sci*. 2019; 10: 114. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00114>
15. Nowicka B., Ciura J., Szymańska R., Kruk J. Improving photosynthesis, plant productivity and abiotic stress tolerance – current trends and future perspectives. *J Plant Physiol*. 2018; 231: 415–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.10.022>
16. Tutelyan V.A., Tyshko N.V., Sadykova E.O. Food derived from genetically modified animals: formation of safety assessment system and new approaches to toxicological research. *Toxicol Lett*. 2019; 314 (1): 241–2.
17. van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., et al. Edible insects. Future prospects for food and feed security. In: *FAO Forestry Paper 171*. Rome, 2013.
18. Collins C.M., Vaskou P., Kountouris Y. Insect food products in the western world: assessing the potential of a new «green» market. *Ann Entomol Soc Am*. 2019; 112 (6): 518–28. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/saz015>
19. Makkar H. Review. Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. *Animal*. 2018; 12 (8): 1744–54. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111700324X>
20. Rumpold B.A., Schlüter O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*. 2013; 57 (5): 802–23. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
21. Kim S.W., Less J.F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S.J., et al. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy. *Ann Rev Animal Biosci*. 2019; 7: 221–43. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014838>
22. van der Spiegel M., Noordam M., van der Fels-Klerx H. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2013; 12: 662–78. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>
23. Belluco S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi C.C., Paoletti M.G., et al. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2013; 12: 296–313. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
24. Garino C., Zagon J., Braeuning A. Insects in food and feed – allergenicity risk assessment and analytical detection. *EFSA J*. 2019; 17 (S2): e170907. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.e170907>
25. Administrative guidance on the submission of applications for authorization of a novel food pursuant to Article 10 of Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Support. Publ*. 2018; 2018: EN-1381. DOI: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1381>
26. Brodmann T., Endo A., Gueimonde M., Vinderola G., Kneifel W., de Vos W.M., et al. Safety of novel microbes for human consumption: practical examples of assessment in the European Union. *Front Microbiol*. 2017; 8: 1725. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01725>
27. SHC F. Food safety aspects of insects intended for human consumption (Sci Com dossier 2014/04; SHC dossier no 9160). The FASFC's Scientific Committee and the Committee of the Superior Health Council (SHC). 2014.
28. Mancini S., Sogari G., Menozzi D., Nuvoloni R., Torracca B., Moruzzo R., et al. Factors predicting the intention of eating an insect-based product. *Foods*. 2019; 8: 270.

**Для корреспонденции**

Хотимченко Сергей Анатольевич – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, первый заместитель директора, заведующий лабораторией пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-52-35  
 E-mail: hotimchenko@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5340-9649>

Хотимченко С.А.<sup>1, 2</sup>, Гмошинский И.В.<sup>1</sup>, Багрянцева О.В.<sup>1, 2</sup>, Шатров Г.Н.<sup>1</sup>

## Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы

Chemical food safety:  
 development  
 of methodological  
 and regulatory base

Khotimchenko S.A.<sup>1, 2</sup>, Gmshinski I.V.<sup>1</sup>,  
 Bagryantseva O.V.<sup>1, 2</sup>, Shatrov G.N.<sup>1</sup>

- <sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва Российская Федерация
- <sup>1</sup> Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation
- <sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

*В обзоре представлены результаты проведенных в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» исследований в направлении пищевой токсикологии, целью которых было совершенствование методологии оценки риска, обоснование гигиенических регламентов содержания контаминантов химической природы в пищевой продукции и разработка методов их обнаружения и количественного определения. Новые вызовы и проблемы, связанные с контролем и нормированием химических загрязнителей пищевой продукции, во-первых, связаны с выявлением ранее не распознанных вредных для здоровья человека химических факторов, а во-вторых, обусловлены прогрессом технологий, сопровождающимся появлением новых источников пищевых веществ и способов технологической обработки пищевой продукции, что наряду со множеством выгод и преимуществ создает потенциальные риски для здоровья потребителей. К числу*

**Финансирование.** Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (тема Минобрнауки России № 0529-2019-0057).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Багрянцева О.В., Шатров Г.Н. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 110–124. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10047

**Статья поступила в редакцию** 20.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The work was carried out at the expense of subsidies for the fulfillment of a state task within the framework of the Program of fundamental scientific research (theme of the Ministry of Education and Science of Russia No. 0529-2019-0057).

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Khotimchenko S.A., Gmshinski I.V., Bagryantseva O.V., Shatrov G.N. Chemical food safety: development of methodological and regulatory base. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 110–24. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10047 (in Russian)

**Received** 20.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

приоритетных химических загрязнителей, для которых требуется совершенствование нормирования и методов контроля, в настоящее время относятся токсичные элементы (органические и неорганические формы мышьяка, ртуть, никель), ветеринарные лекарственные препараты, фикотоксины, фитотоксины, новые микотоксины, различные формы полихлорированных бифенилов и полициклических ароматических углеводородов, биологически активные вещества растительного происхождения, концентрируемые при получении экстрактов, а также так называемые технологические контаминанты, пищевые добавки, остаточные количества технологических вспомогательных средств. Самостоятельную проблему представляет оценка рисков от используемых при производстве пищевой продукции наночастиц и наноматериалов, а также ферментных препаратов и пищевых ингредиентов, производимых при помощи генетически-модифицированных микроорганизмов. Действующая в России система токсиколого-гигиенической оценки и контроля химических контаминантов пищи постоянно совершенствуется на основе новых научных данных по обоснованию допустимых уровней их содержания в продукции и новых методов анализа. Получаемые при этом результаты отражаются в нормативных документах РФ и Евразийского экономического союза.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, контаминанты, токсичность, нормирование, контроль, нанотехнологии, генетически-модифицированные микроорганизмы, ферментные препараты, пищевые добавки

*The review presents the results of studies carried out in the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology in the direction of food toxicology, the purpose of which was to improve the risk assessment methodology, substantiate hygienic regulations for the content of chemical contaminants in foodstuffs and develop methods for their detection and quantitative determination. New challenges and problems associated with the control and regulation of chemical contaminants in foods are associated, firstly, with the identification of previously unrecognized chemical factors harmful to human health, and, secondly, are caused by the progress of technologies, accompanied by the emergence of new sources of nutrients and methods of processing foodstuffs, which, along with many benefits and advantages, creates new potential risks to consumer health. Among the priority chemical pollutants, which should be mentioned currently as objects of improved regulation and control methods, are toxic elements (organic and inorganic forms of arsenic, mercury, nickel), veterinary drugs, phycotoxins, phytotoxins, new mycotoxins, various forms of polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons, biologically active substances of plant origin, concentrated during the production of extracts, as well as so-called technological contaminants, food additives, residual amounts of technological aids. An independent problem is the assessment of risks from nanoparticles and nanomaterials used in the production of foodstuffs, as well as enzyme preparations and food ingredients produced with the help of genetically modified microorganisms. The system of toxicological and hygienic assessment and control of chemical contaminants in foodstuffs operating in Russia is constantly being improved on the basis of new scientific data to substantiate the permissible levels of their content in products and new methods of analysis. The results obtained are reflected in the regulatory documents of the Russian Federation and the Eurasian Economic Union.*

**Keywords:** foodstuff, contaminants, toxicity, rationing, control, nanotechnology, genetically modified microorganisms, enzyme preparations, food additives

Обеспечение химической безопасности пищи является одним из приоритетных направлений деятельности ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (далее – Центр) на протяжении всех лет его существования. Уже в 1930 г., со дня основания Института питания, был создан отдел пищевой гигиены, первым руководителем которого стал профессор Ф.С. Околов. На протяжении многих десятилетий вопросам безопасности пищевых продуктов уделялось самое пристальное внимание. В разные годы в этом направлении работали профессора Ф.Е. Будагян, А.И. Штенберг, И.М. Нейман, доктор медицинских наук А.М. Иваницкий, доктор биологических

наук Г.Н. Архипов, профессор И.М. Скурихин, профессор Г.И. Бондарев, кандидат медицинских наук А.Н. Зайцев, доктор биологических наук Г.Ф. Жукова и др.

Исследования по токсикологической оценке контаминантов пищевых продуктов особенно интенсивно начали проводить с 1960-х гг. под руководством академика Академии медицинских наук СССР А.А. Покровского. В первую очередь это касалось изучения метаболизма и механизма действия микотоксинов не только с использованием классических токсикологических, но и с широким привлечением биохимических методов, разработки методов их определения и нормирования в пищевых

продуктах. В эти же годы начали проводить исследования по токсикологической оценке пестицидов, токсичных элементов, нитратов, нитритов, нитрозоаминов, пищевых добавок, впервые были обоснованы гигиенические регламенты их содержания в пищевых продуктах и разработаны методы их определения.

В последующие годы под руководством академика РАН В.А. Тутельяна были обобщены отечественные и международные данные по токсикологии и уровням содержания приоритетных загрязнителей в пищевой продукции и разработаны Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (Минздрав СССР, № 5061-89 от 1 августа 1989 г.), где регламентировалось содержание различных загрязнителей в продовольственном сырье и в пищевых продуктах. В 1996 г. был разработан СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», содержащий актуализированные требования по показателям безопасности пищевой продукции, в том числе перечень пищевых добавок, разрешенных для использования в пищевой промышленности, и требования к ароматизаторам. Указанные документы легли в основу дальнейшего совершенствования российской нормативной базы в области безопасности пищевой продукции и системы ее мониторинга, включающей СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок», ГН 1.2.1323-03 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды», ГН 2.3.3.972-00 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами». Эти нормативные документы, в свою очередь, были взяты за основу для создания Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) Таможенного союза Евразийского экономического сообщества, вступивших в действие в 2010 г., а затем и для технических регламентов Таможенного союза и Евразийской экономической комиссии (ЕАЭК).

В настоящее время к загрязнителям химической природы относится достаточно широкий круг химических веществ, как естественно присутствующих, так и искусственно синтезированных, способных постоянно персистировать в пищевой продукции и поступать в организм человека в различных количествах и сочетаниях. К приоритетным загрязнителям относятся токсичные элементы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, алюминий, никель и др.), микотоксины, пестициды, нитраты, нитриты, нитрозоамины, полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, токсины морепродуктов и т.д. При этом следует иметь в виду, что некоторые вещества, относящиеся к эссенциальным, но поступающие в организм человека

в высоких дозах, могут вызывать значимые токсические эффекты (селен, фтор, железо, медь, марганец, цинк, витамины D и A и др.).

С начала 2000-х гг. начала формироваться отечественная система методологии оценки риска с использованием международно признанных методов и подходов [1–4]. В результате проведения этой работы были созданы научно-методические основы системы токсиколого-гигиенической оценки загрязнителей пищевой продукции и пищевых добавок, направленные на развитие и совершенствование принципов и подходов к обоснованию допустимых уровней их содержания в пищевых продуктах. Полученные результаты отражены в нормативных документах РФ и Евразийского экономического союза: «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04), «Социально-гигиенический мониторинг. Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами. Сбор, обработка и анализ показателей» (МУ 2.3.7.2125-06), «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевой продукции на население» (МУ 2.3.7.2519-09), «Научное обоснование допустимых уровней содержания загрязнителей химической природы и пищевых добавок в пищевых продуктах» (МУ 1.2.2961-11), «Научное обоснование максимально допустимых уровней остаточных количеств пестицидов в пищевой продукции» (МУ 1.2.2960-11), «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей» (МР 2.1.10.0062-12), «Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров)» (ЕАЭК, 2014), Рекомендациях Коллегии Евразийской экономической комиссии от 26.02.2020 «О методических указаниях по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека».

Центральным звеном совершенствования системы обеспечения безопасности пищевой продукции на современном этапе является обновление механизма формирования приоритетного перечня загрязнителей, биологически активных веществ, пищевых добавок, технологических вспомогательных средств, продукции биотехнологического (микробного) синтеза и нанотехнологического производства, в отношении которых должны проводиться оценка рисков для потребителей и установление требований к управлению этими рисками.

В настоящей статье представлены основные результаты некоторых исследований, проведенных в Центре, и основные направления дальнейших разработок в области пищевой токсикологии, направленные на совершенствование методологии оценки риска, обоснование гигиенических регламентов содержания загрязнителей

в пищевой продукции и разработку высокочувствительных методов их обнаружения и количественного определения.

## Нитраты и нитриты

Нитраты широко используются в сельском хозяйстве как компоненты минеральных удобрений, что может приводить к их избыточному накоплению в почве, воде и растительной продукции. В пищевой промышленности нитраты и нитриты используются в качестве пищевых добавок – консервантов и фиксаторов (стабилизаторов) окраски при изготовлении ряда пищевых продуктов, чаще всего мясных. Изучению свойств, распространенности и профилактике воздействия этих видов загрязнителей уделяется пристальное внимание [5–9].

Известно, что нитраты обладают достаточно низкой токсичностью ( $LD_{50}$  для мышей составляет 2500–5250 мг на 1 кг массы тела, для крыс – 3300–9000 мг на 1 кг массы тела, для кроликов – 1900–2680 мг на 1 кг массы тела). Нитриты приблизительно в 10 раз более токсичны, чем нитраты, кроме того, имеются надежные экспериментальные доказательства канцерогенности нитритов, особенно в комбинации с аминокислотами. Минимальные количества нитрозодиметиламина и нитрозодиэтиламина, не вызывающие канцерогенное воздействие на подопытных животных, не выявлены [10].

Проведенные в Центре исследования показали, что риски, связанные с повышенным содержанием нитратов, нитритов и нитрозаминов, требуют оценки их поступления из всех возможных источников (овощи, фрукты, пищевые добавки, вода) [9, 11, 12]. При этом получены данные, что существующие в Российской Федерации гигиенические нормативы по содержанию нитратов в овощах и картофеле (способных к высокому накоплению нитратов, в том числе при избыточном внесении азотных удобрений в почву) обеспечивают не превышение допустимой суточной дозы нитратов, установленной Объединенным комитетом экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ) по пищевым добавкам (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, далее – JECFA), при их поступлении с рационами питания и водой [13]. Разработаны способы снижения уровней нитратов и нитритов в пищевых продуктах при промышленной и кулинарной обработке [14–16], а также методы их обнаружения и количественного определения.

## Нанотехнологии и наноматериалы

Исследования в области безопасности нанотехнологий и наноматериалов для здоровья человека проводятся в Центре с 2007 г. Особые свойства наночастиц, сочетающие проявления как классических, так и кван-

товых физических эффектов, позволяют продуктивно использовать их в медицине, ветеринарии и пищевой промышленности. Однако наряду с большими выгодами и преимуществами, которые дает применение нанотехнологий, с ними связаны риски, обусловленные потенциально неблагоприятным воздействием наночастиц (наночастиц, нанотрубок и др.) на организм человека. Эти риски обусловлены повышенной растворимостью, высокой химической и каталитической активностью вещества в наночастиц, способностью наночастиц к проникновению через биологические барьеры, возможностью индукции иммунологических и воспалительных реакций. При деятельном участии Центра в России была разработана и утверждена постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 31.10.2007 Концепция токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов, в которой определены стратегические направления медико-биологических исследований продукции нанотехнологий и контроля за ее безопасным использованием.

Значительный объем работ по созданию нормативной базы обеспечения безопасного использования нанотехнологий был выполнен в 2008–2011 гг. при реализации федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры нанотехнологий в Российской Федерации на 2008–2011 гг.». В ходе реализации этих заданий Центр выступил в роли координатора работы 11 организаций РАН, РАМН, РАСХН, Минобрнауки России, Минздравсоцразвития России, Роспотребнадзора, которыми были разработаны и утверждены в установленном порядке в общей сложности 49 нормативно-методических документов, составляющих единую иерархически организованную отечественную систему нанобезопасности [17].

Научные исследования в области нанотоксикологии развивались в направлении токсиколого-гигиенической оценки наноматериалов в экспериментах на лабораторных животных и установления механизмов нанотоксичности. В 2008–2019 гг. была проведена серия экспериментов по изучению воздействия ряда приоритетных неорганических наноматериалов (наночастицы серебра [18], диоксида титана [19, 20], диоксида кремния [21], оксида алюминия [22], наноглины [23], фуллеренов [24] и фуллеренолов, углеродных нанотрубок [25, 26]) на организм лабораторных животных при подостром 4- и 12-недельном поступлении. Было показано, что различные виды наноматериалов при поступлении в желудочно-кишечный тракт оказывают токсическое действие, состоящее в снижении прибавки массы тела, нарушении морфологии печени, почек и тонкой кишки, истощении запаса небелковых тиолов печени, снижении активности ферментов I фазы детоксикации ксенобиотиков, нарушении функции иммунитета, изменении биохимических и гематологических показателей крови, микроэлементного гомеостаза, состава и активности компонентов кишечного микробиоценоза. Подтверждено, что выявленные эффекты наноматериалов напрямую связаны с их наноразмерными характеристиками

и не проявляются или проявляются иначе, чем у их химических аналогов традиционной степени дисперсности. С использованием современных постгеномных методов исследования (протеомного анализа, лазерной конфокальной сканирующей микроскопии) получены новые данные о механизмах токсического действия наночастиц серебра, диоксидов титана и кремния, фуллерена, состоящих в селективной экспрессии либо в угнетении активности ряда функционально-значимых генов [27–30]. Впервые установлено, что источником агрегированных рисков отдельных видов искусственных наночастиц может быть их способность потенцировать бионакопление и токсическое действие тяжелых металлов (свинца и кадмия) при совместном пероральном поступлении [31–34].

Полученные сотрудниками Центра в экспериментальных нанотоксикологических исследованиях данные позволяют обосновать допустимые уровни содержания приоритетных искусственных наночастиц в пищевой продукции.

### Фикотоксины

В последние годы в питании населения России все более значимый вес имеют морепродукты. Однако они могут содержать и высокотоксичные соединения – фикотоксины, являющиеся природными загрязнителями морепродуктов и продуцируемые некоторыми видами водорослей, микроводорослей и цианобактерий. Фикотоксины могут вызывать острые пищевые отравления. Кроме того, они обладают цито- и нейротоксичностью, а некоторые из них канцерогенны. Ежегодно во всем мире регистрируются отравления фикотоксинами, некоторые случаи заканчиваются летальным исходом; при этом установлено, что технологическая обработка не приводит к полной деконтаминации продукции. К наиболее распространенным липотропным фикотоксинам, оказывающим негативное воздействие на здоровье человека, относятся окадаиковая кислота (ОК), йессотоксины (УТХ) и азаспирациды (АЗА), а к гидрофильным фикотоксинам – домоевая кислота (диарейный яд моллюсков) и сакситоксин [35]. Вместе с тем механизмы токсического действия фикотоксинов в настоящее время изучены недостаточно, отсутствуют методы анализа их содержания в пищевой продукции.

В 2000-е гг. в Центре были проанализированы риски ряда гидрофильных фикотоксинов, разработан метод определения домоевой кислоты в морепродуктах [35–38]. В настоящее время для определения домоевой кислоты используют МУК 4.1.2229-07 «Определение домоевой кислоты в морепродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» и ГОСТ EN 14176-2015 «Продукты пищевые. Определение домоевой кислоты в мидиях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

В последние годы в Центре выполнены исследования по изучению механизма действия ОК и УТХ, установ-

лены биомаркеры их токсичности, разработаны методы идентификации и количественного определения липофильных фикотоксинов (ОК, УТХ, АЗА) в морепродуктах с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием [МУК 4.1.3553-19-19 «Определение окадаиковой кислоты и ее производных (диарейных фикотоксинов) в морепродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС)»; МУК 4.1.3554-19-19 «Определение йессотоксина и его производных в морепродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС)»; МУК 4.1.3557-19-19 «Определение фикотоксинов – азаспирацидов в морепродуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС)»], обоснованы их гигиенические нормативы, которые предложено включить в законодательно-нормативную базу ЕАЭС [39–43].

### Стойкие органические соединения

Одной из проблем, сопровождающих научно-технический прогресс в последнее столетие, является нарастающее загрязнение окружающей среды чуждыми ей химическими соединениями. Среди них наиболее опасна группа стойких органических загрязнителей, которые обладают токсическими свойствами, проявляют устойчивость к разложению, характеризуются выраженной способностью к биоаккумуляции в экосистемах суши, водных экосистемах и в жировых тканях живых организмов. Большинство этих веществ обладает рядом общих свойств с точки зрения влияния на здоровье населения. Они приводят к нарушению репродуктивной и гормональной систем, иммунного статуса, онкологическим заболеваниям, врожденным дефектам, нарушению развития. К таким загрязнителям относятся: 1) некоторые хлорсодержащие пестициды [дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ), алдрин, эндрин, хлордан, гептахлор и др.]; 2) полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ); 3) полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ) [44–47]. В 2002 г. JECFA установил условно-допустимый уровень потребления (PTWI) суммы ПХДД, ПХДФ и копланарных ПХБ – 70 пг на 1 кг массы тела в месяц. Показано, что основная опасность ПХБ заключается не столько в их острой токсичности, сколько в кумулятивном действии и отдаленных последствиях, выражающихся в том числе в канцерогенном воздействии. В низких дозах ПХБ вызывают также подавление иммунной системы и нарушают способность организма к адаптации в изменяющихся условиях внешней среды. Достаточно значимое для здоровья населения количество ПХБ может поступать в организм с пищевой продукцией, содержащей жир (печень, рыба и морепродукты, в том числе водоросли, яйца и др.) [45].

Установлены максимально допустимые уровни содержания ПХБ для ряда таких пищевых продуктов (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»). В Российской Федерации утверждены и введены в действие методы определения как суммы ПХБ, так и отдельных их конгенов: МУК 4.1.1023-01 «Изомер-специфическое определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пищевых продуктах»; ГОСТ Р 53991-2010 «Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Методы определения содержания полихлорированных бифенилов»; ГОСТ 31983-2012 «Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Методы определения содержания полихлорированных бифенилов».

В настоящее время ПХБ нормируются в ряде видов пищевой продукции с высоким содержанием жира (рыба, мясо морских млекопитающих, нерыбные продукты промысла) только как сумма изомеров этих соединений. Однако данный подход требует совершенствования и дифференцирования с учетом неодинаковой токсичности и способности к биотрансформации различных представителей ПХБ [45]. Вместе с тем, по оценкам Всемирной организации здравоохранения и Европейского союза (ЕС), среднее потребление диоксинов и ПХБ в ЕС составляет 1,53 пг международного эквивалента токсичности (TEQ) на 1 кг массы тела в сутки (диапазон – 0,5–3,2 пг TEQ на 1 кг/сут). На основе данных ЕС о максимальных уровнях содержания в пищевых продуктах ПХБ был проведен расчет дополнительных рисков, связанных с их поступлением с пищевыми продуктами, содержащими менее 2% жира. С учетом уточненных ВОЗ и Европейским агентством по безопасности пищевых продуктов (EFSA) значений TEQ для различных форм ПХБ (сумма ПХБ 28, ПХБ 52, ПХБ 101, ПХБ 138, ПХБ 153, ПХБ 180) сведений о частоте и уровнях их обнаружения в пищевых продуктах и о возможном влиянии ПХБ на организм детей и женщин репродуктивного возраста была проведена работа по пересмотру и разработке максимально допустимых уровней содержания ПХБ в различных категориях пищевых продуктов [Регламент Комиссии (ЕС) № 1881/2006].

Заслуживает упоминания проблема нормирования и определения полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) [48]. Для ПАУ в настоящее время в технических регламентах установлен норматив содержания в пищевой продукции по единственному представителю этой группы соединений – бенз(а)пирену, тогда как содержание остальных представителей семейства ПАУ (включая фенантрен, бенз(а)антрацен, хризен) [49] действующими техническими регламентами не нормируется, хотя существуют методы их определения в пищевых продуктах.

## Акриламид

Исследования, проведенные в 2002 г. в Швеции, показали, что в процессе жарки или выпекания продуктов, содержащих большое количество углеводов,

образуются высокие концентрации акриламида. К продуктам, содержащим наибольшее количество акриламида, относятся картофель фри, картофельные чипсы, мучные кондитерские изделия и хлебобулочные изделия. Пищевые продукты, не подвергающиеся воздействию высоких температур, не содержат значительного количества акриламида. JECFA сделал заключение о том, что среднее потребление акриламида (1 мкг на 1 кг массы тела в сутки) не представляет большой угрозы для здоровья населения. Однако у лиц с высоким уровнем потребления акриламида (4 мкг на 1 кг массы тела в сутки) показана возможность развития токсических эффектов и различных форм рака. Следует отметить, что в группу с высоким риском потребления акриламида входят и дети. Проблема оказалась настолько серьезной, что Комиссией Кодекс Алиментариус были разработаны рекомендации по снижению содержания акриламида в продуктах, приготавливаемых из картофеля и зерновых культур (CAC/RCP 67-2009) [50]. Для контроля пищевой продукции на наличие акриламида в 2019 г. разработан ГОСТ EN 16618-2019 «Анализ пищевой продукции. Определение содержания акриламида в пищевой продукции методом жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией с ионизацией электроспреем».

## Ветеринарные лекарственные средства

В последние годы особое внимание уделяется контролю использования ветеринарных лекарственных средств при выращивании сельскохозяйственных животных, птицы и объектов аквакультуры.

В связи с этим получаемая с их использованием продукция должна проверяться на наличие их остаточных количеств, так как превышение их безопасных уровней может приводить к неблагоприятным последствиям для здоровья потребителей. Поэтому важнейшим вопросом является надежность аналитических методов, используемых для выявления и/или количественного определения остаточных количеств ветеринарных лекарственных средств в пищевой продукции, в процессе получения которой имеется вероятность их использования. К рассматриваемой группе препаратов относятся антибиотики, гормоны и некоторые другие соединения.

Примером оценки риска, проведенной в соответствии с отечественной методологией, является оценка рактопамина, который относится к группе агонистов  $\beta$ -адренорецепторов ( $\beta_2$ -адренорецепторов). Этот препарат используется в ряде стран в качестве кормовой добавки, стимулирующей наращивание мышечной массы, сокращение жировой массы и повышение эффективности использования кормов у свиней, крупного рогатого скота, индеек в дозах 5–30 мг/кг корма [51].

В настоящее время рактопамин запрещен для использования при откармливании сельскохозяйственных животных в 80 странах мира, включая страны Евросоюза, Китай и Россию. Однако в 27 странах (США,

Канада, Мексика, Япония, Южная Корея и некоторые другие) мясо, полученное от животных, при вскармливании которых использовался рактопамин, признано безопасным для здоровья потребителей. В соответствии с Решением 35-й сессии Комиссии Кодекс Алиментариус установлены максимально допустимые уровни содержания рактопамина в свинине и говядине – 0,01 мг/кг, в печени – 0,04 мг/кг, в почках – 0,09 мг/кг [52–54].

Результаты проведенной в России оценки риска здоровью, связанного с поступлением рактопамина с пищевыми продуктами, показали, что употребление пищевых продуктов, содержащих рактопамин на уровне, обеспечивающем допустимую суточную дозу, в интервале 0–1 мкг на 1 кг массы тела и даже на уровне предела количественного определения в мясопродуктах недопустимо из-за неприемлемого риска функциональных нарушений и болезней сердечно-сосудистой системы [55, 56]. Одновременно был разработан и высокочувствительный метод определения рактопамина в продукции животноводства (МУК 4.1.3046-12 «Определение содержания рактопамина в мясе и субпродуктах убойных животных и птицы»).

## ФИТОТОКСИНЫ

В числе новых потенциально опасных факторов, появление которых связано с развитием пищевых технологий, следует указать токсичные биологически активные вещества, содержащиеся в продукции растительного происхождения (фитотоксины): в зерновых продуктах, сборах трав, используемых для приготовления биологически активных добавок (БАД) к пище, травяных чаев, растительных экстрактов. Современные инновационные методы экстракции (в том числе  $\text{CO}_2$ -экстракции) высокоэффективны и осуществляются при низких температурах, что позволяет получать экстракты с высоким содержанием флавоноидов, фитостероидов, каротиноидов, терпеновых соединений и других минорных биологически активных веществ, дефицитных в питании современного человека [57].

Однако при получении таких экстрактов в их составе может увеличиваться концентрация токсичных веществ растительного происхождения – фитотоксинов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -туйона, пулегона, ментофурана, кумарина, гиперидина и др.) [58]. Нормирование этих веществ предусмотрено в ароматизированной пищевой продукции согласно ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Вместе с тем содержание этих токсических веществ растительного происхождения не регламентируется в специализированных пищевых продуктах, БАД к пище и травяных чаях, изготавливаемых на основе трав. В этой связи нормативы безопасного содержания данных компонентов в инновационной пищевой продукции и методы их контроля в настоящее время требуют уточнения и совершенствования.

К токсинам растительного происхождения относятся и тропановые алкалоиды (ТА), которые являются метаболитами различных видов растений семейств *Brassicaceae*, *Solanaceae* и *Erythroxylaceae*. Семена этих сорных растений обнаружены в качестве примеси к семенам льна, сои, сорго, проса, подсолнечника, гречихи и пищевой продукции, получаемой из них, в травяных сборах, используемых в составе БАД к пище и травяных чаях. Несмотря на то что загрязнение семян зерновых различными частями сорных растений снижается с использованием методов сортировки и очистки, некоторое количество ТА попадает в переработанные пищевые продукты. Анализ поступления ТА со всеми видами пищевой продукции, проведенный EFSA, показал, что их поступление в составе рационов различных групп населения может превышать установленный уровень разового безопасного поступления (ARfD) – 0,016 мкг на 1 кг массы тела – примерно на 11–18%, а для детей (в зависимости от возрастной категории) – на 5–25%. Установленные риски здоровью при загрязнении зерна и пищевой продукции на зерновой основе, а также БАД к пище на основе трав и травяных чаев ТА делает необходимым проведение постоянного мониторинга их наличия в пищевой продукции. В связи с большей изученностью рисков, связанных с присутствием в пищевой продукции ТА, ставится задача подготовить предложения для внесения изменений в Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) в части нормирования и определения их содержания в пищевых продуктах на основе зерновых культур, в том числе в продуктах детского питания для детей до 3 лет, содержащих просо, сорго, гречиху или продукты на основе этих круп [59]. Для проведения контроля содержания ТА в пищевой продукции разработан метод определения атропина в зерновых продуктах.

## Пищевые добавки, ароматизаторы, технологические вспомогательные средства

Пищевые добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства обычно не употребляются в качестве пищи, а используются с различной целью в технологии производства пищевых продуктов. Без этих веществ нельзя представить себе современную пищевую промышленность.

История использования пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств насчитывает не одно тысячелетие. При этом долгое время само понятие «пищевые добавки» было довольно условным. С 1950-х гг. начинается систематическое изучение пищевых добавок. В СССР значительный вклад в их изучение и разработку нормативной документации по их применению внесли А.Н. Зайцев, А.П. Нечаев и др. [60].

Первым официальным нормативным документом, регламентирующим применение пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств в СССР, были Санитарные правила по при-

менению пищевых добавок, 1979 (Минздрав СССР, № 1923-78). Этот документ регламентировал применение ограниченного количества пищевых добавок – около 100 наименований; технологических вспомогательных средств – около 70 наименований; давал общие понятия об ароматизаторах. В 1980–1990-х гг. разрабатывается современное европейское и международное законодательство по применению пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [60].

В 1994 г. в Российской Федерации в связи с расширением торговли импортируемыми пищевыми продуктами на основе проекта общего стандарта (Codex Stan 192-1995) по пищевым добавкам был разработан и утвержден Список пищевых добавок, разрешенных при производстве пищевых продуктов (Дополнение к Медико-биологическим требованиям и санитарным нормам качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, Госкомсанэпиднадзор России, № 01-19/42-11 от 24.08.1994). На основе указанных законодательных и нормативных документов в 2003 г. был разработан первый нормативный документ РФ, который был в достаточной степени гармонизирован с международным законодательством – СанПиН 2.3.2-1293 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». Этот документ лег в основу сначала Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) Таможенного союза, а затем и Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [60].

Регламенты использования данных видов пищевой продукции разрабатывают на основе проводимых оценок рисков. Одним из примеров таких исследований в течение последних лет является оценка рисков использования пищевой добавки – красителя диоксида титана (E171). Показано, что вероятная максимальная недействующая доза (NOAEL) красителя диоксида титана (E171) в наноформе (т.е. в форме частиц с диаметром не более 100 нм) составляет менее 10 мг на 1 кг массы тела в сутки, а референтную безопасную дозу этого вещества следует оценить величиной 0,1 мг на 1 кг массы тела в сутки. В связи с этим риск от поступления  $TiO_2$  в качестве пищевой добавки E171 зависит от доли наноформы в ее составе и может быть неприемлемо высоким в случае ее содержания свыше 10% по массе общего  $TiO_2$ . Таким образом, содержание наночастиц  $TiO_2$  в составе пищевой добавки E171, применяемой в пищевой промышленности, нуждается в дополнительном контроле и нормативном регулировании [61].

С этих же позиций для оценки рисков пищевых добавок, производимых микробным синтезом, проведен анализ возможных негативных эффектов при использовании консервантов – антибиотиков *низина* (E234) и *натамицина* (E235). Анализ имеющихся данных и расчет потребления населением РФ *низина* (E234) показал, что его уровень в кишечном содержимом может превы-

шать минимальную ингибирующую дозу для представителей нормофлоры желудочно-кишечного тракта человека у потребителей всех возрастов от 40 до 27 500 раз в зависимости от сценария потребления. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что натамицин E235 может способствовать повышению антимикробной устойчивости микроорганизмов, вызывающих заболевания у человека. Кроме того, следует принять во внимание имеющиеся данные о влиянии натамицина на метаболизм стероидных гормонов, витамина D и состояние микробиоты кишечника в организме человека. Наличие у *низина* (E234) и натамицина (E235) антибиотических свойств и их возможное негативное воздействие на организм человека стали основанием для включения Комитетом Комиссии Кодекс Алиментариус по пищевым добавкам (CCFA 48) этих пищевых добавок в приоритетный перечень веществ, подлежащих переоценке JECFA. Для них установлен наивысший индекс приоритетности – первый [62, 63]. В настоящее время материалы для переоценки рисков использования в пищевой промышленности консервантов *низина* (E234) и натамицина (E235) с позиции развития антибиотикорезистентности микроорганизмов находятся на рассмотрении JECFA.

*Алюминий* попадает в пищу из различных объектов окружающей среды: воды, контактирующих с пищей материалов (упаковочные материалы, посуда для приготовления пищи), алюминийсодержащих пищевых добавок. В последнее десятилетие выявлены различные токсичные эффекты алюминия, включая нейротоксичное действие, обуславливающее риск развития нейродегенеративных заболеваний. Анализ потребления алюминия в составе пищевых продуктов, при изготовлении которых используются алюминийсодержащие пищевые добавки, показал, что условно допустимый уровень поступления алюминия в организм человека за неделю (PTWI), составляющий 0–2,0 мг на 1 кг массы тела, для всех возрастных групп населения РФ может быть существенно превышен в зависимости от сценария расчета. В этой связи обоснована необходимость исключения из перечня разрешенных в ЕАЭС для использования в пищевой промышленности следующих пищевых добавок: алюмосиликат калия (E555), алюмосиликат кальция (E556), бентонит (E558), алюмосиликат (каолин) (E559) [64]. Кроме того, заслуживает пристального внимания детальная оценка экспозиции человека наноглинами (слоистыми бентонитовыми глинами), используемыми в пищевой промышленности в качестве технологических вспомогательных средств и в составе упаковочных материалов [65].

В связи с появлением новых научных данных, развитием технологий производства пищевой продукции, а также с необходимостью снижения торговых барьеров, проведена работа по обоснованию путей гармонизации законодательств стран в части внесения изменений в ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», касающихся включения в список или

исключения из него ряда пищевых добавок [66]. Данные изменения, а также целый ряд других положений, касающихся регламентов использования вкусоароматических веществ, технологических вспомогательных средств, требований к их маркировке, предложено внести в качестве изменений в ТР ТС 029/2012.

### **Ферментные препараты и пищевая продукция, производимая с использованием микробного синтеза**

Работы по токсиколого-гигиеническим исследованиям ферментных препаратов, предназначенных для использования в пищевой промышленности, начали проводить с 1970-х гг. под руководством руководителя лаборатории гигиенических исследований ферментных препаратов доктора медицинских наук А.М. Иваницкого. На основании проведенных исследований были рекомендованы для использования в пищевой промышленности ряд ферментных препаратов, получаемых микробным синтезом с использованием грибов рода *Aspergillus*. Были разработаны рекомендации по применению молочно-кислородных ферментных препаратов микробного происхождения в сыроделии, глюкоамилазы – для получения кристаллической глюкозы. Эти ферменты использовали в винодельческой, соковой, пивоваренной, молокоперерабатывающей промышленности.

Вместе с тем в настоящее время с целью повышения эффективности производства пищевой продукции применяются микроорганизмы, генетический материал которых изменен при помощи направленного мутагенеза или с использованием методов геной инженерии (переноса генов между организмами с различной таксономической принадлежностью). В настоящее время в мире с использованием этих методов получают ферментные препараты, некоторые пищевые добавки, целый ряд пищевых ингредиентов, включая аминокислоты, витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub>, С, D, К), каротиноиды (в том числе β-каротин, лютеин, зеаксантин, ликопин, кантаксантин и др.), минорные биологически активные вещества (например, ресвератрол, карнитин, коэнзим Q<sub>10</sub>, витаминоподобные вещества), фитостерины, фенольные соединения, терпеноиды, стеролы и др. Такая продукция относится к продукции нового вида, обязательным условием использования которой является подтверждение ее безопасности при использовании в пищу. Имеются указания о возможности образования в такой продукции примесей, создающих риски для здоровья потребителя [67–69]. В связи с этим большое значение имеет задача совершенствования государственной системы контроля и обеспечения безопасности различных видов пищевой продукции биотехнологического происхождения.

Анализ научных данных, законодательных и нормативных документов международного законодательства, ЕС, а также других экономически развитых стран показал, что обязательным элементом оценки возможности безопасного использования пищевой продукции,

производимой при помощи микробного синтеза, является исследование последовательности нуклеотидов трансгенной вставки у штамма-производителя с целью анализа наличия детерминант патогенности, антибиотикорезистентности, способности к продукции токсичных метаболитов. Полученные *in vitro* данные об отсутствии рисков использования в пищевой промышленности как штаммов-производителей, так и синтезируемых ими ферментных препаратов должны быть подтверждены в экспериментах *in vivo*. Необходимость соблюдения этих требований, а также основные критерии оценки рисков такой пищевой продукции в настоящее время в основном предусмотрены законодательными и нормативными актами РФ. Вместе с тем система санитарно-гигиенической оценки безопасности штаммов-производителей и продуцируемых ими пищевых ингредиентов нуждается в актуализации. Такие требования разработаны и предложены для включения в законодательные акты ЕАЭС [66].

### **Заключение**

В настоящее время в Российской Федерации разработаны и установлены на законодательном уровне принципы нормирования, гигиенические нормативы и методы обнаружения и количественного определения приоритетных контаминантов пищевых продуктов химической природы. Вместе с тем при проведении исследований в этой области постоянно возникают новые вызовы и проблемы, требующие решения. С одной стороны, они связаны с самим прогрессом научного знания, сопровождающимся выявлением ранее не распознанных вредных для здоровья человека химических факторов. С другой стороны, новые задачи в области химической безопасности пищи встают в связи с прогрессом технологий, появлением новых источников пищевых веществ и способов технологической обработки пищевой продукции, что наряду со множеством выгод и преимуществ создает новые потенциальные риски для здоровья потребителей.

С учетом этих обстоятельств важно на постоянной основе проводить оценку рисков загрязнителей пищевой продукции на базе выявления биомаркеров с использованием методов протеомики, метаболомики, геномики, нутримикробиомики, токсикологических исследований, а также имеющихся научных данных, включая установление (или пересмотр) допустимых суточных доз или условно переносимого поступления загрязнителей, максимально допустимых уровней их содержания в различных видах пищевой продукции.

К таким загрязнителям относятся токсичные элементы (органические и неорганические формы мышьяка, ртути, никель), гормоны и другие ветеринарные лекарственные средства, используемые при выращивании продуктивных животных, птицы и рыбы, фитотоксины, фикотоксины (бревиотоксин, азаспирациды), новые микотоксины, различные производные ПХБ и ПАУ, а также ряд биологически активных веществ растительного про-

исхождения, изначально присутствующих в растениях в незначительных количествах, но концентрируемых при получении экстрактов, а также так называемые технологические контаминанты.

На основании оценок рисков пищевых добавок, технологических вспомогательных средств, в том числе производимых с использованием микробного синтеза или содержащих в своем составе наночастицы, установлены регламенты их использования в составе пищевой продукции. Однако самостоятельным вызовом в данной области является возрастающее внедрение в производство пищевой продукции ферментных препаратов, пищевых добавок и пищевых ингредиентов, получаемых

с помощью генетически-модифицированных штаммов микроорганизмов. В связи с этим большое значение имеет задача совершенствования государственной системы контроля безопасности пищевой продукции биотехнологического происхождения. Немаловажно также создание высокочувствительных и селективных методов обнаружения и количественного определения загрязнителей в пищевой продукции.

Таким образом, пищевая токсикология – одно из активно развивающихся современных направлений науки о питании, имеющее широкие перспективы исследований и важные для обеспечения здоровья населения России практические приложения.

## Сведения об авторах

*Хотимченко Сергей Анатольевич (Sergey A. Khotimchenko)* – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, первый заместитель директора, заведующий лабораторией пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: hotimchenko@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5340-9649>

*Гмошинский Иван Всеволодович (Ivan V. Gmoshinski)* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: gmosh@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3671-6508>

*Багрянцева Ольга Викторовна (Olga V. Bagryantseva)* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: bagryantseva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3174-2675>

*Шатров Геннадий Николаевич (Gennady N. Shatrov)* – кандидат биологических наук

E-mail: shatrovi1960@gmail.com

## Литература

1. Хотимченко С.А., Алексеева И.А. Подходы к оценке алиментарной нагрузки чужеродными веществами // Гигиена и санитария. 2001. № 5. С. 25–27.
2. Хотимченко С.А. Подходы к оценке риска для здоровья населения загрязнителей пищевых продуктов // Материалы Пленума «Оценка риска влияния факторов окружающей среды на здоровье: проблемы и пути их решения». Москва, 2001. С. 157–158.
3. Чибураев В.И., Хотимченко С.А. О внедрении методологии оценки риска в России // Вопросы питания. 2001. № 6. С. 17–19.
4. Хотимченко С.А., Джатдоева А.А. Подходы к оценке алиментарной нагрузки контаминантами химической природы // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. 2004. № 1. С. 33–37.
5. Nitrate in vegetables. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain // EFSA J. 2008. Vol. 689. P. 1–79.
6. Walker R. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications // Food Addit. Contam. 1990. Vol. 7. P. 717–768.
7. Scientific opinion. Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables // EFSA J. 2010. Vol. 8, N 12. Article ID 1935. P. 1–42.
8. Statement on nitrites in meat products. EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS) // EFSA J. 2010. Vol. 8, N 5. Article ID 1538. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1538>
9. Жукова Г.Ф. Разработка методических подходов гигиенического контроля за содержанием в продуктах N-нитрозосоединений. Изучение закономерностей их образования и способов снижения поступления в организм человека : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 1990.
10. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO Technical Report Series 859. Geneva, 1995. P. 29–35.
11. Хотимченко С.А. Нитриты и n-нитрозоамины в мясе и мясных продуктах // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2001. № 2. С. 705.
12. Хотимченко С.А. Гигиеническая оценка потенциальной опасности нитрозоаминов, образующихся из предшественников // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2004. № 1. С. 22.
13. Зайцева Н.В., Тутельян В.А., Шур П.З., Хотимченко С.А., Шевелева С.А. Опыт обоснования гигиенических нормативов безопасности пищевых продуктов с использованием

- критериев риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 5. С. 70–74.
14. Хотимченко С.А. Токсиколого-гигиеническая характеристика некоторых приоритетных загрязнителей пищевых продуктов и разработка подходов к оценке их риска для здоровья населения : автореф. дис. д-ра мед. наук, Москва, 2001.
  15. Дерягина В.П. Разработка методов анализа нитратов и нитритов в пищевых продуктах и гигиеническая оценка способов снижения их содержания при промышленной и кулинарной обработке : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1994.
  16. Хотимченко С.А., Бессонов В.В., Гмошинский И.В., Кравченко Л.В., Седова И.Б., Шевелева С.А. и др. Контаминанты. Глава 27.1 // Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с.
  17. Онищенко Г.Г., Тутельян В.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Развитие системы оценки безопасности и контроля наноматериалов и нанотехнологий в Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2013. № 1. С. 4–11.
  18. Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Ворожко И.В., Сенцова Т.Б., Сото С.Х., Авреньева Л.И. и др. Токсикологическая оценка наноразмерного коллоидного серебра, стабилизированного поливинилпирролидоном. III. Энзимологические, биохимические маркеры, состояние системы антиоксидантной защиты // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 2. С. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00019>
  19. Распов Р.В., Верников В.М., Шумакова А.А., Сенцова Т.Б., Трушина Э.Н., Мустафина О.К. и др. Токсиколого-гигиеническая характеристика наночастиц диоксида титана, вводимых в виде дисперсии в желудочно-кишечный тракт крыс. Сообщение 1. Интегральные, биохимические и гематологические показатели, степень всасывания макромолекул в тонкой кишке, повреждение ДНК // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 4. С. 21–30.
  20. Арианова Е.А., Шумакова А.А., Тананова О.Н., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Шаранова Н.Э. и др. Влияние наночастиц диоксида титана на показатели иммунной системы у крыс // Вопросы питания. 2012. Т. 84, № 6. С. 47–53.
  21. Шумакова А.А., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П., Быкова И.Б., Батищева С.Ю., Маркова Ю.М. и др. Токсикологическая оценка наноструктурного диоксида кремния. III. Микроэкологические, гематологические показатели, состояние системы иммунитета // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 4. С. 46–56.
  22. Шумакова А.А., Тананова О.Н., Арианова Е.А., Мальцев Г.Ю., Трушина Э.Н., Мустафина О.К. и др. Изучение воздействия наночастиц оксида алюминия, вводимых в желудочно-кишечный тракт крыс // Вопросы питания. 2012. Т. 84, № 6. С. 54–60.
  23. Смирнова В.В., Тананова О.Н., Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Авреньева Л.И., Быкова И.Б. и др. Токсиколого-гигиеническая характеристика наноструктурированной бентонитовой глины // Гигиена и санитария. 2012. № 3. С. 76–78.
  24. Шипелин В.А., Авреньева Л.И., Гусева Н.В., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Селифанов А.В. и др. Характеристика пероральной токсичности фуллерена C60 для крыс в 92-дневном эксперименте // Вопросы питания. 2012. Т. 84, № 5. С. 20–27.
  25. Шипелин В.А., Шумакова А.А., Масютин А.Г., Чернов А.И., Сидорова Ю.С., Гмошинский И.В. и др. Оценка in vivo подострой пероральной токсичности многостенных углеродных нанотрубок. Характеристика наноматериала и интегральные показатели // Российские нанотехнологии. 2017. Т. 12, № 9–10. С. 96–103.
  26. Шипелин В.А., Ригер Н.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Маркова Ю.М., Полянина А.С. и др. Влияние одностенных углеродных нанотрубок на иммунологические, гематологи-ческие и микроэкологические показатели крыс Вистар при пероральном введении // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 11. С. 1114–1120. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97>
  27. Тананова О.Н., Арианова Е.А., Гмошинский И.В., Аксенов И.В., Згода В.Г., Хотимченко С.А. Влияние наночастиц диоксида титана на белковый профиль микросом печени крыс // Вопросы питания. 2012. Т. 81, № 2. С. 24–28.
  28. Шипелин В.А., Смирнова Т.А., Гмошинский И.В., Тутельян В.А. Изучение биомаркеров токсического действия наночастиц фуллерена C60 методом конфокальной флуоресцентной микроскопии // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2014. Т. 158, № 10. С. 440–447.
  29. Шипелин В.А., Кудан П.В., Згода В.Г., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Влияние наночастиц металлического серебра на состав белков микросомальной фракции печени крыс // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 166, № 7. С. 90–95.
  30. Tananova O.N., Arjanova E.A., Gmoshinskiy I.V., Toropygin I.Yu., Kgyarova E.V., Trusov N.V. et al. Changes in proteome profiles of rat liver microsomes induced by silicon dioxide nanoparticles // Biochemistry (Moscow) Suppl. Ser. B: Biomedical Chem. 2014. Vol. 8, N 2. P. 125–129.
  31. Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото С.Х., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Влияние наночастиц диоксида титана и диоксида кремния на накопление и токсичность свинца в эксперименте при их внутрижелудочном введении // Вопросы питания. 2014. Т. 83, № 2. С. 57–63.
  32. Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото С.Х., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Токсичность свинца при его совместном введении с наноструктурным диоксидом кремния // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 2. С. 10–18.
  33. Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото С.Х., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Токсичность свинца при его совместном введении с наночастицами оксида алюминия // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 3. С. 14–24.
  34. Шумакова А.А., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото С.Х., Мальцев Г.Ю., Гмошинский И.В. и др. Токсичность кадмия при его совместном введении с диоксидом титана (рутил), наноструктурированным диоксидом кремния и фуллереном // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 1 (54). С. 86–93.
  35. Toxicity equivalence factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks. Technical paper on toxicity equivalency factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks. FAO/WHO, 2016. 108 p. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/3/a-i5970e.pdf> (дата обращения: 10.08.2020)
  36. Коханова Ю.А., Хотимченко С.А. Биобезопасность. Фикотоксины // Вопросы питания. 2006. Т. 75, № 2. С. 3–8.
  37. Коханова Ю.А., Хотимченко С.А. Биобезопасность: Фикотоксины (Сообщение 2) // Вопросы питания. 2006. Т. 75, № 3. С. 3–8.
  38. Коханова Ю.А., Хотимченко С.А. Биобезопасность: фикотоксины (сообщение 3) // Вопросы питания. 2006. Т. 75, № 4. С. 16–19.
  39. Багрянцева О.В., Гмошинский И.В., Евстратова А.Д., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото Х.С. и др. Характеристика биомаркеров токсичности омега-3 жирных кислот in vivo // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 4. С. 355–361. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-355-361>
  40. Багрянцева О.В., Гмошинский И.В., Евстратова А.Д., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Сото Х.С. и др. Токсичность йессотоксина в эксперименте in vivo // Анализ риска здоровью. 2018. № 3. С. 112–119. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.12>
  41. Багрянцева О.В., Евстратова А.Д., Хотимченко С.А. Йессотоксина: оценка риска для здоровья населения. Обо-

- снование регламентов содержания в морепродуктах // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 3. С. 18–29. DOI: <http://doi.org/10.24411/00411/0042>
42. Кудан П.В., Соколов И.Е., Евстратова А.Д., Багрянцева О.В., Хотимченко С.А. Метод количественной оценки окардиновой кислоты, как показателя безопасности морепродуктов // Профилактическая и клиническая медицина. 2018. № 2 (67). С. 16–22.
  43. Хотимченко С.А., Багрянцева О.В., Гмошинский И.В., Ригер Н.А., Евстратова А.Д., Трушина Э.Н. и др. Исследование токсичности липофильных фикотоксенов (окардиновой кислоты и йессотоксина) в эксперименте *in vivo* // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 5 Приложение. С. 198. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10306>
  44. Speranskaya O., Tsitser O., Kiselev A. et al. A Survey of the Chemicals Management Policy of the Russian Federation. SPES Russian Federation November 2005. 68 p. [Электронный ресурс]. URL: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/30rus\\_survey\\_of\\_russian\\_chemicals\\_policy-en.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/30rus_survey_of_russian_chemicals_policy-en.pdf) POPs Elimination Project – IPEP Website. URL: [www.ipen.org](http://www.ipen.org) (дата обращения: 10.08.2020)
  45. Polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans and coplanar polychlorinated biphenyls. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert // WHO Technical Report Series No. 909, 2002. P. 121–145 [Электронный ресурс]. URL: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=2753> (дата обращения: 10.08.2020)
  46. Grimm F.A., Hu D., Kania-Korwel I., Lehmler H.-J., Ludewig G., Hornbuckle K.C. et al. Metabolism and metabolites of polychlorinated biphenyls // Crit. Rev. Toxicol. 2015. Vol. 45, N 3. P. 245–272.
  47. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте. Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века // Информационный выпуск № 5 ВИНТИ. Москва, 2000. С. 31–63.
  48. Куликовский А.В., Вострикова Н.Л., Чернуха И.М., Савчук С.А. Методология определения полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах // Журнал аналитической химии. 2014. Т. 69, № 2. С. 219–224.
  49. Kim K.-H., Jahan S.A., Kabir E., Brown R.J.C. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects // Environ. Int. 2013. Vol. 60. P. 71–80. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2013.07.019>
  50. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н., Хотимченко С.А. Акриламид: образование в пищевых продуктах, пути решения проблемы // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 1. С. 4–12.
  51. Scientific opinion of the panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP) on a request from the European Commission on the safety evaluation of ractopamine // EFSA J. 2009. Vol. 1041. P. 1–52.
  52. Codex Alimentarius Commission adopts maximum residue levels. UN food safety body sets limits on veterinary growth promoting drug 06-07-2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/news/story/en/item/150953/icode/> (дата обращения: 10.08.2020)
  53. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission. Thirty-fifth Session FAO Headquarters, REPI2/CAC Rome, Italy 2–7 July. 2012. P. 87–120 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.fao.org/input/download/report/777/REPI2\\_PRe.pdf](http://www.fao.org/input/download/report/777/REPI2_PRe.pdf) (дата обращения: 10.08.2020)
  54. Шевелева С.А., Хотимченко С.А., Батурич А.К., Шатров Г.Н., Мазо В.К. Актуальные вопросы регламентирования качества и безопасности мяса и мясных продуктов (взгляд гигиениста) // Мясной ряд. 2013. № 3 (53). С. 12–15.
  55. Зайцева Н.В., Тутельян В.А., Шур П.З., Хотимченко С.А., Шевелева С.А. Опыт обоснования гигиенических нормативов безопасности пищевых продуктов с использованием критериев риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 5. С. 70–74.
  56. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Тутельян В.А., Зайцева Н.В., Хотимченко С.А., Гмошинский И.В. и др. Оценка риска здоровью населения при поступлении рактопamina с пищевой животноводческой продукцией // Вестник РАМН. 2013. № 6. С. 4–8.
  57. Гумеров Ф.М., Яруллин Л.Ю., Hung T.N., Сагдеев А.А., Габитов Ф.Р., Каюмова В.А. Суб- и сверхкритические флюидные среды в пищевой, парфюмерной и фармацевтической отраслях промышленности // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, № 8. С. 30–35.
  58. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements // EFSA J. 2012. Vol. 10, N 5. P. 2663.
  59. Багрянцева О.В., Соколов И.Е., Колобанов А.И., Елизарова Е.В., Хотимченко С.А. О регламентации тропановых алкалоидов в зерновых продуктах // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 3. С. 54–61. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10029>
  60. Шатров Г.Н., Багрянцева О.В. Пищевые добавки, ароматизаторы, технологические вспомогательные средства // Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа. 2020. Гл. 28. 656 с.
  61. Gmshinski I.V., Bagryantseva O.V., Khotimchenko S.A. Toxicological and hygienic assessment of titanium dioxide nanoparticles as a component of E171 food additive (review of the literature and metahanalysis) // Health Risk Analysis. 2019. Vol. 2. P. 145–163. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.17.eng>
  62. Report of the Forty Eighth Session of the Codex Committee On Food Additives. Macao, China, 20–24 March, 2017. 101 p. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fmeetings%252F252FCX-711-49%252FReport%252FREPI7\\_FAc.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fmeetings%252F252FCX-711-49%252FReport%252FREPI7_FAc.pdf) (дата обращения: 10.08.2020)
  63. Bagryantseva O.V., Khotimchenko S.A., Petrenko A.S., Sheveleva S.A., Arnautov O.V., Elizarova E.V. Antibiotic properties of nisin in the context of its use as a food additive // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 7. С. 702–709. DOI: <http://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-702>
  64. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н., Хотимченко С.А., Бессонов В.В., Арнаутов О.В. Алюминий: оценка риска для здоровья потребителей при поступлении с пищевыми продуктами // Анализ риска здоровью. 2016. № 1. С. 59–68.
  65. Гмошинский И.В., Багрянцева О.В., Арнаутов О.В., Хотимченко С.А. Наноглины в пищевой продукции: польза и возможные риски (обзор литературы) // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 142–164. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.16>
  66. Багрянцева О.В., Елизарова Е.В., Хотимченко С.А. Обоснование изменения перечня пищевых добавок разрешенных для использования в евразийском экономическом союзе // Пищевая промышленность. 2020. № 6. С. 42–46. DOI: <http://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10064>
  67. Allen J.A., Peterson A., Sufit R. Hinchcliff M.E., Mahoney J.M., Wood T.A. et al. Post-epidemic eosinophilia myalgia syndrome associated with L- tryptophan // Arthritis Rheum. 2011. Vol. 63, N 11. P. 3633–3639. DOI: <http://doi.org/10.1002/art.30514>
  68. Gallo A., Ferrara M., Perrone G. Phylogenetic study of polyketide synthases and nonribosomal peptide synthetases involved in the biosynthesis of mycotoxins // Toxins. 2013. Vol. 5. P. 717–742. DOI: <http://doi.org/10.3390/toxins5040717>
  69. Хоаев А.А. Разработка системы гигиенического контроля за оборотом пищевой продукции, полученной с использованием генно-инженерно-модифицированных микроорганизмов : автореф. дис. канд. мед. наук. Москва, 2011.

References

1. Khotimchenko S.A., Alekseeva I.A. Approaches to assessing the alimentary load of foreign substances. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2001; (5): 25–7. (in Russian)
2. Khotimchenko S.A. Approaches to health risk assessment of food contaminants. In: Proceedings of the Plenum «Assessment of the risk of environmental factors influence on health: problems and ways of their solution». Moscow, 2001: 157–8. (in Russian)
3. Chiburayev V.I., Khotimchenko S.A. On the implementation of the risk assessment methodology in Russia. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2001; (6): 17–9. (in Russian)
4. Khotimchenko S.A., Dzhatdova A.A. Approaches to assessing the nutritional load of chemical contaminants. *Vestnik Sankt-Petersburgskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii im. I.I. Mechnikova* [Bulletin of the Saint Petersburg state medical academy named after I.I. Mechnikov]. 2004; (1): 33–7. (in Russian)
5. Nitrate in vegetables. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA J.* 2008; 689: 1–79.
6. Walker R. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Addit Contam.* 1990; 7: 717–68.
7. Scientific opinion. Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. *EFSA J.* 2010; 8 (12): 1935.
8. Statement on nitrites in meat products. EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *EFSA J.* 2010; 8 (5): 1538. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1538>
9. Zhukova G.F. Development of methodological approaches to hygienic control over the content of N-nitroso compounds in products. Studying the patterns of their formation and ways to reduce their intake into the human body: Autoabstract of Diss. Moscow, 1990. (in Russian)
10. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. In: WHO Technical Report Series 859. Geneva, 1995: 29–35.
11. Khotimchenko S.A. Nitrites and n-nitrosamines in meat and meat products. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'. Referativniy zhurnal* [Food and Processing Industry. Abstract Journal]. 2001; (2): 705. (in Russian)
12. Khotimchenko S.A. Hygienic assessment of the potential hazard of nitrosamines formed from precursors. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'. Referativniy zhurnal* [Food and Processing Industry. Abstract Journal]. 2001; (1): 22. (in Russian)
13. Zaytseva N.V., Tutelyan V.A., Shur P.Z., Khotimchenko S.A., Sheveleva S.A. Experience in substantiation of hygienic food safety standards using the criteria of public health risk. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2014; 93 (5): 70–4. (in Russian)
14. Khotimchenko S.A. Toxicological and hygienic characteristics of some priority food contaminants and the development of approaches to assessing their risk to public health: Autoabstract of Diss. Moscow, 2001. (in Russian)
15. Deryagina V.P. Development of methods for the analysis of nitrates and nitrites in food and hygienic assessment of ways to reduce their content during industrial and culinary processing: Autoabstract of Diss. Moscow, 1994. (in Russian)
16. Khotimchenko S.A., Bessonov V.V., Gmshinskiy I.V., Kravchenko L.V., Sedova I.B., Sheveleva S.A., et al. Contaminants. Chapter 27.1. In: Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. (eds). *Nutrition and Clinical Dietetics: National Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 656 p. (in Russian)
17. Onishchenko G.G., Tutelyan V.A., Gmshinskiy I.V., Khotimchenko S.A. Development of a system for assessing the safety and control of nanomaterials and nanotechnologies in the Russian Federation. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2013; (1): 4–11. (in Russian)
18. Gmshinskiy I.V., Shipelin V.A., Vorozhko I.V., Sentsova T.B., Soto S.Kh., Avren'yeva L.I., et al. Toxicological evaluation of nanosized colloidal silver stabilized with polyvinylpyrrolidone. III. Enzymological, biochemical markers, the state of the antioxidant defense system. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2016; 85 (2): 14–23. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00019> (in Russian)
19. Raspopov R.V., Vernikov V.M., Shumakova A.A., Sentsova T.B., Trushina E.N., Mustafina O.K., et al. Toxicological and hygienic characteristics of titanium dioxide nanoparticles administered as a dispersion into the gastrointestinal tract of rats. Communication 1. Integral, biochemical and hematological parameters, the degree of absorption of macromolecules in the small intestine, DNA damage. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2010; 79 (4): 21–30. (in Russian)
20. Arianova E.A., Shumakova A.A., Tananova O.N., Trushina E.N., Mustafina O.K., Sharanova N.E., et al. The effect of titanium dioxide nanoparticles on the parameters of the immune system in rats. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 84 (6): 47–53. (in Russian)
21. Shumakova A.A., Efimochkina N.R., Minayeva L.P., Bykova I.B., Batishcheva S.Yu., Markova Yu.M., Trushina E.N., et al. Microecological, hematological indicators, state of the immune system. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (4): 46–56. (in Russian)
22. Shumakova A.A., Tananova O.N., Arianova E.A., Mal'tsev G.Yu., Trushina E.N., Mustafina O.K., et al. Study of the effect of aluminum oxide nanoparticles injected into the gastrointestinal tract of rats. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 84 (6): 54–60. (in Russian)
23. Smirnova V.V., Tananova O.N., Shumakova A.A., Trushina E.N., Avren'yeva L.I., Bykova I.B., et al. Toxicological and hygienic characteristics of nanostructured bentonite clay. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2012; (3): 76–8. (in Russian)
24. Shipelin V.A., Avren'yeva L.I., Guseva N.V., Trushina E.N., Mustafina O.K., Selifanov A.V., et al. Characterization of oral toxicity of C60 fullerene for rats in a 92-day experiment. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 84 (5): 20–7. (in Russian)
25. Shipelin V.A., Shumakova A.A., Masyutin A.G., Chernov A.I., Sidorova Yu.S., Gmshinskiy I.V., et al. In vivo subacute oral toxicity assessment of multiwalled carbon nanotubes: characteristic of nanomaterial and integral indicators. *Rossiyskie nanotekhnologii* [Nanotechnologies in Russia]. 2017; 12 (9–10): 559–68. DOI: <https://doi.org/10.1134/S199507801705010X> (in Russian)
26. Shipelin V.A., Riger N.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Markova Yu.M., Polyanina A.S., et al. The effect of single-walled carbon nanotubes on the immunological, hematological and microecological parameters of Wistar rats after oral administration. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2018; 97(11): 1114–20. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97> (in Russian)
27. Tananova O.N., Arianova E.A., Gmshinskiy I.V., Aksenov I.V., Zgoda V.G., Khotimchenko S.A. Effect of titanium dioxide nanoparticles on the protein profile of rat liver microsomes. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 81 (2): 24–8. (in Russian)
28. Shipelin V.A., Smirnova T.A., Gmshinskiy I.V., Tutelyan V.A. Study of biomarkers of the toxic effect of fullerene C60 nanoparticles by confocal fluorescence microscopy. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2014; 158 (10): 440–7. (in Russian)
29. Shipelin V.A., Kudan P.V., Zgoda V.G., Gmshinskiy I.V., Khotimchenko S.A. Effect of metallic silver nanoparticles on the protein composition of the microsomal fraction of rat liver. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2018; 166 (7): 90–5. (in Russian)
30. Tananova O.N., Arianova E.A., Gmshinskiy I.V., Toropygin I.Yu., Kryapova E.V., Trusov N.V., et al. Changes in proteome profiles of rat liver microsomes induced by silicon dioxide nanoparticles. *Biochemistry (Moscow) Suppl Ser B Biomedical Chem.* 2014; 8 (2): 125–9.

31. Shumakova A.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., Gmoshinskiy I.V., Khotimchenko S.A. Influence of nanoparticles of titanium dioxide and silicon dioxide on the accumulation and toxicity of lead in the experiment with their intragastric administration. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; 83 (2): 57–63. (in Russian)
32. Shumakova A.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., Gmoshinskiy I.V., Khotimchenko S.A. Toxicity of lead when administered together with nanostructured silicon dioxide. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (2): 10–8. (in Russian)
33. Shumakova A.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., Gmoshinskiy I.V., Khotimchenko S.A. Toxicity of lead when administered together with nanoparticles of aluminum oxide. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (3): 14–24. (in Russian)
34. Shumakova A.A., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., Mal'tsev G.Yu., Gmoshinskiy I.V., et al. Toxicity of cadmium when administered together with titanium dioxide (rutile), nanostructured silicon dioxide and fullerene. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2015; 1 (54): 86–93. (in Russian)
35. Toxicity equivalence factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks. Technical paper on toxicity equivalency factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks. FAO/WHO, 2016: 108 p. [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/3/a-i5970e.pdf> (date of access August 10, 2020)
36. Kokhanova Yu.A., Khotimchenko S.A. Biosafety. Phycotoxins. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; 75 (2): 3–8. (in Russian)
37. Kokhanova Yu.A., Khotimchenko S.A. Biosafety. Phycotoxins. Communication 2 *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; 75 (3): 3–8. (in Russian)
38. Kokhanova Yu.A., Khotimchenko S.A. Biosafety. Phycotoxins. Communication 3 *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; 75 (4): 16–9. (in Russian)
39. Bagryantseva O.V., Gmoshinskiy I.V., Evstratova A.D., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., et al. Characterization of biomarkers of okadaic acid toxicity in vivo. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2018; 97 (4): 355–61. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-355-361> (in Russian)
40. Bagryantseva O.V., Gmoshinskiy I.V., Evstratova A.D., Trushina E.N., Mustafina O.K., Soto S.Kh., et al. Toxicity of yessotoxin in in vivo experiment. *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risks Analysis]. 2018; (3): 112–9. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.12> (in Russian)
41. Bagryantseva O.V., Evstratova A.D., Khotimchenko S.A. Yessotoxins: assessment of public health risks. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 18–29. DOI: <http://doi.org/10.24411/00411/0042> (in Russian)
42. Kudan P.V., Sokolov I.E., Evstratova A.D., Bagryantseva O.V., Khotimchenko S.A. Method for quantifying okadaic acid as an indicator of seafood safety. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2018; 2 (67): 16–22. (in Russian)
43. Khotimchenko S.A., Bagryantseva O.V., Gmoshinskiy I.V., Riger N.A., Evstratova A.D., Trushina E.N., et al. Investigation of the toxicity of lipophilic phycotoxins (okadaic acid and yessotoxin) in an in vivo experiment. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. Supplement. Proceedings of the XVII All-Russian Congress with International Participation «Fundamental and Applied Aspects of Nutrition and Dietetics. Therapeutic, Preventive and Sports Nutrition». 2018; 87 (5): 198. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10306> (in Russian)
44. Speranskaya O., Tsitser O., Kiselev A., et al. A Survey of the Chemicals Management Policy of the Russian Federation. SPES Russian Federation November 2005: 68 p. [Electronic resource]. URL: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/30rus\\_survey\\_of\\_russian\\_chemicals\\_policy-en.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/30rus_survey_of_russian_chemicals_policy-en.pdf) POPs Elimination Project – IPEP Website. URL: [www.ipen.org](http://www.ipen.org) (date of access August 10, 2020)
45. Polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans and coplanar polychlorinated biphenyls. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert. In: WHO Technical Report Series No. 909, 2002. P. 121–45 [Electronic resource]. URL: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=2753> (date of access August 10, 2020)
46. Grimm F.A., Hu D., Kania-Korwel I., Lehmler H.-J., Ludewig G., Hornbuckle K.C., et al. Metabolism and metabolites of polychlorinated biphenyls. *Crit Rev Toxicol*. 2015; 45 (3): 245–72.
47. Klyuyev N.A., Brodskiy E.S. Determination of polychlorinated biphenyls in the environment and biota. Polychlorinated biphenyls. Supertoxicants of the XXI century. In: Informational Issue No. 5 VINITI. Moscow. 2000: 31–63. (in Russian)
48. Kulikovskiy A.V., Vostrikova N.L., Chernukha I.M., Savchuk S.A. Methodology for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in food. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of Analytical Chemistry]. 2014; 69 (2): 219–24. (in Russian)
49. Kim K.-H., Jahan S.A., Kabir E., Brown R.J.C. A review of air-borne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environ Int*. 2013; 60: 71–80. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2013.07.019>
50. Bagryantseva O.V., Shatrov G.N., Khotimchenko S.A. Acrylamide: appearance in food, ways to solve the problem. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2010; 79 (1): 4–12. (in Russian)
51. Scientific opinion of the panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP) on a request from the European Commission on the safety evaluation of ractopamine. *EFSA J*. 2009; 1041: 1–52.
52. Codex Alimentarius Commission adopts maximum residue levels. UN food safety body sets limits on veterinary growth promoting drug 06-07-2012 [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/news/story/en/item/150953/icode/> (date of access August 10, 2020)
53. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission. Thirty-fifth Session FAO Headquarters, REP12/CAC Rome, Italy 2–7 July. 2012. P. 87–120 [Electronic resource]. URL: [http://www.fao.org/input/download/report/777/REP12\\_PRe.pdf](http://www.fao.org/input/download/report/777/REP12_PRe.pdf) (date of access August 10, 2020)
54. Sheveleva S.A., Khotimchenko S.A., Baturin A.K., Shatrov G.N., Mazo V.K. Topical issues of regulating the quality and safety of meat and meat products (view of hygienists). *Myasnoy ryad* [A Line of Meat]. 2013; 3 (53): 12–5. (in Russian)
55. Zaytseva N.V., Tutelyan V.A., Shur P.Z., Khotimchenko S.A., Sheveleva S.A. Experience in substantiation of hygienic food safety standards using the criteria of public health risk. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2014; 93 (5): 70–4. (in Russian)
56. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Zaytseva N.V., Khotimchenko S.A., Gmoshinskiy I.V., et al. Assessment of the public health risk from the intake of ractopamine with livestock food products. *Vestnik RAMN* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2013; (6): 4–8. (in Russian)
57. Gumerov F.M., Yarullin L.Yu., Hung T.N., Sagdeyev A.A., Gabitov F.R., Kayumova V.A. Sub- and supercritical fluids in the food, perfumery and pharmaceutical industries. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2017; 20 (8): 30–5. (in Russian)
58. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements. *EFSA J*. 2012; 10 (5): 2663.
59. Bagryantseva O.V., Sokolov I.E., Kolobanov A.I., Elizarova E.V., Khotimchenko S.A. On the regulation of tropane alkaloids in grain products. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (3): 54–61. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10029> (in Russian)
60. Shatrov G.N., Bagryantseva O.V. Food additives, flavors, processing aids. In: Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. (eds). *Nutrition and Clinical Dietetics: National Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media. 2020; Chapter 28: 656 p. (in Russian)
61. Gmoshinskiy I.V., Bagryantseva O.V., Khotimchenko S.A. Toxicological and hygienic assessment of titanium dioxide nanoparticles

- as a component of E171 food additive (review of the literature and meta-analysis) // *Health Risk Analysis*. 2019; 2: 145–63. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.17>.eng
62. Report of the Forty Eighth Session of the Codex Committee On Food Additives. Macao, China, 20–24 March, 2017: 101 p. [Electronic resource]. URL: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsite%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-49%252FReport%252FREPI7\\_FAe.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsite%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-49%252FReport%252FREPI7_FAe.pdf) (date of access August 10, 2020)
  63. Bagryantseva O.V., Khotimchenko S.A., Petrenko A.S., Sheveleva S.A., Arnautov O.V., Elizarova E.V. Antibiotic properties of nisin in the context of its use as a food additive // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2020; 99 (7): 702–9. DOI: <http://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-702>
  64. Bagryantseva O.V., Shatrov G.N., Khotimchenko S.A., Bessonov V.V., Arnautov O.V. Aluminum: assessment of consumer health risk from food intake. *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risks Analysis]. 2016; (1): 59–68. (in Russian)
  65. Gmoshinskiy I.V., Bagryantseva O.V., Arnautov O.V., Khotimchenko S.A. Nanoclays in food products: benefits and possible risks (literature review). *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risks Analysis]. 2020; (1): 142–64. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.16> (in Russian)
  66. Bagryantseva O.V., Elizarova E.V., Khotimchenko S.A. Justification for changing the list of food additives allowed for use in the Eurasian Economic Union. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2020; (6): 42–6. DOI: <http://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10064> (in Russian)
  67. Allen J.A., Peterson A., Sufit R. Hinchcliff M.E., Mahoney J.M., Wood T.A., et al. Post-epidemic eosinophilia myalgia syndrome associated with L- tryptophan. *Arthritis Rheum*. 2011; 63 (11): 3633–9. DOI: <http://doi.org/10.1002/art.30514>
  68. Gallo A., Ferrara M., Perrone G. Phylogenetic study of polyketide synthases and nonribosomal peptide synthetases involved in the biosynthesis of mycotoxins. *Toxins*. 2013; 5: 717–42. DOI: <http://doi.org/10.3390/toxins5040717>
  69. Khovayev A.A. Development of a system for hygienic control over the circulation of food products obtained using genetically engineered microorganisms: Autoabstract of Diss. Moscow, 2011. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Шевелева Светлана Анатольевна – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
Телефон: (495) 698-53-83  
E-mail: sheveleva@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>

Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П.

## Микробиологическая безопасность пищи: развитие нормативной и методической базы

Microbiological safety of food: development of normative and methodical base

Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Minaeva L.P.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Рассмотрены основные итоги и перспективы фундаментальных и прикладных гигиенических исследований лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (далее – Институт питания) по направлению развития нормативной и методической базы оценки микробиологической безопасности пищи. Обсуждается становление микробиологического нормирования, как научно-аналитического и административно-управленческого процесса в бывшем СССР и Российской Федерации, в контексте исторических данных, в том числе личного вклада ученых Института и заинтересованных специалистов. Акцентируются базовые принципы нормирования – научная обоснованность устанавливаемых критериев и требований, реалистичность, технологическая достижимость, дифференцирование по степени опасности для здоровья потребителей, превентивный характер. Охарактеризован ресурс отечественной нормативно-методической базы в сфере микробиологической безопасности пищи на рубеже столетий, описаны особенности внедрения методологии оценки микробиологического риска (ОМР) в обоснование российских норм и мер профилактики инфекций от пищи. Дана информация о разработанных руководящих документах по ОМР и примеры нормативов, принятых на ее основе. Освещены вопросы регламентации требований к безопасности пищи и снижению распространения новых патогенов *Stx-Escherichia coli*, *Listeria**

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по НИР. За счет средств Российского научного фонда выполнены части работы, посвященные цитированию результатов по проблеме изучения пищевого кампилобактериоза (грант № 15-16-00015) и частично по проблеме микробиологической безопасности пищи (грант № 18-16-00077).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П. Микробиологическая безопасность пищи: развитие нормативной и методической базы // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 125–145. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10048

**Статья поступила в редакцию** 20.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** Research work was carried out at the expense of a grant for the performance of a state task. Parts of the work devoted to citing the results on the problem of studying food campylobacteriosis (grant No. 15-16-00015) and on the problem of mycological safety of food (in part) (grant No. 18-16-00077) were carried out at the expense of the Russian Science Foundation.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Minaeva L.P. Microbiological safety of food: development of normative and methodical base. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 125–45. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10048 (in Russian)

**Received** 20.07.2020. **Accepted** 29.07.2020

*monocytogenes, Enterobacter sakazakii, Campylobacter spp.* в пищевой цепи на основе риск-ориентированных подходов. Обоснована необходимость принятия специфических мер профилактики перекрестного загрязнения на птицеперерабатывающем производстве с учетом доказательств высокой приспособляемости *Campylobacter jejuni*, выделенных из отечественной птицы-сырья. В санитарно-микологическом аспекте показана перспективность мониторинга плесеней с учетом их хемотипов в зерне и незерновых растительных продуктах для прогноза риска накопления микотоксинов и принятия своевременных мер. При нормировании в пище антибиотиков аргументирована необходимость оценки воздействия на население с учетом особенностей потребления в стране, а также разработки критериев непрямого риска остаточных количеств. В свете вызовов здравоохранению в сфере агро- и пищевых технологий на современном этапе, способствующих ускорению микробной эволюции и появлению новых рисков в пище, определены приоритетные задачи совершенствования нормативно-методической базы оценки микробиологической безопасности с акцентом на внедрение в процесс обоснования норм инновационных ОМИК-технологий, основанных на достижениях геномики, транскриптомики, протеомики, метаболомики, биоинформатики.

**Ключевые слова:** микробиологическая безопасность пищи, гигиенические нормативы, эмерджентные патогены, оценка микробиологического риска, микробиологический анализ пищевых продуктов

*The main results and prospects of fundamental and applied hygienic research of the laboratory of biosafety and nutrिमicrobiome analysis of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (hereinafter – the Institute of Nutrition) in the direction of developing a regulatory and methodological framework for assessing the microbiological safety of food are reviewed. The formation of microbiological regulation as a scientific analytical and administrative managerial process in the former USSR and the Russian Federation is considered in the context of historical data, including personal contribution of the scientists of the Institute of Nutrition and other specialists. The basic principles of regulation are emphasized: the scientific validity of the established criteria and requirements, the feasibility, technological attainability, differentiation according to the degree of danger to the health of consumers, preventive nature. The resource of the national normative and methodological base in the field of microbiological food safety at the turn of the century is characterized, the features of the introduction of the microbiological risk assessment (MRA) methodology in the substantiation of Russian norms and measures for the prevention of food infections are described. The information is given on the developed guidance documents on MRA and on the examples of norms adopted on its basis. The article covers the issues of reclamation of the requirements for food safety and reducing the spread of new pathogens *Stx*-*Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacter sakazakii*, *Campylobacter spp.* in the food chain based on risk-oriented approaches. The necessity of taking specific measures for the prevention of cross-contamination in the poultry processing industry is substantiated, taking into account the evidence of the high adaptability of *C. jejuni* isolated from domestic raw poultry. In the sanitarian-mycological aspect, the monitoring perspective of mould fungi, taking into account their chemotypes, in cereals and non-grain plant products is shown to predict the risk of mycotoxin accumulation and take timely measures. The need to assess the impact on the population, taking into account the characteristics of consumption in the country, as well as the development of criteria for indirect risk of residues are argued for regulation of the antibiotics in food. In light of the challenges in the field of agro- and food technologies to public health at the present stage, contributing to the acceleration of microbial evolution and the emergence of new risks in food, the priority tasks of improving the regulatory and methodological base for assessing microbiological safety have been identified, with an emphasis on the introduction into the process of substantiating the norms of innovative OMICS-technologies based on the achievements of genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, bioinformatics.*

**Keywords:** microbiological food safety, hygienic norms, emergent pathogens, microbiological risk assessment, microbiological analysis of foods

Микробная контаминация пищи является одной из основных проблем здравоохранения и экономики. По числу пострадавших, скорости развития заболеваний, по способности превращать доброкачественную

продукцию в непригодную к потреблению при нарушении условий хранения и создавать тем самым угрозу для продовольственного обеспечения населения этот фактор биологической опасности превосходит многие

другие. Не менее важно присутствие в ней технологических микроорганизмов и их метаболитов в плане их безвредности и эффективности.

Через пищу передается более 200 болезней бактериальной, вирусной, паразитарной природы. Согласно оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), каждый год ими болеют 600 млн человек (почти каждый 10-й житель планеты) и 420 тыс. умирают, что приводит к потере 33 млн лет здоровой жизни (ДАЛИ!) [1]. Число таких инфекций растет во всем мире, даже в странах с высоким уровнем развития. Пищевой путь передачи возбудителей преобладает при вспышках острых кишечных инфекций (ОКИ) у населения и в России, а при некоторых нозологиях, например сальмонеллезе, является основным.

Эти вызовы увеличиваются из-за глобальных антропо- и техногенных воздействий на окружающую среду, обуславливающих глубокие изменения во всех звеньях эпидемического процесса, в первую очередь у возбудителей. Так, широкое применение антибиотиков, включая сельское хозяйство, форсировало эволюцию бактерий и в конце XX в. привело к появлению резистентных штаммов с повышенной вирулентностью; использование технологии холодильного хранения, упаковки без воздуха, минимальной переработки сырья, в том числе из далеких от производителя стран, – к накоплению в пище малоизученных или несвойственных для конкретных регионов бактерий, вирусов, плесневых грибов, токсинов, прионов. Такие эмерджентные патогены обусловили возникновение пищевых токсикоинфекций (ПТИ) с более тяжелым течением, внекишечными осложнениями, повышенной летальностью. А их резервуаром стали здоровые животные, откуда эти агенты неизбежно попадают в получаемые от них продукты и наряду с высоковосприимчивыми потребителями (дети, лица с иммунодефицитом, пожилые) все чаще поражают взрослых трудоспособных людей [2]. По данным ВОЗ, 75% случаев эмерджентных инфекций в 2005–2015 гг. имели пищевое происхождение, и в будущем их прирост повсеместно прогнозируется за счет пищевого пути передачи [1].

Для защиты здоровья и жизни населения повсеместно создаются системы обеспечения микробиологической безопасности пищи, основанные на нормативно-правовых требованиях в санитарном, пищевом законодательстве и техническом регулировании, гигиеническом нормировании, государственном надзоре и производственном контроле продукции. Главной их задачей в современных условиях является постоянное совершенствование, базирующееся на непрерывном получении новых знаний в сфере биологии, генетики микробов с учетом их изменчивости, поведения и выживаемости в процессе пищевых технологий и при взаимодействии с макроорганизмом. В связи с этим фундаментальные

и прикладные гигиенические исследования по профилактике инфекций, токсикоинфекций и интоксикаций от пищи, по развитию нормативной и методической базы для оценки ее качества и безопасности стали приоритетным аспектом деятельности ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (ранее – лаборатории санитарно-пищевой микробиологии) со дня основания.

## Развитие подходов к микробиологическому нормированию пищевых продуктов в России и в мире в контексте исторических данных

В бывшем СССР впервые вопрос о микробиологической стандартизации пищи был поднят Институтом питания Академии медицинских наук СССР (далее – Институт питания) в 1959 г. в порядке официальной дискуссии [3]. Специалистам предлагалось обсудить необходимость и возможность установления нормативов для готовых скоропортящихся продуктов только по санитарно-показательным микробам, в первую очередь индикаторам фекального загрязнения. Нормировать патогены не предписывалось из-за «низкой частоты встречаемости вне вспышек пищевых отравлений». Была обоснована необходимость унификации методов анализа и накопления данных об обсемененности продуктов в зависимости от процессов их производства. В результате в ГОСТ на ряд пищевых продуктов были включены показатели общего числа микробов (ОМЧ) и коли-титра [отрицательного *Ig* разведения продукта, следующего за разведением, содержащим искомые бактерии группы кишечных палочек (БГКП)].

Эта концепция была вскоре пересмотрена на фоне накопления знаний об изменчивости инфекционных агентов под влиянием стрессовых факторов пищевых технологий и о появлении новых возбудителей. Сотрудниками Института впервые были получены данные о приобретении устойчивости к принятым режимам пастеризации и к антагонизму заквасочной флоры представителей патогенных энтеробактерий рода *Shigella* – *S. flexneri* и *S. sonnei*, обуславливавших частые вспышки шигеллеза от молочных продуктов среди населения, об этиологической роли в ПТИ считавшихся ранее непатогенными бактерий рода *Enterococcus* и малоизученных *Vibrio parahaemolyticus* [4–6]. Имела значение и критика со стороны ведущих санитарных микробиологов страны. Так, по мнению Г.П. Калины [7], нормирование санитарно-показательной флоры играет положительную роль лишь для контроля санитарных условий производства и хранения пищи, но не гарантирует ее эпидемиологическую безопасность даже при исследовании статистически обоснованного числа проб. Гиперболизируя загрязнение готовой пищи патогенами и недооценивая

<sup>1</sup> Число лет жизни популяции, прожитых с инвалидностью или другими проблемами со здоровьем или потерянных в результате преждевременной смерти.

значимость надлежащей производственной практики как условия обеспечения выпуска доброкачественной продукции, эти авторы в 1969 г. считали, что проблема ее санитарно-бактериологической стандартизации вообще далека от разрешения.

В 1973 г. Институт заявил о новом подходе нормирования с более широким спектром показателей. Исходя из литературы и данных многолетнего ежегодно проводившегося лабораторией санитарно-пищевой микробиологии по поручению Минздрава СССР анализа пищевых отравлений по стране, показывающих пусковую роль возбудителей в возникновении вспышек лишь в тех случаях, когда их содержание в пище составляет сотни тысяч или миллионы клеток в 1 г, было сочтено, что продукты с нормальными органолептическими свойствами, отвечающие требованиям ГОСТ по ОМЧ и титру БГКП, но содержащие от 100 до 1000 клеток/г условно-патогенных бактерий (стафилококков, энтеропатогенных *E. coli*, энтерококков, протей, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*) и хранящиеся в условиях, исключающих возможность их размножения, безопасны для потребителей [8]. Внесено требование к отсутствию патогенов (но без нормируемой массы продукта и определяемых видов), а также впервые указано на необходимость замены коли-титра на абсолютное число БГКП в единице массы/объема. Тем самым был одобрен подход к микробиологическому нормированию, базирующийся на истории безопасного потребления пищевых продуктов с остаточной флорой населением, в свою очередь обеспечиваемой принятыми и соблюдаемыми условиями их производства и хранения. Но к внедрению в практику эти предложения не были готовы, во многом из-за отсутствия обоснованных значений норм для конкретных видов продуктов, учитывающих особенности предприятий страны с разным уровнем мощности, производственной санитарии и репутации в органах санитарного надзора.

На данном этапе вклад в зарождающееся микробиологическое нормирование внесли специалисты Института питания Н.П. Нефедьева, В.Г. Геймберг, Н.Н. Седова, В.И. Бугрова, Л.И. Петрушина, Т.А. Калитина, Б.П. Владимиров, Киевского НИИ гигиены питания Минздрава УССР С.П. Аскалонов, И.Б. Добриер, Б.Л. Гордин, госсанэпидслужбы страны М.Г. Шевченко, Л.В. Селиванова, Т.М. Федорова и др.

К концу 1960-х гг. практически во всех странах мира с развитой экономикой были разработаны бактериологические стандарты для пищевых продуктов. В основном их использовали в промышленности как рекомендательные. Их «узаконивание» резко ускорилось, когда для содействия беспрепятственной торговле ВОЗ и Всемирная продовольственная организация (ФАО) начали координировать работу по созданию международных микробиологических нормативов и была образована консультативная структура – международная комиссия по микробиологическим спецификациям для пищи (ICMSF) [9]. На основе математико-статистической проработки ею массивов данных об удельном весе

приемлемых и забракованных по конкретным бакпоказателям партий различных видов сырой и переработанной продукции, полученных лабораториями таможенных служб и предприятий-изготовителей, Комитет экспертов ВОЗ/ФАО утвердил типовые планы выборки не менее 5 проб от партии для анализа и оценки результатов (сэмплинг-планы), а также допустимые пределы микробного загрязнения для отдельных видов продуктов [10]. Критерии установления пределов (лимитов) обосновывались для каждого показателя с учетом цели (обеспечение качества, безопасности или гигиены производства) путем сопоставления со значениями начала порчи, нарушений санитарии, эпидданными об инцидентах с заболеваемостью у людей, в том числе у добровольцев, экспериментальными данными с кормлением животных, хотя и признавалось, что многие из них носили произвольный характер. Тогда же было введено понятие микробиологической спецификации (как комплекса из описания метода анализа, сэмплинг-плана, допустимых для данного продукта лимитов микробного загрязнения и доли проб, которые должны находиться в их пределах), легшей в основу дальнейшего нормирования [11].

Эти мировые тенденции и активизация экспортно-импортных отношений СССР в продовольственной сфере, а также необходимость улучшения ситуации со вспышками ПТИ в стране обусловили создание полноценной нормативно-методической базы на основе требований, утверждаемых на государственном уровне. Данную работу в Институте питания в 1981 г. возглавила профессор И.Б. Куваева. Разработка принципов микробиологического нормирования и конкретных норм для продуктов массового потребления и сырья базировалась, с одной стороны, на рекомендациях ФАО/ВОЗ [12], а с другой – на учете микробиологических характеристик сырья, параметров технологий и даже культуры производства на предприятиях. Так, все величины нормативов по санитарно-показательным и ряду условно-патогенных микробов (УПМ) формировали исходя из спектра и уровней остаточной флоры в доброкачественных продуктах, сырье, ингредиентах при их выпуске в оборот предприятиями, отвечающими санитарным нормам и правилам, в том числе в продукции общественного питания – по итогам контроля учреждениями санэпидслужбы всех союзных республик. Выбор видов патогенов и УПМ, подлежащих нормированию в каждой конкретной группе продуктов, обосновывали данными анализа пищевых отравлений по стране.

В результате были выделены 4 группы микробов, обеспечение уровней которых в пределах установленных норм позволяет выпускать безопасную продукцию с высоким микробиологическим качеством: I – санитарно-показательные (ОМЧ и БГКП, при этом состав БГКП соответствует принятому в международной практике показателю «колиформные бактерии», интегрирующему все лактозоположительные мезофильные энтеробактерии, а метод анализа адаптирован к их определению, в отличие от коли-титра, ограниченного термотолерантными видами); II – потенциально-патоген-

ные, обуславливающие возникновение токсикоинфекций и интоксикаций; III – патогенные, вызывающие инфекционные заболевания (с учетом рекомендаций ФАО/ВОЗ их отсутствие регламентировано в 25 г продуктов массового потребления с использованием в качестве индикаторных микробов рода *Salmonella*); IV – вызывающие порчу продуктов, куда включены в основном дрожжи и плесени [13, 14].

Всего за 1 год был проанализирован беспрецедентный объем материала, и все предложенные нормативы рассмотрены коллегиально на руководимой И.Б. Куваевой секции санитарно-пищевой микробиологии Проблемной комиссии «Научные основы гигиены питания» Межведомственного научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды с участием ведущих гигиенистов и санитарных микробиологов страны Ю.П. Пивоварова, Г.М. Трухиной, И.А. Карплюк, М.А. Бибилашвили и др. Здесь специалисты отраслевых научно-исследовательских институтов и промышленности сопоставляли эти показатели с реальными параметрами технологий, что повышало гарантии их достижимости.

Итогом этой работы стало впервые в СССР официальное утверждение предназначенных для использования при государственном санитарном надзоре микробиологических нормативов для 50 видов особо скоропортящихся продуктов [15]. Одновременно предлагались новые методы: альтернативного коли-титру определения БГКП и ОМЧ, соответствующего рекомендациям ICMSF. После унификации в Институте питания с рекомендациями ФАО/ВОЗ и включения в Методические указания по санитарно-бактериологическому контролю на предприятиях общественного питания и торговли пищевыми продуктами (утв. Минздравом СССР, № 2657 за 1982 г.) их стали использовать санэпидслужба и ведомственные лаборатории. В разработке этих документов участвовали также специалисты Минздрава СССР (К.З. Соломатина, Л.В. Селиванова) и Центрального ордена Ленина института усовершенствования врачей (И.А. Карплюк, В.И. Попов).

Большое значение для принципов нормирования имела работа специалистов Института в Постоянной комиссии по сотрудничеству в области пищевой промышленности Совета экономической взаимопомощи в 1980–1990 гг. Еще до появления рекомендаций ФАО/ВОЗ была создана система стандартизованных норм и методов анализа, охватывающая весь перечень продукции из таможенных кодов Совета экономической взаимопомощи, с рекомендуемыми для нее микробиологическими требованиями. Предусматривалось нормирование микробов групп А (включаемых во все стандарты на отдельные виды продуктов для обеспечения безвредности и качества) и В (уточняемых в контрактах на поставку конкретных видов продуктов для повышения гарантии обеспечения безвредности и качества), создан их перечень из 33 наименований, скомпонованы группы продуктов с релевантными каждой из них микробами, согласованы требования к основным продуктам в товарообмене в форме допустимых значений, основан-

ных на 2- и 3-классных сэмплинг-планах. Для всех нормируемых микробов к тому моменту были разработаны и утверждены методы испытаний в виде стандартов Совета экономической взаимопомощи, впоследствии взятые в основу ГОСТ.

### Создание дифференцированных микробиологических нормативов

Исходя из полученных в Институте питания данных о физиологической незрелости кишечного иммунитета у детей в раннем возрасте [16], невозможно было регламентировать микроорганизмы в специализированных продуктах (для новорожденных, здоровых и больных детей, различных категорий взрослых больных) на основе вышеописанной концепции для продуктов массового потребления, которая не учитывает степень восприимчивости потребителей к инфекции. Для реализации этой задачи под началом И.Б. Куваевой был разработан специальный подход, базирующийся на медико-биологическом, технологическом обосновании и единой методологии контроля [13]. Так, на основе данных об особенностях системы пищеварения и кишечного иммунитета у детей в разные периоды раннего возраста, при разном состоянии здоровья, в том числе связи с частотой заболеваемости острыми кишечными инфекциями, о типе питания, микробной чистоте и степени готовности продуктов к потреблению, были определены уровни риска при поглощении патогенов с пищей – максимальный, средний, минимальный.

В специально созданных моделях *in vitro*, имитирующих условия пищеварения в верхних отделах желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека [17], исследовано поведение различных бактерий-контаминантов пищи. Была показана способность штаммов УПМ *E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus* spp. не только выживать, но и интенсивно размножаться в желудке ребенка за 3 ч инкубации от вносимых низких доз, тогда как в условиях пищеварения взрослых – снижаться вплоть до отмирания [18]. Эти результаты подтвердили реальную опасность для детей первого года жизни и лиц с состоянием гипо- и ахлоргидрии присутствия в пище малых количеств не только патогенных, но и УПМ и позволили обосновать необходимость нормирования более строгих допустимых уровней (ДУ), чем в продуктах массового потребления, учитывая при этом потенциал их вирулентности.

Путем анализа массива проб продуктов для детского питания и их компонентов, вырабатываемых заводами России, Украины, Казахстана, в рамках научного сотрудничества с Истринским отделением ВНИКМИ Госагропрома СССР, НИИ гигиены питания Минздрава УССР, Казахским филиалом Института питания установлены практически достижимые величины показателей в зависимости от факторов производства и хранения.

Проведена работа по созданию единой методологии контроля и унификации процедур определения основ-

ных микробных контаминантов, их гармонизации с рекомендациями ФАО/ВОЗ, Международной организации по стандартизации и адаптации к условиям лабораторной практики страны путем модификации состава питательных сред, предложения соответствующих по точности доступных вариантов, разработки специальных приемов (неселективная прединкубация для патогенов и УПМ, улучшенная первичная идентификация БГКП), повышающих эффективность выявления поврежденных при термообработке и сушке микробов.

В результате этой работы были обоснованы дифференцированные ДУ микроорганизмов, спектр которых тем шире, чем выше микробиологический риск продукта для организма ребенка, что видно из примера для сухих молочных смесей и компонентов для их изготовления (табл. 1) [18]. «Детские» нормы впервые были включены в утвержденные Минздравом СССР Методические указания (№ 3928 за 1985 г.).

Данный подход позволил направленно формировать адекватные требования и к другим видам специализированных продуктов для здоровых и больных людей разного возраста (дошкольников и школьников, беременных и кормящих женщин, а также к продукции молочных кухонь), разработать рекомендации к показателям экологического благополучия детского питания на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС, а его элементы затем применены в методологии оценки микробиологического риска (ОМР) на ступенях характеристики потенциального вреда и характеристики риска [19].

Эти наработки реализованы более чем в 500 нормативах, включенных в документы союзного и федерального значения (СанПиН 42-123-4940-88 «Микробиологические нормативы и методы анализа продуктов детского, лечебного и диетического питания и их компонентов», СанПиН 42-123-4423-87 «Нормативы и методы микробиологического контроля продуктов детского питания, изготовленных на молочных кухнях системы здраво-

охранения», Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов Минздрава СССР № 5061-89, СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», МУК 4.2.577-96 «Методы микробиологического контроля продуктов детского, лечебного питания и их компонентов», СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов») и перешедших таким образом на качественно иной – законодательный уровень, став предтечей межгосударственных технических регламентов в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС). Наряду с учеными Института питания над ними работали специалисты Минздрава СССР.

### Аспекты санитарно-микологического нормирования

Особое место в изучении проблем микробиологической безопасности пищи в Институте занимают исследования природы и профилактики микотоксикозов. Первыми были работы по расшифровке и ликвидации вспышек алиментарно-токсической алейкии (АТА) среди населения ряда областей РСФСР и Казахстана, проведенные в 1948–1950 гг. Было доказано, что АТА, проявлявшаяся некротической ангиной и сепсисом на фоне тяжелых нарушений кроветворения, вплоть до его прекращения, вызывают микотоксины (МТ), образуемые грибами рода *Fusarium* в зерне ржи и пшеницы, зимующем в поле после уборки урожая. Огромная роль в этих исследованиях принадлежит Ю.И. Рубинштейн, старшему научному сотруднику, а впоследствии руководителю лаборатории санитарно-пищевой микробиологии (1958–1964 гг.). Ею идентифицированы *Fusarium sporotrichiella* v. *sporotrichioides* и *roae* – вид и подвиды грибов, изолированных из злаков с ядовитыми свой-

Таблица 1. Дифференцированные микробиологические критерии безопасности пищевых продуктов для детей раннего возраста

Table 1. Differentiated microbiological criteria for food safety for baby food and infant formula

Уровень риска <i>Risk level</i>	Вид детских продуктов <i>Species of baby products</i>	ОМЧ, КОЕ/г <i>Total plate count, CFU/g</i>	Масса продукта (г), в которой не допускаются: <i>Product weight (g), in which not allowed:</i>				<i>B. cereus</i> , КОЕ/г <i>CFU/g</i>	Дрожжи, КОЕ/г <i>Yeasts, CFU/g</i>	Плесени, КОЕ/г <i>Moulds, CFU/g</i>
			БГКП <i>Coliforms</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	патогенные, в том числе <i>Salmonella</i> <i>pathogenic, incl. Salmonella</i>			
Максимальный <i>Maximal</i>	Детские смеси и продукты лечебного питания типа инстант <i>Instant baby formulas and health food products</i>	2×10 <sup>3</sup> – 3×10 <sup>3</sup>	1,0	10,0	10,0	100	10	50	
Средний <i>Middle</i>	Каши, печенье, молочные напитки быстрорастворимые <i>Fast rehydrated porridge, milk drinks, cookies</i>	1×10 <sup>4</sup> – 1,5×10 <sup>4</sup>	0,1– 1,0	1,0	10,0	50–100	100– 200	50– 100	
Минимальный <i>Minimal</i>	Каши, мука, крупа, сухое молоко, требующие варки <i>Requiring cooking porridge, flour, cereals, milk powder</i>	2,5×10 <sup>4</sup> – 5×10 <sup>4</sup>	0,1	–	–	25–50	200	50– 100	

Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

ствами, установлены механизмы приобретения ими токсичности при нахождении под снегом и одновременно с А.Х. Саркисовым подтверждена роль их токсинов в развитии АТА на обезьянах [20]. Итогом этих работ стало внедрение комплекса агротехнических мер для предупреждения возможности появления МТ в урожае, а также требований ГОСТ на заготавливаемое продовольственное зерно в части предельно допустимого содержания фузариозных зерен в партии (не более 1%).

В начале 1960-х гг. академик А.А. Покровский создал в Институте новое направление по изучению МТ и их роли в структуре заболеваний от пищи. Старший научный сотрудник лаборатории В.П. Богородицкая регулярно наращивала биомассу грибов *Aspergillus* и *Fusarium* spp. для последующего выделения в чистом виде и стандартизации МТ, необходимых для количественного анализа, выяснения механизмов и порогов токсического действия при обосновании нормативов для этих контаминантов [21]. Ею же в содружестве с учеными Всесоюзного НИИ зерна были начаты исследования свойств розовоокрашенных нефузариозных зерен пшеницы, количество которых с 1968 г. в условиях повышенной влажности стало значительно увеличиваться в принимаемых партиях (свыше Рекомендаций Минздрава СССР № 72-123-9/675-13 от 07.09.1978 – не более 3%).

По поручению Госкомитета по науке и технике СССР эти исследования были расширены. Разработан комплекс методов для оценки накопления розового пигмента и потенциальной токсичности зерна на основе тестов с чувствительными к МТ культурами дрожжей *Candida*, *Saccharomyces* и бактерий *Bacillus* spp., количественного хроматографического определения фузариотоксинов Т-2 и дезоксиниваленола, афлатоксинов, охратоксина А, а также алгоритм испытаний токсичности зерна для высших животных с критериями степени ее выраженности по интегративным показателям, макроморфологии и гистологии органов. С его использованием изучены пробы с известным уровнем примеси розовых фузариозных и нефузариозных зерен (от 0 до 20,5%) из разных регионов [22]. В опытах на получавших экстракты из зерна растущих крысах показано, что, как и розовоокрашенное фузариозное, зерно без признаков фузариоза может обладать токсичностью. При наличии в нем более 4% розовых зерен у крысят развиваются дозозависимые общепатологические, дегенеративные, дистрофические процессы, тогда как при содержании 1,0–2,9% розовых зерен этого не происходит. Это подтвердило правильность гигиенических мер по ограничению примеси розовоокрашенного зерна и регламентации ее на уровне не выше 3% в урожае зерновых и легло в основу СанПиН 42-123-4541-87 по контролю безвредности зерна. Основной вклад в эту работу внесли И.Б. Куваева, Э.В. Болтянская, Е.А. Кроякова, Н.П. Сугоняева, И.Б. Быкова, В.С. Соболев.

В текущем столетии в лаборатории под руководством С.А. Шевелевой изучаются новые риски, связанные с контаминацией пищи грибами-продуцентами эмерджентных МТ, влиянием на организм низких уров-

ней плесеней порчи, особенностями микотоксигенной флоры и ее метаболитов в зерне злаковых и незерновой растительной продукции.

Разработан аналитический подход, позволяющий выявлять характерные видоспецифические хемотаксономические профили (хемотипы) микромицетов в культуральных субстратах моноспоровых изолятов в условиях *in vitro* с последующей детекцией всего спектра синтезируемых МТ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием [23]. С его помощью получены новые данные о более широком микотоксигенном хемотипе *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* spp. из зерна и незерновой растительной продукции, а также установлены новые факты «нетипичного» токсинообразования, например активного синтеза охратоксина А продуцентом ферментов *A. awamori*, фумонизинов – аспергиллами секции *Nigi* из числа контаминантов сухофруктов, чая, кофе и продуцентов ферментов. Способность к выработке фумонизинов до сих пор связывают с *Fusarium* spp. и контролируют эти МТ только в загрязняемых ими зерновых (кукуруза). С учетом роли МТ как наиболее важных факторов вреда здоровью в пище, полученные результаты указывают на целесообразность системного мониторинга плесеней и их хемотипов в различных видах растительного сырья и микробных продуцентов для пищевой биотехнологии, для прогноза контаминации опасными МТ.

В экспериментах с кормлением крыс продуктом, искусственно загрязненным нетоксигенными микромицетами родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Geotrichum* на уровнях, которые не дают видимых признаков порчи, у животных выявлены признаки нарушения проницаемости кишечного барьера, повышение уровня сенсибилизации модельным аллергеном (овальбумин), а также развитие дисбактериоза и снижение антагонистической активности нормофлоры [24, 25]. Это позволило признать очевидным риск потребления пищи с содержанием плесеней выше  $10^3$  КОЕ/г и нецелесообразность тенденции к отказу от их гигиенической регламентации в продуктах массового потребления, продвигаемой изготовителями.

Изучены характер и уровни микофлоры в широком спектре незерновых продуктов (чайная продукция, кофе, сухофрукты, биологически активные добавки к пище). Несмотря на участие плесеней в биоферментации традиционного чая, этот продукт ежедневного потребления характеризовался умеренной контаминацией и отсутствием токсигенных свойств у изолятов. Тогда как свыше 55% проб травяных чаев и смесей содержали плесени на уровне  $10^{4-6}$  КОЕ/г при значении единого норматива для чая не более  $10^3$  КОЕ/г [26]. При этом их представители показывали способность *in vitro* к биосинтезу значительных количеств одновременно нескольких видов МТ, включая эмерджентные: фумонизины В1 и В2, зеараленон, стеригматоцистин, метиловый эфир альтернариола [27]. Установлено, что в микофлоре сухофруктов с высоким природным содержанием сахаров по частоте (>85%) и по уровням содержания доминируют грибы

*Aspergillus* секции *Nigi*. В них в том числе обнаружены фумонизины в количествах, превышающих установленные максимальные допустимые уровни (МДУ) для нормируемых по этим МТ продуктов. Полученные данные о характере контаминации незерновой продукции микроскопическими грибами, их способности продуцировать новые виды опасных МТ – первый этап оценки риска для обоснования требований безопасности по количеству плесеней и МТ в ранее не подлежавших нормированию продуктах [28].

Лаборатория активно внедряет использование полимеразной цепной реакции (ПЦР) в микологический анализ. С ее помощью установлена корреляция между уровнями выделенной непосредственно из зерна ДНК некультивируемых *Fusarium* sp., в частности *F. langsethiae*, и содержанием трихотеценовых МТ. Фено-, хемо- и филогенетический ДНК-анализ вместе образуют полифазный подход, перспективный для расшифровки механизмов отмирания и сукцессии грибов в процессе хранения зерна и прогноза накопления в нем опасных МТ, в свою очередь, необходимого для обоснования режимов переработки, минимизирующих вероятность риска.

Эти исследования ведутся в сотрудничестве с лабораториями энзимологии, химии пищевых продуктов, физиологии и биохимии пищеварения. Большие заслуги в них принадлежат Л.П. Минаевой, Н.Р. Ефимочкиной, А.М. Григорьеву, Ю.В. Смотриной, А.И. Алешкиной.

### **Внедрение методологии оценки микробиологического риска в обоснование микробиологических нормативов и мер профилактики пищевых токсикоинфекций**

В 2000-х гг. Институтом питания впервые в нашей стране в процесс обоснования мер пищевой безопасности был внедрен новый международно признанный подход – анализ микробиологического риска (АМР) и его главный элемент ОМР, где риск определяется как вероятность наступления негативных эффектов (инфицирования, заболеваний, осложнений, смертности) для здоровья потребителей или размер этих эффектов вследствие воздействия опасных факторов (патогенов, микробных токсинов) в пище. На всех 4 этапах ОМР (идентификации опасности, оценки воздействия, характеристик опасности и самого риска) применительно к живым объектам (возбудители, восприимчивый организм) и факторам производства, хранения, потребления используются только количественные показатели, полученные измерением фактических величин (детерминант) или путем имитационного и математического моделирования. Это позволяет учесть динамику и изменчивость рисков, прогнозировать их развитие в конкретном продукте и пищевой цепи в целом, превентивно разрабатывать адекватные их воздействию меры защиты [29]. Требования безопасности пищи, обоснованные по методологии ОМР, Всемирная торговая организация считает гармонизированными.

В свете ОМР лабораторией исследовано более 10 тыс. образцов пищевых продуктов массового потребления и специализированных для детского питания. Определены формирующие профили их риска микробные контаминанты, у которых детально проанализирована таксономическая принадлежность, патогенный потенциал, частота и уровни содержания в КОЕ/г, влияние условий хранения и факторов технологий. Так, получены доказательства прочной взаимосвязи и численного приоритета *E. coli* во всех видах ферментированных молоко- и мясopодуков, *Enterobacter* spp. – в сухих детских смесях и кашах, *Enterococcus faecalis* – в переупакованных в пленки под вакуумом вареных мясopодуках, *Campylobacter jejuni* – в мясе кур-бройлеров. Охарактеризована способность штаммов, выделенных из доброкачественных продуктов, экспрессировать факторы патогенности (термолабильного энтеротоксина в 28%, шига-токсина (*Stx*) – в 2,2% случаях у *E. coli*, антиинтерфероновой, антилизоцимной активности – в 44% у *E. coli* и в 66% случаях – у *Enterobacter*, ферментов распространения – в 57% у *E. faecalis*).

На основе данных о контаминации и размерах рекомендуемых потребительских порций для лиц разного возраста рассчитана экспозиция УПМ с загрязненными продуктами для так называемой формальной оценки риска здоровью потребителей. В табл. 2 дан пример сопоставления нагрузки взрослых людей энтеротоксигенными *E. coli* (ЕТЕС) с творогом и известной из эпидемиологии величины их инфицирующей дозы (ИД). Будучи основанным на реальных детерминантах, этот вид количественной ОМР впервые объективировал риск как недопустимый, показав вероятность, с которой опасные в плане ОКИ у восприимчивых потребителей количества ЕТЕС ( $10^6$  КОЕ) встретятся в потребляемых порциях (4%) [30].

В итоге для данного вида творога при выпуске в оборот был обоснован суммарный норматив по БГКП –  $10^3$  КОЕ/г, не выше (не допускаются в 0,001 г) с учетом доминирования среди них *E. coli* и увеличения их популяции на 3 порядка при реализации.

При оценке экспозиции людей возбудителями энтерогеморрагического колиэнтерита с сырокопчеными мясopодуками детерминанты базировались на данных фактической контаминации сырья *Stx*-продуцирующими *E. coli* и на прогнозном моделировании выживаемости этих бактерий в ходе технологии. Было показано, что даже при наименьшей дозе ( $10^2$  КОЕ/г) заражения исходного фарша 0,55% порций отдельных видов таких изделий на этапе реализации будут содержать достаточные количества инфекта для развития тяжелой острой кишечной инфекции у потребителей, а при дозе  $10^4$  КОЕ/г *Stx-E. coli* могут сохраняться в значимых количествах до окончания выработки. Эти результаты легли в основу нормативов, а также рекомендаций изготовителям о необходимости добавления в рецептуры СКМП стартовых культур-антагонистов при ускоренном сроке созревания менее 24 сут [31].

Важнейшим итогом исследований в рамках II ступени ОМР по влиянию технологий на обсемененность мясо-

**Таблица 2.** Расчетная частота потребления энтеротоксигенных *Escherichia coli* (EPEC) с весовым творогом из пастеризованного молока**Table 2.** Estimated frequency of consumption of enterotoxigenic *Escherichia coli* (EPEC) with weight-based curd from pasteurized milk

Показатель <i>Indicator</i>	Результат <i>Result</i>
Частота обнаружения <i>E. coli</i> , % <i>E. coli</i> Detection frequency, %	57,4
Частота обнаружения EPEC, % <i>EPEC</i> Detection frequency, %	28,6
Число порций в выборке ( $n=100$ ) с EPEC, % <i>Servings per sample</i> ( $n=100$ ) with EPEC, %	17
Минимальная инфекционная доза (МИД) EPEC, КОЕ <i>Minimum infectious dose (MID), CFU</i>	$10^8$
Размер порции, г <i>Serving size, g</i>	100
Минимальное количество колониеобразующих единиц EPEC в порции для поглощения 1 инфекционной дозы <i>Min CFU EPEC per serving to absorb one MID</i>	$10^6$
Число порций в выборке с концентрацией $10^6$ , % <i>The number of portions in the sample with a concentration of <math>10^6</math>, %</i>	25
Число порций, содержащих 1 МИД EPEC <i>Servings containing 1 MID</i>	4

и молокопродуктов в момент потребления стало доказательством того, что повышение ее уровня в наибольшей степени определяется длительностью хранения за пределами предприятий-изготовителей [30]. Правильность этих выводов подтвердилась в исследовании характеристик вреда при эпиданализе вспышек ПТИ. Показано, что фактором, который способствовал инфицированию пищи и накоплению в ней возбудителей до опасных величин, генерируя наибольшее (80%) количество пострадавших, было несоблюдение правил хранения и реализации. Поэтому для скоропортящихся продуктов с пролонгированными сроками годности обоснованы более жесткие микробиологические критерии, чем для их традиционных аналогов, и впервые в отечественной гигиенической науке и практике в качестве меры профилактики ПТИ от таких продуктов разработана единая методология установления безопасной продолжительности сроков годности и условий хранения, основанная на принципе активизации микробных контаминантов при имитации нарушений температуры (агравация до 50%) и длительности хранения (коэффициент резерва при испытаниях от 15 до 100%). Акцентированная изначально на динамику микробных процессов, с участием специалистов Института в сфере химии пищевых продуктов, витаминологии и технологии она получила развитие в качестве комплексного подхода оценки безопасности, качества и функциональности продуктов.

Методология установления безопасных сроков годности и условий хранения пищевой продукции и единый порядок их гигиенической оценки положены в основу СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов», МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», которые активно используются испытательными лабораториями разных ведомств.

Из-за повсеместного недостатка достоверных данных для вероятностных ОМР, особенно их III ступени – характеристики вреда, в виде количественных параметров живых систем и биологического ответа организма, FAO/ВОЗ признает формальные ОМР необходимыми для улучшения стратегии управления существующими рисками, в том числе для обоснования нормативов и мер профилактики [32]. За небольшой срок от начала исследований по ОМР с использованием данной методологии лабораторией обосновано и включено в действующую нормативную базу РФ и ЕАЭС около 1000 новых нормативов [33, 34] (табл. 3).

Оценка продукции, вырабатываемой по новым технологиям, а также гармонизация национальных нормативов с учетом специфики сырья и технологий, различий в восприимчивости популяций, наличия неопределенностей обуславливают применение и совершенствование детализированных количественных стохастических ОМР с участием специалистов в сфере математики, статистики больших чисел, компьютерном моделировании. С 2011 г. данная работа ведется Институтом в содружестве с Пермским ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора. Создана серия основополагающих методических руководств федерального и евразийского уровня на основе международно признанных принципов для оценок риска, в том числе МР 2.1.10.0067-12 «Оценка риска здоровью населения при воздействии факторов микробной природы, содержащихся в пищевых продуктах. Методические основы, принципы и критерии оценки», «Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров)» (ЕЭК, 2014), «Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов со-

держания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека» (ЕЭК, 2019).

Примером такой ОМП является оценка популяционного риска здоровью от поступления *L. monocytogenes* с рядом потенциально опасных в плане листериоза продуктов. В экспоненциальной модели с 12 сценариями потребления в различных группах населения установлено, что при экспозиции патогеном на уровне 0,04 КОЕ/г продукта (гигиенический норматив стран ЕАЭС в 25 г не допускается, который был обоснован Институтом питания) на этапе обращения риск листериоза не превышает предельно допустимого уровня ( $1 \times 10^{-4}$ ), тогда как при 100 КОЕ/г (норма Комиссии Codex Alimentarius и стран Европейского союза) он составит недопустимый уровень –  $6,93 \times 10^{-4}$  для населения РФ в целом и  $2,55 \times 10^{-3}$ – $2,86 \times 10^{-3}$  для предрасположенных групп (беременные и кормящие) [35].

Итоги ОМП, полученные в результате целенаправленных научных исследований, практических и экспертно-аналитических решений, учитывающих особенности отечественных пищевых продуктов и состояния здоровья россиян, дали возможность усовершенствовать действующую систему оценки безопасности и контроля пищи, повысить надежность и реалистичность ее микробиологических показателей.

Накапливаемый в мире опыт высвечивает новые критичные моменты в основах методологии и ее аппли-

кации. Так, оценка результативности 41 ОМП свежих овощных продуктов за 15 лет [36] с большой степенью доказательности подтвердила то, на чем постоянно настаивает Российская Федерация [35]: выводы одной реальной ОМП не могут быть переведены в другие ситуации или регионы, и не только в силу различий в условиях производства и восприимчивости популяций. Как оказалось, этому мешает само биоразнообразие – региональные различия в распространенности и концентрации возбудителей в продуктах, воде, условиях окружающей среды, наличие нескольких маршрутов передачи инфекта, вероятность присутствия в пище более чем одного патогена разной природы, на которые макроорганизм генерирует не отдельные ответы, а некий их сплав. Таким образом, ОМП – это индивидуальный инструмент для снижения патогенов в продукции в конкретных регионах, на предприятиях и т.п. Соответственно, парадигмой гигиены в сфере развития ОМП должно стать глобальное осмысление рисков для обоснования локальных мер защиты потребителей.

За рубежом это находит все большее отражение не в нормативах, а в отраслевых критериях оценки эффективности технологий и гигиены производства в отношении микробной контаминации, таких как Appropriate Level of Protection (ALOP), Food Safety Objective (FSO), Performance Objective (PO), Performance Criterion (PC). Так, промежуточные установки по сальмонелле на раз-

Таблица 3. Примеры норм, в которых оценка микробиологического риска (ОМП) играла роль научного обоснования

Table 3. Examples of norms in which microbiological risk assessment played the role of scientific justification

Продукт <i>Products</i>	Показатель <i>Indicator</i>	Норма (мера профилактики) <i>Norm (preventive measure)</i>	Воспроизведенные этапы ОМП <i>Reproduced stages of microbiological risk assessment</i>
Детские смеси <i>Infant formula</i>	<i>E. sakazakii</i>	Не допускается в 300 г	I–III
Творог, сметана <i>Curd, sour cream</i>	БГКП	Не допускается в 0,001 г	I, II, III (с моделированием выживаемости микробов в условиях желудочно-кишечного тракта)
Сырокопченые мясопродукты (ферментированные и вяленые) <i>Raw smoked fermented and dried meat products</i>	<i>E. coli</i>	Не допускается в 1,0 г	I, II (с моделированием факторов технологии), частично III
Биологически активные добавки к пище на основе лекарственных растений <i>Plant-based dietary supplement</i>	Число плесеней	Не более $5 \times 10^3$ КОЕ/г	I, II
Мясопродукты в парогазонепроницаемых и вакуумных упаковках <i>Meat products in vapor-gas-tight and vacuum packages</i>	Число энтерококков	Запрет на перефасовку при реализации	I, II
Салаты и овощи нарезанные, пророщенные семена, соки свежеежатые <i>Sliced salads and vegetables, sprouted seeds, freshly squeezed juices</i>	Число <i>Enterobacteriaceae</i> <i>E. coli</i>	Не более $5 \times 10^2$ КОЕ/г Не допускается в 1,0 г	I, II (с моделированием роста микробов в процессе технологии)
Кулинарные изделия, охлажденные, в парогазонепроницаемых упаковках <i>Culinary products, chilled, in vapor-gas-tight packages</i>	Сульфитредуцирующие клостридии <i>L. monocytogenes</i>	Не допускается в 1,0 г Не допускается в 25 г	I, II (с моделированием роста микробов при разных условиях хранения)
Блюда типа фастфуд <i>Fast food</i>	<i>S. aureus</i>	Не допускается в 1,0 г	I, II
Птицепродукты охлажденные и замороженные <i>Chilled and frozen poultry products</i>	<i>Campylobacter</i> spp.	Рекомендации по внутреннему контролю	I–III (с моделированием ответа макроорганизма <i>in vivo</i> )

ных этапах движения к потребителю мяса птицы приняты в США, в ЕС (не более 9,8 и 14% позитивных проб от партии сырья), Дании (уменьшение присутствия патогена у кур на фермах на 50%). Тогда как существующие критерии контроля производства птицы в Российской Федерации не отражают современных реалий. Для их актуализации необходимо исследование статистически значимых выборок на предприятиях различного уровня и в разных звеньях пищевой цепи. Важно отметить, что условием эффективного развития этого направления АМР и ОМР должна стать слаженная научно-координационная работа, использование межведомственных источников данных, статистики больших чисел и многофакторного метагеномного анализа.

### Нормирование в пище остаточных количеств антибиотиков

Пионерами этого направления в лаборатории были Ю.И. Рубинштейн и В.П. Богородицкая, которые совместно с технологами холодильной промышленности в начале 1960-х гг. обосновали ДУ ауреомицина во льду, используемом на судах при хранении уловов до их переработки. Принципом нормирования было установление значений, которые не приводят к накоплению остатков в мясе рыб. Через 10 лет в связи с началом интенсивного ведения животноводства в СССР в Институте профессор М.Ф. Нестерин создал направление по изучению продуктов животноводства, полученных при использовании стимуляторов, и лаборатория санитарно-пищевой микробиологии стала постоянным участником всех работ по нормированию остаточных количеств ветеринарных лекарственных средств (ВЛС) с антимикробным действием в пищевых продуктах. Разработаны доступные на практике методы определения антибиотиков, наиболее часто используемых в кормах для животных [37], стала активно накапливаться база данных о загрязнении полученной от них продукции на потребительском рынке. Эти данные показывали частоту обнаружения порядка 2–15% в зависимости от вида животных и группы продуктов [38]. В дальнейшем совершенствование специфичности, быстроты анализа, расширение спектра детектируемых антибиотиков позволили наладить в стране систематический мониторинг контаминации пищи наиболее широко применяемыми в животноводстве пенициллином, стрептомицином, тетрациклинами, гризином и бацитрацином, а также показать ее значимый прирост, особенно в птицепродуктах и молоке [39].

На этом фоне были активизированы исследования по гигиенической оценке данных чужеродных веществ, поскольку установленный ранее характер влияния их низких доз на организм в экспериментах на крысах, в том числе хронических, не свидетельствовал о наличии токсичности, хотя и показывал признаки гиперчувствительности замедленного типа, в том числе к неспецифическим аллергенам, и некоторые сдвиги в составе

желчи [40, 41]. Целью новых исследований стал поиск подходов к гигиеническому нормированию остатков антибиотиков как малотоксичных контаминантов пищи, в результате которых основным объектом негативного действия определена симбионтная кишечная флора. Значимых нарушений ее состава также не было выявлено, но фактом были функциональные расстройства: дисбаланс метаболической активности популяций, участвующих в энтерогепатической циркуляции, снижение антагонизма бифидо- и лактофлоры и, что важно, повышение частоты выявления представителей, резистентных к 2 и более антибиотикам [42, 43]. С учетом этих данных МДУ для 5 указанных выше групп ВЛС были оценены в свете подхода научной группы ФАО/ВОЗ к регламентации остатков на уровнях не более  $1/20$  от МИК для кишечных *E. coli* [44]. Для предупреждения нарушений функционала защитной флоры нами он был дополнен популяциями ЖКТ – бифидо- и лактобактериями. Как оказалось, величины всех действовавших МДУ для ВЛС не превышали пределов  $1/20$  МИК для данных бактерий и были рекомендованы к включению в новые «Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов» (№ 5061-89) без изменений. В тот период с участием лаборатории было разработано одно из последних методических руководств Минздрава СССР, включавшее требования к контролю антибиотиков в рамках проверок содержания чужеродных веществ в пище учреждениями санэпидслужбы – МУ № 5175-90.

Все эти требования актуализированы в СанПиН 2.3.2.560-96 и СанПиН 2.3.2.1078-2001, дополнены нормативом для хлорамфеникола (с МДУ, эквивалентным аналитическому критерию контроля запрета в ВТО), введением в действие принципа приоритетности, т.е. обязательного контроля остатков широко применяемых в ветеринарии препаратов, и дополнительного контроля (на основании информации изготовителя) – остальных.

При вступлении России в ВТО лаборатория деятельно участвовала в работе по гармонизации российских нормативов для противомикробных и антипаразитарных ВЛС в пище. В МУ 1.2.2961-11 «Научное обоснование допустимых уровней содержания контаминантов химической природы и пищевых добавок в пищевых продуктах» была включена согласующаяся с международными принципами методология их установления на основе анализа поступления препарата с рационом питания и прогноза его негативного воздействия на организм при сравнении с допустимой суточной дозой (ДСД), рассчитанной по наиболее выраженному эффекту из 3 (исходя из уровня ненаблюдаемого эффекта NOEL по токсичности, фармакологической активности, воздействия на кишечную флору).

К 2011 г. спектр нормируемых МДУ расширен до 80, в том числе в него включены запрещенные в ВТО нитрофураны, метронидазол (до прекращения их применения в Российской Федерации и ЕАЭС у продуктивных животных).

Отдельной важной строкой в этой работе было обоснование МДУ для тетрациклинов (<10 мкг/кг). В ходе аналитических изысканий впервые показано негативное влияние субингибиторных доз тетрациклинов на формирование мутаций в геномном аппарате и трансмиссивной резистентности у представителей микробиоты [45], а в проведенной совместно с пермскими коллегами оценке риска здоровью – повышение риска развития заболеваний детского населения РФ при потреблении продуктов, содержащих больше 10 мкг/кг этих ВЛС. Так, в математическом анализе последствий дисбаланса кишечной флоры, обусловленных этим количеством тетрациклина, установлена вероятность прироста до неприемлемого уровня риска болезней пищеварения, дерматитов, пищевой аллергии и системы крови (соответственно 4; 0,9; 0,1 и 8% сл.) у 70% детей 1–11 лет [35]. В реализации данного направления участвовали также специалисты Института в сфере пищевой токсикологии и эпидемиологии питания. Это позволило сохранить значение национальной нормы для тетрациклинов при вступлении России в ВТО и отстоять позицию ЕАЭС в сфере обеспечения безопасности пищевых продуктов для населения.

С гигиенических позиций стало ясно, что изучать воздействие малых доз антибиотиков в пище только на индивидуальный организм хозяина недостаточно, поскольку оно реализуется на глобальном уровне, через эволюцию геномов бактерий, обитающих в разных биотопах. В ответ на сигналы малых доз у них включается феномен горизонтального трансфера резистентности и сцепленных с ней признаков от патогенности до метаболических функций, активируются транскрипция и трансляция [2]. В итоге в окружающей среде формируются новые патогены, а также резистентные к другим препаратам штаммы, что является серьезным фактором опосредованного риска ПТИ для потребителей.

Для развития новых подходов нормирования контаминантов пищи, обладающих биологической активностью, под руководством С.А. Шевелевой положено начало экспериментальным исследованиям на животных, получающих субингибиторные дозы антибиотиков и биоцидов. Уже ясно, что развитие резистентности у кишечных микробов находится в обратной зависимости от дозы воздействия ВЛС, зачастую близкой к диапазону их остатков в пище. В перспективе – изучение малых доз антибиотиков как факторов опасности для кишечного метагенома, присутствия и динамики в нем детерминант белков-регуляторов клеточного энергетического метаболизма, взаимодействующих с организмом хозяина и включающихся в жировой обмен.

Таким образом, обоснование МДУ для остатков ВЛС в пище, которые всегда являются следствием их преднамеренного применения животным или действий по сокращению или отмене сроков ожидания перед убоем, для извлечения прибыли, – одна из самых сложных

задач гигиены питания. Она требует от гигиенистов большой принципиальности и владения самой современной научно-доказательной базой.

С 2004 г. разработано 12 методических указаний системы Роспотребнадзора на основе высокоспецифичного иммуноферментного (ИФА) по количественному скринингу антибиотиков в пище и по антибиотической активности у штаммов-производителей. Эти указания широко используются при государственном и производственном контроле безопасности пищевой продукции в Российской Федерации, ЕАЭС и в странах СНГ. Лаборатория уже включилась в создание аттестованных методик, новый задел уже насчитывает 5 методических указаний.

### Развитие направления по изучению и нормированию эмерджентных патогенов

Новые и малоизученные патогены в пище всегда были объектами исследований лаборатории. Выше упоминалось о раскрытии причин АТА, роли в ПТИ энтерококков, шигелл, цитробактеров [4–6]. Руководивший лабораторией в 1945–1953 гг. В.Н. Азбелев организовал исследования неизвестных тогда закономерностей выработки стафилококковых энтеротоксинов (СЭТ). Была показана их термостабильность и реальность присутствия в пище после отмирания живых клеток продуцента [46]. Позже весомый вклад в этот раздел был внесен В.И. Бугровой. В совместных опытах с Ф.С. Флуером из НИИЭМ им. Гамалеи АМН СССР, выделившим СЭТ типов А и В в чистом виде, были установлены их дозы для инициации отравления у животных в разном возрасте (кошки, котят), разработаны диагностические антисыворотки. Это впервые позволило задуматься о контроле пищи на наличие СЭТ и необходимости создания чувствительных прямых методов анализа [47].

Анализ структуры ОКИ и ПТИ в Российской Федерации в 1990-х гг. показал, что среди них более 60% приходится на случаи с неустановленной этиологией, а 43% вспышек, вызванных УПМ, на стафилококковые интоксикации [48]. Это обусловило изучение накопления токсинов *S. aureus*, *E. coli*, *B. cereus* и МТ (фузариотоксинов, цитринина) в зависимости от факторов технологии и видов пищевых субстратов, актуализации методов анализа [49, 50]. В результате создана схема контроля продуктов на наличие 5 типов СЭТ на основе их прямой экстракции, детекции в ИФА и фермент-связанном флуоресцентном иммуноанализе, разработаны МУК 4.2.2429-08, МУК 4.2.2879-11. Их утверждение дало возможность впервые осуществить нормирование СЭТ в потенциально опасных в плане его накопления продуктах (сыры со сроком созревания менее 45 сут, все виды продукции на молочной основе сухой для детского и диетического питания) и включить нормативы в правовые документы ЕАЭС.

Для выявления и идентификации *Stx-E. coli* и других патогенов, выделенных при контроле пищевых продук-

тов, разработаны методы ПЦР-анализа (MP 02.036-08, МУК 4.2.2872-2011, ГОСТ Р 57989-2017). В ближайших планах – разработка прямых аналитических методов определения в пище энтеротоксинов *B. cereus*, альтернативных биопробе.

Новый импульс этому направлению и развитию риск-ориентированного обоснования мер защиты потребителей от наиболее серьезных эмерджентных инфекций с пищевым путем передачи, таких как энтерогеморрагический (ЕНЕС) колиэнтерит, листериоз, некротизирующий энтероколит, кампилобактериоз, в частности, был придан методологией ОМР. К особенностям обуславливающих их патогенов (*Stx-E.coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacter sakazakii*, *Campylobacter* spp.) относятся низкие инфицирующие дозы, а также повышенная по сравнению с представителями близкородственных таксонов устойчивость к иммунным факторам организма-хозяина и в окружающей среде [51]. Необходимость безотлагательного внедрения ОМР в оценку безопасности загрязненной такими агентами пищи диктовалась результатами многочисленных собственных исследований, показывающих изменение патогенного потенциала новых возбудителей ПТИ. Например, в экспериментах с имитацией условий и параметров технологии продемонстрировано сверхдлительное выживание (>7 мес) штаммов *L. monocytogenes* в питьевом молоке при температуре  $4\pm 2$  °С, неблагоприятной для роста большинства микробов в пище. Несмотря на постепенное ослабление патогенности культур, решение о степени защиты потребителей на основании описанного выше традиционного подхода к нормированию принять было нельзя [52].

Поэтому наряду с распространенностью стали детально изучать количественные уровни микробных контаминантов, идентифицированных до вида, в сырье и продукции на этапах изготовления (для оценки динамики и критических в плане размножения до опасных величин точек), факторы их патогенности, связи возбудителей с продуктами, в которых они концентрируются в наибольшей степени, особенности их поведения в процессе хранения.

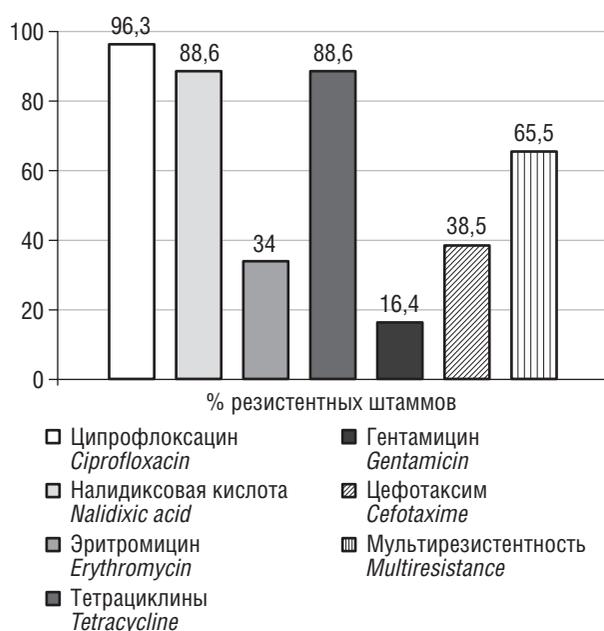
С использованием этих приемов в остаточной микрофлоре сухих детских смесей было выявлено численное преобладание и наибольший удельный вес бактерий рода *Enterobacter*, среди которых почти 20% изолятов приходилось на *E. sakazakii* и близкородственные *Pantoea* spp. Новые подходы к таксономии позволили обосновать их принадлежность к роду *Cronobacter* [53, 54]. Показана способность изолятов *E. sakazakii* быстро накапливаться в модельных пищевых субстратах, в том числе с неблагоприятной для других колиформ кислотностью и температурой, от единичных КОЕ/г до опасных для грудных детей величин, и проявлять антиинтерфероновую активность. Сочетание этих факторов указало на риск присутствия патогена в продуктах для детей с несформированным локальным кишечным иммунитетом (0–6 мес) и необходимость его нормирования с высоким коэффициентом защиты [30].

На основе собственных исследований, анализа заболеваемости в России и мире, материалов международных организаций обоснованы, включены в Технический регламент ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и введены в действие гигиенические требования к отсутствию эмерджентных патогенов:

- *L. monocytogenes* в 25 г продуктов для массового потребления, поддерживающих рост этих бактерий, в 25, 50 и 100 г продуктов для категорий населения, относимых к группам риска по листериозу (дети раннего возраста, беременные и кормящие женщины) [55];
- *Cronobacter* sp. (*E. sakazakii*) в 300 г сухих молочных смесей, каш для детей до 6 мес, специализированной продукции для диетического лечебного питания для недоношенных и маловесных детей, в том числе продукции детских молочных кухонь.

Проводимый мониторинг выработки шига-токсинов пищевыми штаммами *E. coli* высокоразрешающими методами ИФА с моноклональными антителами и ПЦР на гены, кодирующие этот и другие факторы патогенности для *EHEC*, позволил установить их реальное наличие в популяции эшерихий из доброкачественной пищи на уровне не менее 2,2% случаев. Поскольку она не всегда коррелировала с ассоциированными с *EHEC* O-серогруппами, широко используемое в клинике серотипирование патогенных эшерихий признано не информативным для пищевой микробиологии. В связи с этим для оценки ситуации и обоснования требований безопасности прицельно изучена контаминация *Stx-E. coli* потенциально опасных в плане энтерогеморрагического колиэнтерита полуфабрикатов и готовых мясопродуктов, свежеежатых соков, пророщенных семян, нарезанной продукции из овощного салата, фруктов, а также сырья для их производства по характерному биохимическому и ПЦР-профилю возбудителя, оценены закономерности его выживания и экспрессии патогенности в процессе технологии, выявлены критические точки и подобраны условия, препятствующие накоплению *Stx*-токсинов [30, 31, 56]. Анализ полученных данных и международных подходов к контролю других возникающих серотипов *Stx-E. coli* в продукции [57] с учетом сложностей рутинного анализа *Stx-E. coli* позволил обосновать обобщенные требования к отсутствию всех бактерий вида *E. coli* и дифференцированные нормы по количеству *Enterobacteriaceae* (см. табл. 3) в ее вышеперечисленных видах.

Наряду с нормированием патогенов в пищевой продукции сегодня не менее важным признается обоснование требований к профилактике их распространения и мониторингу в пищевой цепи. В первой декаде XXI в., учитывая значимый уровень заболеваемости пищевым кампилобактериозом в странах с развитой экономикой и отсутствие статистической информации о нем в Российской Федерации, С.А. Шевелевой была обоснована необходимость разработки лабораторией проблемы данной инфекции на практическом



**Рис. 1.** Частота резистентности среди штаммов *Campylobacter jejuni*, выделенных из отечественных птицепродуктов в 2015–2016 гг. (% от числа штаммов, n=55)

**Fig. 1.** Frequency of resistance among *Campylobacter jejuni* strains isolated from Russian poultry products in 2015–2016 (% of the number of strains, n=55)

и фундаментальном уровне: от создания методов для определения трудно культивируемых по природе кампилобактерий до изучения механизмов формирования их изменчивости под воздействием факторов в пищевой цепи, для разработки новых подходов контроля пищевой продукции. В этих исследованиях получены данные о широком распространении остаточных количеств *Campylobacter* spp. в самых востребованных источниках животного белка в питании россиян – сырых птицепродуктах и молоке, устойчивой связи возбудителя кампилобактериоза *C. jejuni* с мясом кур, повышенной вирулентности антибиотикоустойчивых *C. jejuni*, ассоциации между потреблением птицы и острым кампилобактериозом у людей [58–60].

Показана высокая пластичность *C. jejuni* в пищевых субстратах при моделировании технологических стрессовых воздействий: способность к переходу в некультурабельное состояние (при охлаждении), трансферу резистентности, формированию биопленочного матрикса (при перепадах температур, контакте с субингибиторными дозами антибиотиков, биоцидов), усилению экспрессии субъединицы B цитолетального токсина и фактора инвазии (после размораживания) [61, 62].

В рамках этого направления в целом разработано и утверждено 12 методических указаний, включающих валидированные методы определения возбудителей эмерджентных инфекций в пищевой продукции и объектах окружающей среды на предприятиях, обоснованы

требования к их профилактике у людей, отраженные в 4 санитарных правилах (СП 3.1.7.2817-10 «Профилактика листериоза у людей», СП 3.1.7.2836-11 «Профилактика сальмонеллеза. Изменения и дополнения 1 к СП 3.1.7.2616-10», СП 3.1.7.2816-10 «Профилактика кампилобактериоза среди людей», СП 2.3.6.2820-10, Дополнение 3 к СП 2.3.6.1079-01 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них продовольственного сырья и пищевых продуктов»). Для снижения риска контаминации пищи возбудителем кампилобактериоза разработаны рекомендации по порядку производственного контроля на птицеперерабатывающих предприятиях с использованием в схеме лабораторных исследований продукции дополнительно к сальмонеллам показателя содержания кампилобактерий и специально разработанных критериев оценки загрязненности смывов с оборудования, которые включены в МУ 4.2.3545-18 [63, 64].

Направление исследований эмерджентных патогенов продолжает активно развиваться в сфере фундаментальных проблем антибиотикоустойчивости и ее механизмов у пищевых изолятов. Их данные свидетельствуют о почти тотальной устойчивости кампилобактерий из пищи к фторхинолонам, в большинстве случаев – к тетрациклинам, в высоком проценте – полирезистентности (рис. 1), а также о расширении профиля и возрастании частоты генов, кодирующих патогенность и трансмиссивную резистентность к антибиотикам широкого спектра за 10 лет (данные не показаны).

Те же негативные тенденции выявляются у биотехнологических микробов и комменсалов ЖКТ (колиформ, энтерококков). До 90% изолятов энтерококков из доброкачественных продуктов проявляют устойчивость к ципрофлоксацину, до 40% – к нитрофуранам и тетрациклинам. Среди последних 78% имеют гены *tet*, обычно локализуемые в ДНК конъюгативных транспозонов. Это указывает на способность повсеместно распространенных энтерококков служить генофондом приобретаемой устойчивости для бактерий ЖКТ. Большую тревогу вызывает и обнаружение в мясо- и молокопродуктах энтеробактерий с полирезистентностью, в том числе к β-лактамам 3–4-го поколения (17% сл.), что характерно для агентов, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Безусловно, присутствие ИСМП в пище требует дальнейших исследований и обоснования мер защиты [65].

В новейшее время лаборатория участвует в разработке превентивных подходов защиты потребителей от риска возможного присутствия вирусных контаминантов (высокопатогенного гриппа A/H5N1 и A/H1N1, новой коронавирусной инфекции COVID-19) в пище. В 2009 г. теоретически обоснована и с использованием живого вакцинного штамма экспериментально подтверждена длительная сохранность РНК вируса A/H1N1 на мясопродуктах, что интерпретировано в пользу вероятности пищевого фактора передачи при гриппе. Разработаны и утверждены МУК 4.2.2517-09 «Лабора-

торный контроль за загрязненностью мясopодуKтов вирусом гриппа типа А», в 2020 г. – Рекомендации по мерам профилактики передачи новой коронавирuсной инфекции (COVID-19) через пищевую продукцию № 3.1./2.3.0200-20 [66].

В целом полученные результаты указывают на растущую циркуляцию в пищевой цепи микроорганизмов с измененными свойствами и на возможность реализации их патогенного потенциала при применении новых пищевых технологий без должной оценки риска. Обоснована необходимость ориентировать профилактику эмерджентных инфекций на первичное звено производства, на актуализацию отраслевых критериев оценки эффективности технологий переработки в плане перекрестной контаминации.

### Развитие методической базы

Действующая в стране методическая база контроля микробиологической безопасности пищевых продуктов, их соответствия требованиям технических регламентов полностью обеспечена официально утвержденными методиками, в разработку и совершенствование большого числа которых внес лепту Институт [67]. Основная часть разработанных методов основана на традиционном культуральном посеве образцов пищи для выявления и подсчета в них определенных групп, родов и видов микробов, в том числе с биохимической, иммунологической или генетической идентификацией таксономической принадлежности изолятов. Как уже указывалось выше, практически все они были унифицированы, адаптированы и стандартизованы относительно международно признанных методов ISO.

В последние годы лабораторией разрабатываются и активно внедряются в практику альтернативные методы, в том числе основанные на прямом иммунологическом (ИФА), флуоресцентном, молекулярно-генетическом анализе (ДНК-гибридизация, разные форматы ПЦР) микробов, их маркеров, структур и токсинов в пище. Особое внимание направлено на методы определения эмерджентных патогенов, повышение их чувствительности, специфичности, скорости выполнения и воспроизводимости. Сложность задачи здесь состоит в том, что все новые патогены имеют одинаковый фенотип с близкородственными представителями своих таксонов, поэтому для их выявления необходим анализ факторов патогенности.

Одними из первых в лаборатории разработаны приемы дифференциации *Stx-E. coli* от непатогенных *E. coli* путем внедрения в бакпосев хромогенных питательных сред, а в этап идентификации – ИФА с моноклональными антителами для выявления антигенов, присутствующих только у *Stx*-продуцирующих клонов [31].

В основу методов обнаружения *L. monocytogenes* в пищевых продуктах и их отделения от многочисленных сопутствующих *Listeria* spp. был взят полифазный подход, в котором бактериологический посев комбинировали

с ДНК-анализом кодируемых факторов патогенности у изолятов (лиστεриолизина, фосфатидилинозитол-специфичной фосфолипазы и индуктора полимеризации внутриклеточного эукариотического белка актина). Собственно разработке этих методов теперь стал предшествовать информационный анализ и подбор ключевых маркеров патогенности и праймеров для них [31, 51].

Прорывом для контроля пищевых продуктов и лабораторной диагностики кампилобактериоза у людей стало создание методики определения, основанной на комбинации оригинальной пробоподготовки (подрачивание парных проб) и детекции 23S рPHK в формате ПЦР в реальном времени. Она позволила без бакпосева показывать наличие этого трудно культивируемого возбудителя в жизнеспособном состоянии за срок не более 29 ч в отличие от традиционных 5–10 сут. Сегодня испытываются некультуральные приемы выявления живых клеток кампилобактерий путем ПЦР-анализа в реальном времени с праймерами на гены патогенности *cdtB* и *ciaB* [59, 60].

Методология анализа эмерджентных патогенов, включающая наряду с бакпосевом и ИФА-анализом генное тестирование нового поколения, послужила основой для разработки комплексных схем микробиологических исследований пищи и лабораторной диагностики в практическом здравоохранении. Для этого все методики ускоренного определения возбудителей были валидированы с гостированными методами и включены в утвержденные в установленном порядке документы (МУК 4.2.1122-02, МУК 4.2.1955-05, МУК 4.2.2321-08, МР № 02.031-08, МР 02.036-08, МУК 4.2.2428-08, МУК 4.2.2872-2011, МУК 4.2.2878 –11, МУК 4.2.2884-11, МУК 4.2.3144-13, МУК 4.2.3261-15, ГОСТ Р 57989-2017) [68, 69]. Большая роль в этих исследованиях принадлежит ведущему научному сотруднику лаборатории Н.Р. Ефимочкиной [68]. В итоге за 20 лет разработано и внедрено в практику контроля пищевых продуктов только на показатели микробиологической безопасности более 30 методических указаний и 3 ГОСТ Р.

Кроме того, лаборатория участвует в создании нормативно-методической базы оценки безопасности продукции из новых источников или вырабатываемой по новым технологиям при ее допуске в пищевую промышленность и в пострегистрационном контроле. С этой целью разработана и введена в действие серия российских Санитарных правил и норм и методических указаний, включающих требования и процедуры микробиологической и молекулярно-генетической оценки пищевой продукции, полученной с использованием генно-модифицированных микроорганизмов (ГММ) и микроорганизмов, имеющих ГМ-аналоги; МУК по методологии оценки воздействия наноматериалов на представителей микробиоценоза *in vitro* и *in vivo* (как элемента комплексной гигиенической оценки их безопасности), МУК и национальных стандартов по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, Санитарных правил и норм и методических указаний по санитарно-эпиде-

**Возбудители бактериальных инфекций и отравлений**

Условно-патогенные	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>Proteus</i> spp., сульфитредуцирующие клостридии, энтерококки, пул <i>Enterobacteriaceae</i>
Патогенные	<i>Salmonella</i> spp., <i>Stx-E. coli</i> , <i>Cronobacter</i> spp. ( <i>Enterobacter sakazakii</i> ), <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Campylobacter</i> spp., <i>Yersinia</i> spp.* , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> * , стафилококковые энтеротоксины, ботулотоксины*

**Индикаторы гигиены производства и режима технологий**

Санитарно-показательные микроорганизмы	Возбудители порчи	Показатели простерильности консервов
– КМАФАнМ (общее число микробов в 1 г продукта) – БГКП (колиформы)	– Плесени – Дрожжи – Молочнокислые микробы	5 групп в зависимости от видов и pH

**Показатели качества и подлинности**

Заквасочные и пробиотические микроорганизмы	– <i>Bifidobacterium</i> spp., <i>Lactobacillus</i> spp., <i>Lactococcus</i> spp., <i>S. thermophilus</i> , пропионибактерии – Дрожжи – ГММ
---	---

\* Контроль при эпидемиологической ситуации.

**Рис. 2.** Группы и виды микроорганизмов, контролируемые в пищевых продуктах

**Fig. 2.** Groups and species of microorganisms for supervision in food

миологической оценке безопасной продолжительности пролонгированных сроков годности пищевой продукции. Действенно участвовали в этой работе И.М. Нитяга, Ж.Н. Шурышева, Н.Г. Орлова, А.В. Булахов, И.Б. Быкова, Г.Г. Кузнецова, Н.В. Барбер, С.Ю. Батищева, Л.П. Минаева, Ю.М. Маркова, В.В. Стеценко, А.С. Полянина, Т.В. Пичугина, а также Л.С. Клюквина, С.А. Трошечкина.

Перспективы направления расширяются вместе с повышением уровня современных методических технологий в микробиологии. С одной стороны, появление новых форматов ПЦР, секвенирования целевых локусов и полного генома отдельных важных в плане безопасности пищи микроорганизмов, метагеномики целых сообществ ведет к коренным изменениям в методическом обеспечении лабораторного контроля продукции и условий ее производства. С другой стороны, растут и вызовы здравоохранению в сфере агро- и пищевых технологий, способствующие ускорению микробной эволюции и появлению новых рисков в пище. В связи с этим в планы научных исследований Института и лаборатории включены усовершенствование и разработка новых высокоспецифичных количественных методов анализа контаминантов микробной природы для целей ОМР, в том числе мультиплексных, обоснование требований к контролю в пище ГММ нового поколения, полученных путем редактирования генома и синтетической биоло-

гии, освоение методов секвенирования возбудителей ПТИ и создание базы данных об их генетических профилях [69, 70].

В связи с необходимостью обеспечения реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. в ближайшей перспективе перед Институтом стоит задача обновления методологии установления сроков годности. Путем анализа международных и отечественных практик, обобщения собственной экспертно-аналитической базы данных о результатах исследования стабильности разных групп продукции подготовлен задел для создания новых подходов ее оценки с ускоренным старением. Разработаны процедуры провокационного тестирования (с инокуляцией продукта патогенами и возбудителями порчи и инкубацией в контролируемых условиях), а также модель имитации перекрестного заражения, которые апробированы на образцах масложировой и майонезной продукции, продуктов для детского питания [34].

**Нормативная база микробиологического контроля на современном этапе и задачи ее совершенствования**

Итогом работы Института в сфере микробиологического нормирования стало создание нормативно-правовой базы обеспечения микробиологической безопасности пищи, включающей более 3000 показателей для продуктов массового потребления и 700 – для продуктов детского питания, более 80 МДУ для остатков ВЛС в продуктах и сырье животного происхождения. Контролируемые группы и виды микроорганизмов представлены на рис. 2. Разработанная система нормативов является основой Технических регламентов ЕАЭС (021/2011, 023/2011, 015/2011, 024/2011, 027/2012, 029/2012, 033/2013, 034/2013, 040/2016), Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), российских Санитарных правил и норм (СанПиН 2.3.2.1078-2001, 2.3.2.2804-10, 2.3.2.2871-11, 2.3.2.2340-08, 2.3.2.1324-03, СП2.3.6.2820-10, Доп. № 3 к СП 2.3.6.1079-01). Сюда включены также требования к контролю рисков перекрестной микробной контаминации на производстве, например за *Campylobacter* spp. на предприятиях по переработке птицы, что отражено в упомянутых выше санитарных правилах по профилактике отдельных инфекций.

Применение разработанных нормативов и мер профилактики свидетельствует об их реалистичности и в целом успешном контроле ситуации с безопасностью пищи, поскольку на протяжении 15 лет в стране нет прироста инфекций и пищевых отравлений бактериальной природы. Основной принцип нормирования, развитый несколькими поколениями гигиенистов и микробиологов Института питания, остается прежним – регламенты для микроорганизмов в пище должны быть надежно обоснованными, объективными, максимально реалистичными,

дифференцированными по степени защиты для континентов потребителей с разным уровнем восприимчивости, а главное – иметь предупреждающий характер. На современном этапе подобные требования способна обеспечивать только обновленная методология ОМР при внедрении во все ступени ее структурной модели инновационных ОМИК-технологий (геномики, метаболомики, протеомики, транскриптомики, биоинформатики). Это даст возможность прогнозировать поведение возбудителей и реакции организма на любое их количество в пище, в том числе при воздействии факторов технологии и хранения.

Фундаментальные и прикладные исследования лаборатории в целях совершенствования системы обеспечения биобезопасности пищи на ближайшую перспективу будут направлены на получение знаний о природе возбудителей и ответа на них организма человека на основе новых технологий мультилокусного и полногеномного секвенирования, на разработку высокоспецифичных методов анализа, в том числе мультиплексных, микробных контаминантов и биотехнологических микроорганизмов, а также на внедрение прогнозной микробиологии в оценку стабильности пищевых продуктов.

## Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

*Шевелева Светлана Анатольевна (Svetlana A. Sheveleva)* – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией биобезопасности и анализа нутримикробиома

E-mail: sheveleva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>

*Куваева Инна Борисовна (Inna B. Kuvaeva)* – доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ (Москва, Российская Федерация)

E-mail: Kuvaeva@ion.ru

*Ефимочкина Наталья Рамазановна (Natalya R. Efimochkina)* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома

E-mail: karlikanova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-9071-0326>

*Минаева Людмила Павловна (Lyudmila P. Minaeva)* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома

E-mail: liuminaeva-ion@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1853-5735>

## Литература

- World Health Organization. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group 2007–2015. Geneva : WHO Press, 2015a. URL: [https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne\\_disease/fergreport/en/](https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/) (date of access May 15, 2020)
- Шевелева С.А. Антибиотикоустойчивые микроорганизмы в пище как гигиеническая проблема (обзорная статья) // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 4. С. 355–367. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-342-354>
- Нефедьева Н.П. О принципах санитарно-бактериологического нормирования и исследований в пищевой гигиене // Вопросы питания. 1959. № 4. С. 67–72.
- Седова Н.Н. О роли энтерококков в этиологии пищевых отравлений : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1969. 23 с.
- Геймберг В.Г. Санитарно-пищевая микробиология // Гигиена питания / под ред. К.С. Петровского. Москва : Медицина, 1971. Т. 1. Гл. 22. С. 480–507.
- Нефедьева Н.П., Седова Н.Н. О роли дизентерийных палочек Зонне в этиологии пищевых токсикоинфекций // Вопросы питания. 1974. № 6. С. 3–9.
- Санитарная микробиология / под ред. Г.П. Калины, Г.Н. Чистовича. Москва : Медицина, 1969. 383 с.
- Нефедьева Н.П., Седова Н.И. К вопросу нормирования бактериологических показателей для оценки пищевых продуктов // Вопросы питания. 1973. № 2. С. 66–68.
- Комитет экспертов ВОЗ по микробиологическим аспектам гигиены пищевых продуктов, Всемирная организация здравоохранения и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. (1978)г. Микробиологические аспекты гигиены пищевых продуктов: доклад комитета экспертов ВОЗ с участием ФАО (Женева, 16–22 марта 1976 г.)г. Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/93960> (дата обращения: 15.05.2020)
- Kilsby D.C., Aspinall L.J., Baird-Parker A.C. A system for setting numerical microbiological specifications for foods // J. Appl. Bacteriol. 1979. Vol. 46, N 3. P. 591–599. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1979.tb00860.x>
- Christian J.H.B. World Health Organization. Veterinary Public Health Unit & Food and Agriculture Organization of the United Nations. Microbiological criteria for foods: summary of recommendations of FAO/WHO expert consultations and working groups 1975–1981. World Health Organization, 1983. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66410> (date of access May 15, 2020)
- Refai M.K. Manuals of food quality control. Microbiological analysis // FAO Food and Nutrition, Paper 14/4. Rome : FAO, 1979. URL: [https://www.academia.edu/3878771/Refai\\_M\\_Manuals\\_of\\_food\\_quality\\_control\\_4\\_Microbiological\\_analysis\\_FAO\\_Food\\_and\\_Nutrition\\_Paper\\_14\\_4\\_FAO\\_Rome\\_1979](https://www.academia.edu/3878771/Refai_M_Manuals_of_food_quality_control_4_Microbiological_analysis_FAO_Food_and_Nutrition_Paper_14_4_FAO_Rome_1979) (date of access May 15, 2020)
- Куваева И.Б. Микроэкологические проблемы питания // Вестник АМН СССР. 1986. № 11. С. 54–60.
- Шевелева С.А. Обоснование унифицированных параметров контроля пищевых продуктов на бактерии группы кишечных палочек // Гигиенические аспекты изучения биологического загрязнения окружающей среды : сборник. Ч. 2. Москва, 1988. С. 118–119.

15. Временные указания по микробиологическим нормативам для ряда особо скоропортящихся пищевых продуктов и методам их исследования № 2510-81 / Министерство здравоохранения СССР; Главное санитарно-эпидемиологическое управление. Москва, 1981. 29 с.
16. Куваева И.Б. Характеристика состояния микробиологической и иммунологической системы у детей в норме и при патологии // Сборник научных трудов «Теоретические и клинические аспекты науки о питании». Москва, 1985. Т. 4. С. 132–146.
17. Куваева И.Б., Петрушина Л.И., Шевелева С.А. Способ определения *in vitro* выживаемости микроорганизмов в детских диетических продуктах, содержащих микроорганизмы, и препаратах-эубиотиках. А. с. СССР № 1306135 – Госкомитет по делам изобретений и открытий. Москва, 22.12.1986.
18. Куваева И.Б., Петрушина Л.И., Шевелева С.А., Колосницына Н.В. Экспериментальное обоснование принципов создания микробиологических нормативов для продуктов питания детей I года жизни // Вопросы питания. 1987. № 2. С. 56–59.
19. Куваева И.Б., Шевелева С.А. Формирование микробиологических критериев качества продуктов питания для населения регионов в неблагоприятной экологической обстановкой // Проблемы рационального питания детского и взрослого населения, проживающего на территориях, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС : материалы научной конференции. Брянск. 1993. С. 108.
20. Рубинштейн Ю.И. Некоторые свойства «токсина» Фузариум Споротрихиоидес // Труды АМН СССР. Вопросы питания. Москва, 1951. Вып. 1. С. 247–253.
21. Покровский А.А., Николаева М.Я., Нефедьева Н.П., Богородицкая В.П. К методике получения, очистки и идентификации афлатоксина В<sub>1</sub> // Вопросы питания. 1971. Т. 30, № 4. С. 69.
22. Куваева И.Б., Болтянская Э.В., Сугояева Н.П., Кройкова Е.А. Изучение микробиоценоза розовоокрашенного зерна и исследование его токсических свойств в эксперименте // Сборник научных трудов Института питания АМН СССР. Теоретические и практические аспекты науки о питании. Т. 5. Актуальные проблемы гигиены питания. Москва : Академия медицинских наук, 1984. С. 154–168.
23. Минаева Л.П., Седова И.Б., Малинкин А.Д., Алешкина А.И., Шевелева С.А. Изучение токсигенного потенциала грибов рода *Fusarium* в условиях *in vitro* методом мультидетекции микотоксинов // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № S2. С. 27.
24. Шевелева С.А., Гмошинский И.В., Болтянская Э.В., Ефимочкина Н.Р., Зорин С.Н., Мазо В.К. Влияние потребляемых с пищей спор плесеней на протекание системной анафилактики у крыс // Вопросы питания. 2004. № 6. С. 43–47.
25. Батищева С.Ю., Кузнецова Г.Г., Быкова И.Б., Ефимочкина Н.Р., Шевелева С.А. Влияние плесневых грибов, потребляемых с пищей, на кишечную микрофлору у крыс // Вопросы питания. 2009. № 2. С. 42–47.
26. Минаева Л.П., Алешкина А.И., Маркова Ю.М., Полянина А.С., Пичугина Т.В., Быкова И.Б. и др. Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков плесневыми грибами – потенциальными продуцентами микотоксинов – первый шаг к оценке риска (сообщение 1) // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.1.10>
27. Киселева М.Г., Чалый З.А., Седова И.Б., Минаева Л.П., Шевелева С.А. Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков микотоксинами (сообщение 2) // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 38–51. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.04>
28. Ефимочкина Н.Р., Седова И.Б., Шевелева С.А., Тутельян В.А. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 6–33. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988591/45/1>
29. Шевелева С.А. Анализ риска микробиологического загрязнения пищевых продуктов // Вопросы питания. 2006. № 5. С. 6–65.
30. Шевелева С.А. Анализ микробиологического риска как основа для совершенствования системы оценки безопасности и контроля пищевых продуктов : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2007. 46 с.
31. Нитяга И.М. Повышение эффективности выявления *L. monocytogenes* и энтерогеоморрагических *E. coli* в мясе и мясных продуктах : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2004. 17 с.
32. Cahill S.M., Jouve J.L.R. Microbiological risk assessment in developing countries // J. Food Prot. 2004. Vol. 67, N 9. P. 2016–2023. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.9.2016>
33. Шевелева С.А., Куваева И.Б. Гармонизация требований к микробиологической безопасности пищевых продуктов: постановка вопроса и современные проблемы // Вопросы питания. 2006. № 4. С. 35–45.
34. Шевелева С.А., Ефимочкина Н.Р., Быкова И.Б., Батищева С.Ю. Обоснование микробиологических показателей безопасности для новых видов пищевой продукции // Вопросы питания. 2014. Т. 83, № S3. С. 162–164.
35. Зайцева Н.В., Тутельян В.А., Шур П.З., Хотимченко С.А., Шевелева С.А. Опыт обоснования гигиенических нормативов безопасности пищевых продуктов с использованием критериев риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 5. С. 70–74.
36. De Keuckelaere A., Jacxsens L., Amoah P., Medem, G., McClure P., Jaykus L.A. et al. Zero risk does not exist: lessons learned from microbial risk assessment related to use of water and safety of fresh produce // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2015. Vol. 14, N 4. P. 387–410. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12140>
37. Методические указания по определению остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда (хлортетрациклин, окситетрациклин, тетрациклин) в мясных продуктах микробиологическим и химическим методом. Утв. МЗ СССР 07.04.1975 г. № 1295. 17 с.
38. Шевелева С.А., Богородицкая В.П. Наличие остаточных количеств хлортетрациклина в органах и тканях домашней птицы // Вопросы питания. 1977. № 6. С. 64–67.
39. Богородицкая В.П., Народецкая Р.В., Шевелева С.А., Стоянова В.Г., Лебедева Е.А. Содержание остаточных количеств тетрациклинов в мясных продуктах // Вопросы питания. 1981. № 3. С. 54–56.
40. Кудымов В.М., Шевелева С.А., Народецкая Р.В. Изменения иммунореактивности у крыс при действии термически обработанного хлортетрациклина // Гигиена и санитария. 1980. № 7. С. 22–25.
41. Шевелева С.А., Нестерин М.Ф., Народецкая Р.В. Влияние антибиотиков на обмен холестерина в условиях различного содержания белка в рационе // Вопросы питания. 1977. № 4. С. 17–21.
42. Куваева И.Б., Кузнецова Г.Г. Антагонистическая активность микробных популяций защитной флоры и её связи с характеристикой микробиоценоза и факторами питания // Вопросы питания. 1993. № 3. С. 46–50.
43. Шевелева С.А. Антибиотики в продуктах питания: новые аспекты проблемы // Вопросы питания. 1994. № 4. С. 23–28.
44. Residues of veterinary drugs in foods. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Rome, 29 October – 5 November 1984 // FAO Food Nutr. Pap. 1985. Vol. 32. P. 1–54. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4029366/> (date of access May 15, 2020)
45. Онищенко Г.Г., Шевелева С.А., Хотимченко С.А. Гигиеническое обоснование допустимых уровней антибиотиков тетрациклиновой группы в пищевой продукции // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 4–14.
46. Азбелев В.Н. Пищевые токсикоинфекции и интоксикации, вызванные аэробными бактериями. Москва : Изд-во АМН СССР, 1952. 112 с.

47. Флуер Ф.С., Бугрова В.И. Получение стафилококковой анти-энтеротоксической сыворотки типа В для серотипирования стафилококков // Вопросы питания. 1977. № 1. С. 61–63.
48. Шевелева С.А., Ефимочкина Н.Р., Иванов А.А., Турурушкина Н.Н., Фролочкина Т.И. Пищевые отравления и инфекции в Российской Федерации за период 1992–2001 гг.: состоящие проблемы и тенденции // Гигиена и санитария. 2003. № 3. С. 38–45.
49. Куваева И.Б., Карликанова Н.Р., Лукина И.Б. Обнаружение энтеротоксигенных стафилококков в молоке и сыре // Вопросы питания. 1994. № 4. С. 29–31.
50. Ефимочкина Н.Р., Быкова И.Б., Батишева С.Ю., Шевелева С.А. Значение некоторых потенциально патогенных микроорганизмов в возникновении пищевых токсикоинфекций. Часть 2. Анализ и оценка роли токсигенных штаммов *Bacillus cereus* // Вопросы питания. 2012. Т. 81, № 3. С. 24–29.
51. Ефимочкина Н.Р. Эмерджентные бактериальные патогены в пищевой микробиологии. Москва : Изд-во РАМН, 2008. 256 с.
52. Карликанова Н.Р., Куваева И.Б., Карликанова С.Н. Листерии в молоке и молочных продуктах. Москва; Углич, 1999. 121 с.
53. Ефимочкина Н.Р., Быкова И.Б., Барбер Н.В., Нитяга И.М., Шевелева С.А. Обнаружение *Enterobacter sakazakii* в детских сухих молочных продуктах // Вопросы детской диетологии. 2005. Т. 3, № 4. С. 46–49.
54. Ефимочкина Н.Р. Идентификация нового вида патогенных микроорганизмов *Enterobacter sakazakii* с использованием современных таксономических подходов // Вопросы питания. 2009. Т. 78, № 3. С. 25–33.
55. Шевелева С.А., Карликанова Н.Р. О регламентировании показателя *Listeria monocytogenes* в пищевых продуктах и сырье в России // Здоровье населения и среда обитания. 1999. № 11. С. 22–24.
56. Ефимочкина Н.Р., Шевелева С.А., Нитяга И.М. Изучение выживаемости энтеротоксигенных эшерихий в процессе хранения ферментированных мясopодуKтов // Материалы 2-го Международного конгресса «Биотехнология – состояние и перспективы развития». Москва, 2003. С. 154–155.
57. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on the risk posed by Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds // EFSA J. 2011. Vol. 9, N 11. Article ID 2424.
58. Шевелева С.А., Шурышева Ж.Н., Пискарева И.И. Загрязненность пищевых продуктов бактериями рода *Campylobacter* // Вопросы питания. 2006. № 6. С. 38–44.
59. Булахов А.В., Ефимочкина Н.Р., Шевелева С.А. Обнаружение бактерий рода *Campylobacter* в птицепродуктах с помощью метода ПЦР // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 3. С. 24–29.
60. Литвинова О.С., Соколова Л.В., Булахов А.В., Шевелева С.А., Шахмарданов М.З., Удалов Г.Г. Клинико-лабораторное выявление кампилобактериоза у больных с ОКИ // Российский медицинский журнал. 2011. Т. 17, № 4. С. 13–15.
61. Ефимочкина Н.Р., Быкова И.Б., Маркова Ю.М., Короткевич Ю.В., Шевелева С.А. Влияние технологических стрессовых факторов на экспрессию генов патогенности возбудителей пищевого кампилобактериоза *Campylobacter jejuni* // Вопросы питания. 2016. № 1. С. 66–74. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00008>
62. Ефимочкина Н.Р. Бактериальные пищевые патогены рода *Campylobacter*. Москва : Изд-во РАМН, 2019. 215 с.
63. Шевелева С.А., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П., Быкова И.Б., Маркова Ю.М., Пичугина Т.В. и др. Меры снижения распространения возбудителя кампилобактериоза в пищевой цепи: специфика подходов // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № S5. Приложение. С. 200–201. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10309>
64. Шевелева С.А., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П., Быкова И.Б., Маркова Ю.М., Пичугина Т.В. и др. Научное обоснование подходов к контролю возбудителей кампилобактериоза в пищевой продукции // Современные достижения и проблемы генетики и биотехнологии в животноводстве : материалы Международной научной конференции. ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Эрнста. Дубровицы : ВИЖ, 2019. 266 с.
65. Короткевич Ю.В. Анализ резистентности к антибиотикам энтеробактерий и энтерококков, выделяемых из пищевых продуктов // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 2. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00018>
66. Тутьельян В.А., Никитюк Д.Б., Бурляева Е.А., Хотимченко Е.А., Хотимченко С.А., Батурина А.К. и др. COVID-19: новые вызовы для медицинской науки и практического здравоохранения // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 3. С. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10024>
67. Тутьельян В.А., Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Тышко Н.В., Гаппаров М.М., Батурина А.К. и др. Материалы НИИ питания РАМН. Современная законодательная, нормативная и методическая база в области обеспечения безопасности пищевой продукции в Российской Федерации // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. 2013. № 16 (500). С. 33–46. [http://council.gov.ru/activity/analytical\\_bulletins/33538/](http://council.gov.ru/activity/analytical_bulletins/33538/) (дата обращения: 15.05.2020)
68. Ефимочкина Н.Р. Микробиология пищевых продуктов и современные методы детекции патогенов. Москва : Изд-во РАМН, 2013. 518 с.
69. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-656> (Шевелева С.А. Глава 29. Контроль качества и безопасности пищевых продуктов. 29.1. Контроль биобезопасности пищевых продуктов. URL: <http://www.rosmedlib.ru/doc/ISBN9785970453520-EXT-PRIL01.html>)
70. Быкова И.Б., Булахов А.В. Анализ международных систем гигиенического мониторинга возбудителей пищевых токсикоинфекций // Вопросы питания. 2012. № 6. С. 12–18.

## References

1. World Health Organization. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group 2007–2015. Geneva: WHO Press, 2015a. URL: [https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne\\_disease/fergreport/en/](https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/) (date of access May 15, 2020)
2. Sheveleva S.A. Antimicrobial-resistant microorganisms in food as a hygienic problem. (review). *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2018; 97 (4): 342–54. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-342-354> (in Russian).
3. Nefed'eva N.P. On the principles of sanitary and bacteriological regulation and research in food hygiene. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1959; (4): 67–72. (in Russian)
4. Sedova N.N. On the role of enterococci in the etiology of food poisoning: Autoabstract of Diss. Moscow, 1969: 23 p. (in Russian)
5. Geymberg V.G. Food sanitary microbiology. In: K.S. Petrovskiy (ed.). *Food Hygiene*. Moscow: Meditsina, 1971; 1 (Ch 22): 480–507. (in Russian)
6. Nefed'eva N.P., Sedova N.N. On the role of Sonne's dysentery sticks in the etiology of foodborne toxicoinfections. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1974; (6): 3–9. (in Russian)
7. Kalina G.P., Chistovich G.N. (eds). *Sanitary microbiology*. Moscow: Meditsina, 1969: 383 p. (in Russian)
8. Nefed'eva N.P., Sedova N.N. On the issue of standardization of bacteriological indicators for assessing food products. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1973; (2): 66–8. (in Russian)

9. WHO Expert Committee on Microbiological Aspects of Food Hygiene, World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1976)l. Microbiological aspects of food hygiene: report of a WHO expert committee with the participation of FAO [meeting held in Geneva from 16 to 22 March 1976]l. World Health Organization. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41215> (date of access May 15, 2020)
10. Kilsby D.C., Aspinall L.J., Baird-Parker A.C. A system for setting numerical microbiological specifications for foods. *J Appl Bacteriol.* 1979; 46 (3): 591–9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1979.tb00860.x>
11. Christian J.H.B. World Health Organization. Veterinary Public Health Unit & Food and Agriculture Organization of the United Nations. Microbiological criteria for foods: summary of recommendations of FAO/WHO expert consultations and working groups 1975–1981. World Health Organization, 1983. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66410> (date of access May 15, 2020)
12. Refai M.K. Manuals of food quality control. Microbiological analysis. FAO Food and Nutrition, Paper 14/4. Rome: FAO, 1979. URL: [https://www.academia.edu/3878771/Refai\\_M\\_Manuals\\_of\\_food\\_quality\\_control\\_4\\_Microbiological\\_analysis\\_FAO\\_Food\\_and\\_Nutrition\\_Paper\\_14\\_4\\_FAO\\_Rome\\_1979\\_](https://www.academia.edu/3878771/Refai_M_Manuals_of_food_quality_control_4_Microbiological_analysis_FAO_Food_and_Nutrition_Paper_14_4_FAO_Rome_1979_) (date of access May 15, 2020)
13. Kuvaeva I.B. Microecological nutritional problems. *Vestnik AMN SSSR [Bulletin of the USSR Academy of Medical Sciences]*. 1986; (11): 54–60. (in Russian)
14. Sheveleva S.A. Substantiation of unified parameters for food control for coliform bacteria. In: *Hygienic Aspects of the Study of Biological Pollution of the Environment: Collection. Pt 2.* Moscow, 1988: 118–9. (in Russian)
15. Temporary instructions on microbiological standards for a number of especially perishable food products and methods of their research No. 2510-81. USSR Ministry of Health; Main Sanitary and Epidemiological Directorate. Moscow, 1981: 29 p. (in Russian)
16. Kuvaeva I.B. Characteristics of the state of the microecological and immunological system in children in health and disease. In: *Theoretical and Clinical Aspects of Nutrition Science.* Moscow, 1985; (4): 132–46. (in Russian)
17. Kuvaeva I.B., Petrushina L.I., Sheveleva S.A. A method for in vitro determination of the survival of microorganisms in children's and dietary products containing microorganisms, and eubiotic preparations. Certificate of authorship USSR, No. 1306135. State Committee for Inventions and Discoveries. Moscow, 22.12.1986. (in Russian)
18. Kuvaeva I.B., Petrushina L.I., Sheveleva S.A., Kolosnitsyna N.V. Experimental basis of principles for creating microbiologic standards for food products for children during the 1st year of life. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 1987; (2): 56–9. (in Russian)
19. Kuvaeva I.B., Sheveleva S.A. Formation of microbiological criteria for the quality of food products for the population of regions in an unfavorable ecological situation. In: *Materialy nauchnoy konferentsii «Problemy ratsional'nogo pitaniya detskogo i vroslogo naseleniya, prozhivayushchego na territoriyakh, postradavshikh v rezul'tate avarii na ChAES» [Proceedings of the scientific conference «Problems of Rational Nutrition of Children and Adults Living in the Territories Affected by the Chernobyl Accident»]*. Bryansk, 1993: 108 p. (in Russian)
20. Rubinshteyn Yu.I. Some properties of the «toxin» *Fusarium Sporotrichioides*. In: *Trudy AMN SSSR. Voprosy pitaniia [Proceedings of the USSR Academy of Medical Sciences. Problems of Nutrition]*. Moscow, 1951; (1): 247–53. (in Russian)
21. Pokrovskiy A.A., Nikolaeva M.Ya., Nefed'eva N.P., Bogoroditskaya V.P. To the method of obtaining, purification and identification of aflatoxin B1. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 1971; 30 (4): 69. (in Russian)
22. Kuvaeva I.B., Boltanskaya E.V., Sugonyaeva N.P., Kroyakova E.A. Study of mycobioses of pink-colored grain and study of its toxic properties in experiment. In: *Sbornik nauchnykh trudov Instituta pitaniya AMN SSSR. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty nauki o pitanii. T. 5. Aktual'nye problemy gigeny pitaniya [Collection of scientific works of the Institute of Nutrition of the USSR Academy of Medical Sciences. Theoretical and Practical Aspects of Nutritional Science. Vol. 5. Food Hygiene Topics]*. Moscow: Akademiya meditsinskikh nauk, 1984: 154–68. (in Russian)
23. Minaeva L. P., Sedova I.B., Malinkin A.D., Aleshkina A.I., Sheveleva S.A. Study of the toxigenic potential of fungi of the genus *Fusarium* in vitro by the method of multi-detection of mycotoxins. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 85 (S2): 27. (in Russian)
24. Sheveleva S.A., Gmoshinskiy I.V., Boltanskaya E.V., Efimochkina N.R., Zorin S.N., Mazo V.K. Effect of mold fungus spore consumption with food on systemic anaphylaxis in rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2004; 73 (6): 43–7. (in Russian)
25. Batishcheva S.Yu., Kuznetsova G.G., Bykova I.B., Efimochkina N.R., Sheveleva S.A. An influence of fungi spores consumption with food on intestinal microflora in rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2009; 78 (2): 42–7. (in Russian)
26. Minaeva L.P., Aleshkina A.I., Markova Y.M., Polyanina A.S., Pichugina T.V., Bykova I.B., et al. Studying the contamination of tea and herbal infusions with mold fungi as potential mycotoxin producers: the first step to risk assessment (message 1). *Analiz riska zdorov'yu [Health Risks Analysis]*. 2019; (1): 93–102. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.1.10> (in Russian)
27. Kiseleva M.G., Chalyy Z.A., Sedova I.B., Minaeva L.P., Sheveleva S.A. Studying the contamination of tea and herbal infusions with mycotoxins (message 2). *Analiz riska zdorov'yu [Health Risks Analysis]*. 2020; (1): 38–51. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.04> (in Russian)
28. Efimochkina N.R., Sedova I.B., Sheveleva S.A., Tutelyan V.A. Toxigenic properties of mycotoxin-producing fungi. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Bulletin of Tomsk State University. Biology]*. 2019; (45): 6–33. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988591/45/1> (in Russian)
29. Sheveleva S.A. The analysis risk of contamination microorganism food products. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2006; 75(5): 56–65. (in Russian)
30. Sheveleva S.A. Microbiological risk analysis as a basis for improving the food safety assessment and control system: Autoabstract of Diss. Moscow, 2007: 46 p. (in Russian)
31. Nityaga I.M. Improving the efficiency of detecting *L. monocytogenes* and enterohaemorrhagic *E. coli* in meat and meat products: Autoabstract of Diss. Moscow, 2004: 17 p. (in Russian)
32. Cahill S.M., Jouve J.L.R. Microbiological risk assessment in developing countries. *J Food Prot.* 2004; 67 (9): 2016–23. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.9.2016>
33. Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B. Harmonization of microbiological food safety requirements: problem statement and modern problems. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2006; 75(4): 35–45. (in Russian)
34. Sheveleva S.A., Efimochkina N.R., Bykova I.B., Batishcheva S.Yu. Substantiation of microbiological safety indicators for new types of food products. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2014; 83(S3): 162–4. (in Russian)
35. Zaytseva N.V., Tutelyan V.A., Shur P.Z., Khotimchenko S.A., Sheveleva S.A. Experience of justification of hygienic standards of food safety with the use of criteria for the risk population health. *Gigiena i sanitariia [Hygiene and Sanitation]*. 2014; 93 (5): 70–4. (in Russian)
36. De Keuckelaere A., Jacxsens L., Amoah P., Medem, G., McClure P., Jaykus L.A., et al. Zero risk does not exist: lessons learned from microbial risk assessment related to use of water and safety of fresh produce. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2015; 14 (4): 387–410. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12140>
37. Guidelines for the determination of residual amounts of tetracycline antibiotics (chlortetracycline, oxytetracycline, tetracycline)

- in meat products by microbiological and chemical methods. Approved by the USSR Ministry of Health 07.04.1975. No. 1295: 17 p. (in Russian)
38. Sheveleva S.A., Bogoroditskaya V.P. Presence of chlortetracycline residues in the organs and tissues of poultry. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1977; (6): 64–7. (in Russian)
  39. Bogoroditskaya V.P., Narodetskaya R.V., Sheveleva S.A., Stoyanova V.G., Lebedeva E.A. Levels of tetracycline residues in meat products. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1981; (3): 54–6. (in Russian)
  40. Kudymov V.M., Sheveleva S.A., Narodetskaya R.V. Changes in the immunoreactivity of rats under the action of heat-treated chlortetracycline. *Gigiena i sanitariia* [Hygiene and Sanitation]. 1980; (7): 22–5. (in Russian)
  41. Sheveleva S.A., Nesterin M.F., Narodetskaya R.V. Effect of antibiotics on cholesterol metabolism under conditions of a varying protein content in the diet. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1977; (4): 17–21. (in Russian)
  42. Kuvaeva I.B., Kuznetsova G.G. Antagonistic activity of microbial populations of protective flora and its relationship with the characteristics of microbiocenosis and nutritional factors. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1993; (3): 46–50. (in Russian)
  43. Sheveleva S.A. Antibiotics in food products: new aspects of the problem. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1994; (4): 23–8. (in Russian)
  44. Residues of veterinary drugs in foods. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Rome, 29 October – 5 November 1984. *FAO Food Nutr. Pap.* 1985; 32: 1–54. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4029366/> (date of access May 15, 2020)
  45. Onishchenko G.G., Sheveleva S.A., Khotimchenko S.A. Hygienic substantiation of the permissible levels for tetracycline-group antibiotics in food. *Gigiena i sanitariia* [Hygiene and Sanitation]. 2012; (6): 4–14. (in Russian)
  46. Azbelev V.N. Food toxic infections and intoxication caused by aerobic bacteria. Moscow: Izdatel'stvo AMN SSSR, 1952: 112 p. (in Russian)
  47. Fluer F.S., Bugrova V.I. Obtaining staphylococcal anti-enterotoxic serum type B for serotyping of staphylococci. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1977; (1): 61–3. (in Russian)
  48. Sheveleva S.A., Efimochkina N.R., Ivanov A.A., Tururushkina N.N., Frolochkina T.I. Food poisonings and infections in the Russian Federation during 1992–2001: state-of-art and trends. *Gigiena i sanitariia* [Hygiene and Sanitation]. 2003; (3): 38–45 (in Russian)
  49. Kuvaeva I.B., Karlikanova N.R., Lukina I.B. Detection of enterotoxigenic staphylococci in milk and cheese. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 1994; (4): 29–31. (in Russian)
  50. Efimochkina N.R., Bykova I.B., Batishcheva S.Yu., Sheveleva S.A. The significance of some potentially pathogenic microorganisms in occurrence of food toxicoinfections. Report 2. Assessment of the role of toxigenic strains of *Bacillus cereus*. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 81 (3): 24–9. (in Russian)
  51. Efimochkina N.R. Emerging bacterial pathogens in food microbiology. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2008: 256 p. (in Russian)
  52. Karlikanova N.R., Kuvaeva I.B., Karlikanova S.N. *Listeria* in milk and dairy products Moscow; Uglich, 1999: 121 p. (in Russian)
  53. Efimochkina N.R., Bykova I.B., Barber N.V., Nityaga I.M., Sheveleva S.A. Enterobacter sakazakii in infant dry milk products. *Voprosy detskoy dietologii* [Problems of Pediatric Nutrition]. 2005; 3(4): 46–9. (in Russian)
  54. Efimochkina N.R. Identification of the new foodborne pathogens *Enterobacter sakazakii* with modern taxonomy approaches. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2009; 78 (3): 25–33. (in Russian)
  55. Sheveleva S.A., Karlikanova N.R. On the regulation of the *Listeria monocytogenes* indicator in food products and raw foods in Russia. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 1999; (11): 22–4. (in Russian)
  56. Efimochkina N.R., Sheveleva S.A., Nityaga I.M. Study of the survival rate of enterotoxigenic *Escherichia* during storage of fermented meat products. In: *Materialy 2-go Mezhdunarodnogo kongressa «Biotehnologiya – sostoyanie i perspektivy razvitiya»* [Proceedings of International congress «Biotechnology: State of the Art and Perspectives»]. Moscow, 2003: 154–5. (in Russian)
  57. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on the risk posed by Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds. *EFSA J.* 2011; 9 (11): 2424.
  58. Sheveleva S.A., Shuryshva Zh.N., Piskareva I.I. Contamination of *Campylobacter* spp. from foodstuff. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; 75 (6): 38–43. (in Russian)
  59. Bulakhov A. V., Efimochkina N. R., Sheveleva S. A. Detection of bacteria genus *Campylobacter* in poultry products by PCR method. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2009; 79 (3): 24–9. (in Russian)
  60. Litvinova O.S., Sokolova L.V., Bulakhov A.V., Sheveleva S.A., Shakhmardanov M.Z., Udalov G.G. Clinical and laboratory detection of campylobacteriosis in patients with acute enteric infections. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2011; 17 (4): 13–5. (in Russian)
  61. Efimochkina N.R., Bykova I.B., Markova Yu.M., Korotkevich Yu.V., Sheveleva S.A. The study of influence of stresses on virulence genes expression in foodborne pathogens *Campylobacter jejuni*. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2016; 85 (1): 66–74. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00008> (in Russian)
  62. Efimochkina N.R. Bacterial food pathogens of the *Campylobacter* genus. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2019: 214 p. (in Russian)
  63. Sheveleva S.A., Efimochkina N.R., Minaeva L.P., Bykova I.B., Markova Yu.M., Pichugina T.V., et al. Measures to reduce the spread of campylobacteriosis in the food chain: specific approaches. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (S5): 200–1. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10309> (in Russian)
  64. Sheveleva S.A., Efimochkina N.R., Minaeva L.P., Bykova I.B., Markova Yu.M., Pichugina T.V., et al. Scientific substantiation of approaches to the control of campylobacteriosis agents in food products. In: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Sovremennye dostizheniya i problemy genetiki i biotekhnologii v zhivotnovodstve»* [Proceedings of International conference «Achievements and Problems of Genetics and Biotechnology in Animal Husbandry»]. Dubrovitsy, 2019: 243–51. (in Russian)
  65. Korotkevich Yu.V. Antibiotic resistance analysis of *Enterococcus* spp. and *Enterobacteriaceae* spp. isolated from food. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2016; 85 (2): 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00018> (in Russian)
  66. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Burlyaeva E.A., Khotimchenko E.A., Khotimchenko S.A., Baturin A.K., Starodubova A.V., et al. COVID-19: new challenges for medical science and practical health. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (3): 6–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10024> (in Russian)
  67. Tutelyan V.A., Khotimchenko S.A., Gmoshinskiy I.V., Tyshko N.V., Gapparov M.M.G., Baturin A.K., et al. Materials of the Research Institute of Nutrition of the RAMS. Modern legislative, regulatory and methodological framework in the field of food safety in the Russian Federation. *Analiticheskiy vestnik Soveta Federatsii Federal'nogo Sobraniya RF* [Analytical Bulletin of the Federation Council of the Federal Assembly of the RF]. 2013; 16 (500): 33–46. URL: [http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical\\_bulle-33538/](http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulle-33538/) (date of access May 15, 2020) (in Russian)
  68. Efimochkina N.R. Microbiology of foodstuff and modern methods of detection of pathogens. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2013: 518 p. (in Russian)
  69. Nutrition and Clinical Dietetics: National Guidelines. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk. Moscow: GEOTAR-Media; 2020: 656 p. (Sheveleva S.A. Chapter 29. Quality control and food safety. 29.1. Food biosafety control. URL: <http://www.rosmedlib.ru/doc/ISBN9785970453520-EXT-PRIL01.html> (in Russian)
  70. Bykova I.B., Bulakhov A.V. Analysis of international programs of the hygienic monitoring of foodborne pathogens. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2012; 81 (6): 12–8. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Стародубова Антонина Владимировна – доктор медицинских наук, заведующий отделением сердечно-сосудистой патологии, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры факультетской терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России  
 Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21  
 Телефон: (499) 794-31-62  
 E-mail: avs.ion@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9262-9233>

Стародубова А.В.<sup>1, 2</sup>, Ливанцова Е.Н.<sup>1</sup>, Дербенева С.А.<sup>1</sup>, Косюра С.Д.<sup>1, 2</sup>, Поленова Н.В.<sup>1</sup>, Вараева Ю.Р.<sup>1</sup>

## Кардионутрициология: лечебное питание в профилактике и лечении ведущей патологии современности

Cardiovascular nutrition: disease management and prevention as major public health problem nowadays

Starodubova A.V.<sup>1, 2</sup>, Livantsova E.N.<sup>1</sup>, Derbeneva S.A.<sup>1</sup>, Kosyura S.D.<sup>1, 2</sup>, Polenova N.V.<sup>1</sup>, Varaeva Yu.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117997, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), 117997, Moscow, Russian Federation

*Питание занимает центральное место в превентивной кардиологии – профилактике сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), являющихся ведущей причиной смерти во многих развитых странах. Более ранние исследования были сфокусированы на вкладе отдельных пищевых веществ, включая насыщенные жиры, натрия и пищевые волокна, или определенных пищевых продуктов, таких как фрукты, овощи, рыба и оливковое масло, в развитие ССЗ. Однако в последнее время отдают предпочтение анализу моделей (паттернов) питания, чтобы учесть гетерогенность диет, взаимодействие отдельных пищевых продуктов и веществ. Кроме того, определенный интерес представляют исследования кардиопротективного потенциала биологически активных соединений, включая полифенолы, пептиды, олигосахариды, витамины, моно- и полиненасыщенные жирные кислоты. Данный обзор охватывает диетические модели, которые связаны с улучшением сердечно-сосудистых исходов, включая средиземноморскую*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания (темы № 0529-2018-0113, 0529-2019-0062).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Стародубова А.В., Ливанцова Е.Н., Дербенева С.А., Косюра С.Д., Поленова Н.В., Вараева Ю.Р. Кардионутрициология: лечебное питание в профилактике и лечении ведущей патологии современности // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 146–160. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10049

**Статья поступила в редакцию** 02.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task (topic numbers 0529-2018-0113; 0529-2019-0062).

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Starodubova A.V., Livantsova E.N., Derbeneva S.A., Kosyura S.D., Polenova N.V., Varaeva Yu.R. Cardiovascular nutrition: disease management and prevention as major public health problem nowadays. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 146–60. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10049 (in Russian)

**Received** 02.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

*диету. Использование модель(паттерн)-ориентированного подхода поможет практикующим врачам внести оптимальные и значимые изменения в рацион питания пациентов. Также очень важна персонализированная диетотерапия кардиологических больных, которая предполагает гибкость и адаптацию рекомендаций к потребностям конкретного человека с учетом особенностей сопутствующих заболеваний.*

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, пищевые вещества, средиземноморская диета, полифенолы, полиненасыщенные жирные кислоты, биологически активные соединения

*Cardiovascular disease (CVD) is the leading cause of death in many developed countries. At the same time, nutrition is the basis of preventive cardiology. Earlier researches were focused on the importance of individual nutrients, including saturated fats, sodium, and dietary fiber, or certain foods, such as fruits, vegetables, fish, and olive oil, in the development of CVD. Recently, however, an analysis of nutritional patterns has been preferred to take into account the heterogeneity of the diet and the interaction of foods and nutrients. Besides, studies of the cardioprotective potential of bioactive compounds, e.g. polyphenols, peptides, oligosaccharides, vitamins, mono- and polyunsaturated fatty acids, are of particular interest. This paper covers dietary patterns that are associated with improved cardiovascular outcomes, including the Mediterranean diet. The use of a pattern-based approach will help practitioners make optimal and meaningful changes to the patients' diet. Personalized diet therapy is also very important, which implies flexibility and tailoring guidelines to patient needs and comorbidities.*

**Keywords:** cardiovascular disease, nutrients, Mediterranean diet, polyphenols, PUFA, bioactive compounds

**Т**ермин «сердечно-сосудистые заболевания» (ССЗ) объединяет целый класс заболеваний, таких как гипертоническая болезнь (ГБ), ишемическая болезнь сердца (ИБС), инсульт и сердечная недостаточность. ССЗ по-прежнему остаются основной причиной смертности в развитых странах и одной из ведущих причин смерти во всем мире [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно от ССЗ умирают 17,5 млн человек [2]. Согласно опубликованным данным Росстата, смертность от ССЗ в Российской Федерации в 2017 г. составила 587,6 случая на 100 тыс. населения при первичной регистрации 4 млн 706 тыс. пациентов с болезнями системы кровообращения [3, 4]. Эти цифры свидетельствуют о необходимости реализации профилактических мер на популяционном и индивидуальном уровне, направленных на первичную и вторичную профилактику ССЗ и связанной с ними инвалидизации.

Распространенность и заболеваемость ССЗ тесно связаны с компонентами образа жизни, включая нездоровое питание, отсутствие физической активности, курение и чрезмерное употребление алкоголя. Вклад этих факторов составляет до 80% при формировании ИБС и цереброваскулярных заболеваний [5–7].

Было показано, что питание играет фундаментальную роль в профилактике ССЗ [5, 6, 8–11]. Несмотря на то что коррекция этого модифицируемого фактора риска представляет определенные трудности, эта интервенция вызывает большой интерес среди исследователей. Данные метаанализов демонстрируют значительное снижение кардиологического риска: на 22% у лиц с высокой приверженностью рекомендованным диетам в целом независимо от пола, на 19–28% у женщин и на 14–26% у мужчин [11, 12]. В связи с этим одна из глобальных задач, которую ставит ВОЗ, по сниже-

нию сердечно-сосудистой заболеваемости на 25%, преимущественно за счет диеты, представляется вполне достижимой [13].

Более ранние исследования были сосредоточены на вкладе и значении отдельных пищевых веществ, включая насыщенные жиры, натрий, или конкретных пищевых продуктов, таких как рыба, фрукты, овощи, оливковое масло, в развитие ССЗ. Однако пища, рацион питания или диета представляют собой сложные системы, и изучение их индивидуального вклада или определенного влияния отдельных составляющих в настоящее время затруднено, а в реальной практике практически невозможно. Поэтому сейчас предпочтение отдается оценке диетологических моделей (паттернов) питания. Считается, что именно такой подход позволяет учесть все разнообразие, гетерогенность диет и взаимодействие между их компонентами – пищевыми веществами. Кардиопротективные эффекты отдельных моделей питания, таких как средиземноморская диета или DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension), подтверждены результатами крупномасштабных исследований, сформирована убедительная доказательная база. Тем не менее продолжается дискуссия о предпочтительных диетологических вмешательствах для профилактики ССЗ, поскольку из-за отсутствия универсальных и стандартизированных методов оценки эффективности различные диетологические воздействия с трудом поддаются сравнению [12–14]. Кроме того, несомненный интерес представляют исследования кардиопротективного потенциала биологически активных соединений растительного происхождения, включая полифенолы, пептиды, олигосахариды, витамины и жирные кислоты [15, 16].

**Цель** данного обзора – представление современных взглядов и подходов, а также некоторых актуальных

концепций превентивной и лечебной кардионутрициологии, базирующихся на результатах наиболее значимых научных исследований в этой области.

## Влияние макронутриентов на кардиологическое здоровье

### Белок

На протяжении длительного времени существовало мнение, что высокое потребление белка приводит к развитию почечной недостаточности и запуску кардиоренального континуума. Недавно в одном из наблюдательных исследований было показано, что увеличение потребления белка пациентами после инфаркта миокарда (ИМ) связано с большим снижением функции почек и повышением смертности [17, 18]. Этот эффект был наиболее выражен при наличии заболеваний, компрометирующих функцию почек, например у пациентов с сахарным диабетом. Но особый интерес представляет тот факт, что негативное влияние на функцию почек было связано преимущественно с потреблением животного белка, в то время как влияние белка молочного или растительного происхождения было менее выражено [17].

Крупное исследование (с участием 43 396 женщин), проведенное в Швеции, показало, что увеличение потребления белка на 10% (или на 5 г/сут) при уменьшении потребления углеводов на 10% (или на 20 г/сут) на регулярной основе связано со значительным увеличением числа случаев ССЗ [19]. На основании других многочисленных крупных исследований было сделано предположение, что имеется положительная корреляция между диетами с низким содержанием белка и низкой частотой возраст-ассоциированных заболеваний. В обсервационном 26-летнем исследовании NHS (Nurses' Health Study; 85 168 женщин) и последующем исследовании HPFS (Health Professionals' Follow-up Study; 44 548 мужчин) с периодом наблюдения 20 лет было показано, что рацион питания с высоким содержанием животного белка и жиров и низким содержанием углеводов связан с более высокой смертностью как у мужчин, так и у женщин [20]. Напротив, у тех, кто соблюдал низкоуглеводные диеты на растительной основе, были самые низкие показатели общей и сердечно-сосудистой смертности как среди мужчин, так и среди женщин [20].

Это указывает на то, что пищевой источник белка может иметь большое значение. Действительно, в рандомизированных контролируемых исследованиях (РКИ) показано, что характеристики мяса, наряду с химическим составом рациона в целом, вероятно, являются важными факторами, которые следует учитывать при объяснении этой взаимосвязи. Так, добавление 500 г/нед необработанного постного (<10 г общего жира, <5 г насыщенного жира и <95 мг холестерина на 100 г продукта) красного мяса (говядина или свинина) к кардиопротективной диете не повышало сердечно-сосудистый риск и не оказывало отрицательного влияния на уровень липидов в крови [21]. Поскольку пища

оказывает комплексное влияние, нельзя забывать о том, что в продуктах животного происхождения наряду с белками высокое содержание жиров. Содержание насыщенных жиров может служить дополнительным фактором, обуславливающим негативное воздействие красного мяса на липидный профиль при сравнении его с пищей растительного происхождения [22].

Белок является важным компонентом мышечной ткани, и, согласно мнению экспертов, его потребление должно быть выше у пожилых людей. Так, потребление белка до 1,5 г/кг в сутки улучшает композиционный состав тела у «хрупких» пожилых пациентов по сравнению с более низким потреблением – 0,8 г/кг в сутки [23]. В совокупности эти исследования подчеркивают важную роль белка в поддержании здоровья сердечно-сосудистой системы, особенно если учитывать источник (животный или растительный) и качество белка, а также характеристики и общее качество диеты.

### Углеводы

В последние годы при установлении основных причин развития ССЗ и метаболических нарушений внимание переключилось с насыщенных жиров на углеводы. Так, установлено, что высокое потребление углеводов, а также диеты с высоким гликемическим индексом или гликемической нагрузкой (количественная оценка содержания углеводов в пище) тесно связаны с повышением риска ССЗ [24–26].

Наиболее неблагоприятное воздействие диет с высоким гликемическим индексом на прогноз и повышение сердечно-сосудистого риска наблюдалось у лиц с избыточной массой тела и ожирением, независимо от других факторов, таких как возраст, курение, физическая активность, потребление алкоголя и общая калорийность рациона [25, 27, 28]. Последствия преимущественного выбора пищи с высокой углеводной нагрузкой для людей с высокими значениями индекса массы тела в отношении риска ИБС хуже. Повышенная потребность в инсулине на фоне диеты с высоким гликемическим индексом может усугубить инсулинорезистентность и связанные с ней липидные и метаболические нарушения у лиц с избыточной массой тела и ожирением, также повышая сердечно-сосудистый риск [29].

В проспективном исследовании PURE (Prospective Urban Rural Epidemiology) было показано, что высокое потребление углеводов связано с увеличением смертности от всех причин и сердечно-сосудистой смертности [30]. Однако по результатам современного метаанализа кривая взаимосвязи между потреблением углеводов и общей смертностью имеет U-образную форму. Смертность повышается, если углеводы замещаются на белки или жиры животного происхождения, и снижается при преимущественном потреблении продуктов растительного происхождения [31, 32].

Проспективные когортные исследования показали, что потребление пищевых волокон приводило к сокращению уровня сердечно-сосудистой смертности и смертности от всех причин после перенесенного ИМ [33]. В этом исследовании

довании только потребление пищевых волокон злаковых культур было связано с сокращением общей и сердечно-сосудистой смертности у мужчин и женщин. Однако это не было подтверждено результатами метаанализа проспективных когортных исследований и РКИ, в котором получены противоречивые результаты. Вероятно, это связано с тем, что одновременно рассматривались разные источники пищевых волокон, различные цельнозерновые продукты. Вышеперечисленные факты подтверждают важность оценки эффективности и кардиопротективных свойств моделей (паттернов) питания в целом, а не отдельных компонентов [34].

## Жиры

Оптимальное соотношение жиров в рационе является ключевым фактором сердечно-сосудистого здоровья. Однако, как и в случае углеводов и белков, разнообразие пищевых источников и трудности количественного определения затрудняют оценку клинической эффективности потребления тех или иных жиров пищи.

Негативное воздействие насыщенных жиров на сердечно-сосудистую систему обсуждается уже давно. Установлено уменьшение общего числа сердечно-сосудистых событий на 17% на фоне сокращения потребления насыщенных жиров. Однако авторы недавнего метаанализа предполагают, что значительное уменьшение доли насыщенных жиров в рационе не способствует дальнейшему снижению общей или сердечно-сосудистой смертности [35].

Наибольшее снижение числа сердечно-сосудистых событий наблюдалось в исследованиях, в которых насыщенные жирные кислоты были заменены на полиненасыщенные (ПНЖК), по сравнению с заменой на мононенасыщенные жирные кислоты, углеводы или белки [35]. ПНЖК подразделяются на представителей семейства  $\omega$ -3 [альфа-линоленовая кислота, эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК) и др.], которые содержатся преимущественно в рыбе и льняном масле, и  $\omega$ -6 (линолевая кислота, гамма-линолевая кислота и др.), основными источниками которых являются растительные масла. С позиции кардиоваскулярной профилактики наиболее эффективной стратегией в отношении жиров остается сокращение потребления насыщенных жирных кислот и замена их на ПНЖК.

При этом большое значение имеет источник насыщенных жирных кислот (например, молочные продукты или кондитерские изделия/выпечка). В проспективном когортном исследовании с включением 521 120 участников за 16-летний период наблюдения показано, что увеличение потребления насыщенных жиров, транс-изомеров жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот животного происхождения, альфа-линоленовой и арахидоновой кислот связано с повышением общей смертности [36]. В этом же исследовании потребление богатых  $\omega$ -3 ПНЖК морской рыбы и морепродуктов и замена насыщенных жиров на мононенасыщенные жирные кислоты растительного происхождения или ли-

нолевую кислоту были связаны с более низкими уровнями общей, сердечно-сосудистой смертности и смертности от определенных причин.

Представляются целесообразными дальнейшие исследования модификации рациона питания с включением ненасыщенных жирных кислот в различном соотношении взамен насыщенных. Остается предметом дискуссий дополнительная польза от соблюдения диеты с низким содержанием насыщенных жиров на фоне гиполлипидемической терапии. Как и в случае белков и углеводов, большое значение имеют пищевые источники жиров.

## Кардиопротективные эффекты биологически активных веществ

В последнее время активно изучается и представляется весьма перспективным применение различных биологически активных веществ с целью профилактики ССЗ и коррекции факторов риска. В качестве примера рассмотрим полифенолы, ресвератрол и  $\omega$ -3 ПНЖК.

### Полифенолы

Среди множества биологически активных растительных компонентов полифенолы являются одной из наиболее значимых групп природных соединений, обладающих кардиопротективными, антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, они содержатся в овощах, фруктах, зерновых культурах, специях и семенах [37].

По данным эпидемиологических исследований, потребление фруктов, овощей, оливкового масла, вина, бобовых и цельнозерновых продуктов, включенных в средиземноморскую диету, оказывает кардиопротективное действие за счет различных механизмов [38, 39]. Было показано, что продукты, богатые полифенолами (в основном антоцианинами), улучшают эндотелиальную функцию и липидный профиль крови, снижая патологическую агрегацию тромбоцитов и воспаление [40, 41]. Кроме того, кардиопротективные эффекты антоцианинов связаны с подавлением окислительного стресса [42].

Влияние общего потребления полифенолов на риск сердечно-сосудистых событий оценивалось в одном из наблюдательных исследований средиземноморской диеты. Чем выше было потребление полифенолов (особенно лигнанов, флаванолов и гидроксibenзойных кислот), тем ниже были кардиологические риски [43].

### Ресвератрол

Ресвератрол является полифенольным антиоксидантом, содержащимся в винограде, ежевике, голубике, красной смородине, помидорах и красном вине. Ресвератрол стимулирует выработку белка сиртуина 1 (SIRT1), называемого «геном долголетия», и таким образом помогает замедлять процессы старения [44].

В РКИ показано, что умеренное потребление алкоголя, особенно красного вина, снижало риск ССЗ.

Показатель смертности от ССЗ во Франции ниже, чем в других странах с аналогичным уровнем потребления насыщенных жиров, вероятно, вследствие употребления красного вина, что получило название «французский парадокс» [45]. Было выдвинуто предположение, что ресвератрол отвечает за кардиопротективное действие вина путем подавления перекисного окисления липидов, снижения артериального давления, улучшения липидного профиля крови, защиты эндотелиальных клеток от апоптоза и снижения агрегации тромбоцитов [46, 47]. Однако клинические данные представляются ограниченными. Данные отдельных клинических исследований полифенолов и ресвератрола приведены в табл. 1.

### ω-3 полиненасыщенные жирные кислоты

ω-3 ПНЖК отвечают за нормальное развитие мозга, зрение и более низкий риск ССЗ [57]. ЭПК и ДКГ оказывают противовоспалительное и кардиопротективное действие. Большое количество метаанализов было опубликовано в отношении эффективности ω-3 ПНЖК. Результаты этих метаанализов были в целом положительными и способствовали внедрению ПНЖК в первичную и вторичную профилактику ССЗ [58, 59].

Хотя многочисленные более ранние клинические испытания показали положительные кардиопротективные эффекты ω-3 ПНЖК, в современных клинических исследованиях их польза не доказана. Так, по данным систематических обзоров, прием ω-3 ПНЖК, выделенных из рыбьего жира, не влияет на частоту фатальных или нефатальных случаев ИБС и крупных сердечно-сосудистых событий у лиц с ССЗ или с высоким сердечно-сосудистым риском на фоне ИБС [60]. Считается, что эти результаты были обусловлены применением слишком низких доз ЭПК и ДКГ. Так, во включенных в вышеуказанный систематический анализ исследованиях дозы ЭПК и ДКГ варьировали соответственно от 226 до 1800 мг/сут и от 0 до 1700 мг/сут [60]. Отсутствие доказанной эффективности в данном случае существенно контрастирует с результатами исследования REDUCE-IT (Reduction of Cardiovascular Events With Icosapent Ethyl-Intervention Trial), в котором было показано сокращение частоты сердечно-сосудистых событий при использовании высокоочищенной формы ЭПК в терапевтической дозе (4 г/сут), что связывают с наличием плеiotропных эффектов (гиполипидемический, противовоспалительный и антитромбоцитарный) [61]. Данные отдельных клинических исследований ω-3 ПНЖК приведены в табл. 1.

Кроме того, было показано, что потребление ω-6 ПНЖК позволяет снизить риск ИМ, а также уровень общего холестерина при длительном приеме, но не влияет на общую и сердечно-сосудистую смертность [62].

## Модели питания

### Диета DASH

Диета DASH изначально была разработана для снижения артериального давления у пациентов с гипертониче-

ской болезнью и характеризуется низким содержанием соли, холестерина, насыщенных жиров по сравнению с обычной западной диетой [63]. Она включает фрукты и овощи, нежирные молочные продукты, злаковые культуры, орехи, птицу, рыбу и ограничивает потребление красного мяса и продуктов, богатых насыщенными жирами, добавленным сахаром. Таким образом, диета характеризуется высоким содержанием калия, кальция, магния, пищевых волокон и белка из нежирных пищевых источников. Метаанализ 67 РКИ ( $n=17\ 230$ ) оценивал влияние различных диетологических подходов, в том числе диеты DASH, на артериальное давление у пациентов с артериальной гипертонией и прегипертонией [64]. В исследованиях, включенных в метаанализ, в группах сравнения оценивали низкожировую, высокобелковую, низкоуглеводную, низконатриевую, средиземноморскую, вегетарианскую, диету с низким гликемическим индексом/гликемической нагрузкой и др. В целом все исследуемые диеты оказались значительно эффективнее в отношении снижения систолического (от -8,73 до -2,32 мм рт.ст.) и диастолического артериального давления (от -4,85 до -1,27 мм рт.ст.) по сравнению с контрольной группой без диетологического вмешательства, при этом диета DASH зарекомендовала себя как самый эффективный диетологический инструмент для снижения систолического и диастолического артериального давления.

В нескольких проспективных исследованиях оценивалось потенциальное влияние диеты DASH на сердечно-сосудистую заболеваемость [65, 66]. Были получены противоречивые результаты оценки влияния диеты DASH на риск ИБС, инсульта и сердечной недостаточности [65–70]. Однако недавний метаанализ 6 когортных исследований, в котором оценивали ассоциацию диеты DASH и ССЗ, ИБС, инсульта и сердечной недостаточности, показал значительное снижение общей частоты ССЗ, ИБС и инсультов примерно на 20%, а сердечной недостаточности – на 29% [3]. Назначение диеты DASH позволяло снизить сердечно-сосудистую заболеваемость.

Помимо установленного влияния диеты DASH на снижение частоты артериальной гипертонии и сердечно-сосудистой заболеваемости, в исследованиях также изучали кардиопротективные эффекты этой диеты через различные неклассические механизмы, включая контроль гликемии натощак, снижение инсулинорезистентности и улучшение липидного профиля крови [71, 72]. Метаанализ интервенционных исследований подтвердил положительное влияние диеты DASH на уровень глюкозы и контроль гликемии, был обнаружен значительно более низкий уровень инсулина натощак в общей группе и при проведении анализа в подгруппах [73]. Метаанализ показал, что диета DASH может значительно снижать уровень инсулина натощак при длительном назначении на протяжении 16 нед и более. Однако статистически значимого снижения уровня глюкозы натощак и инсулинорезистентности не наблюдалось. Необходимо проведение дальнейших

Таблица 1. Клинические исследования кардиопротективных эффектов некоторых биологически активных соединений

Table 1. Clinical studies of the cardioprotective effects of certain biologically active compounds

Исследование, ссылка Author (year of research) [reference]	Биологически активное соединение Biologically active compound	Тип исследования и результаты Study type and results
Basu A. и соавт. (2010) [40], Wallace T. и соавт. (2011) [42], Tresserra-Rimbau A. и соавт. (2014) [43], Goszcz K. и соавт. (2017) [41]	Полифенолы (антоцианины)	Наблюдательное исследование средиземноморской диеты в группах пациентов с ССЗ. Улучшение липидного профиля крови: ↑ эндотелиальная функция; ↓ агрегация тромбоцитов; ↓ окислительный стресс
Asgary S. и соавт. (2014) [48]	Гранатовый сок 150 мл/сут, 2 нед (содержание антоцианинов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид 8,7 мг/сут, эллагитанины, катехины)	Простое слепое исследование у мужчин с гипертонической болезнью. ↓ АД за счет ингибирования АПФ; ↓ окислительный стресс
Dohadwala M. и соавт. (2011) [49]	Клюквенный сок 480 мл/сут (54% сока), 4 нед (835 мг суммы полифенолов, 94 мг антоцианинов)	Плацебо-контролируемое перекрестное исследование у пациентов с ИБС: ↓ каротидно-феморальная скорость пульсовой волны. Только острое, но не хроническое положительное влияние на эндотелиальную функцию
Stull A. и соавт. (2015) [39]	Голубика 45 г/сут сублимированного порошка плодов, 6 нед (1550 мг суммы полифенолов, 580 мг антоцианинов)	Двойное слепое плацебо-контролируемое исследование у пациентов с метаболическим синдромом: отсутствие влияния на АД и чувствительность к инсулину; ↑ эндотелиальная функция
Borriello A. и соавт. (2010) [46] Zordoky B. и соавт. (2015) [47]	Ресвератрол 150 мг/сут, 30 сут 250 мг/сут, 90 сут 1000 мг/сут, 45 сут	Рандомизированные клинические исследования. Улучшение липидного профиля крови: ↓ перекисное окисление липидов; ↓ АД; ↓ агрегация тромбоцитов; ↓ апоптоз эндотелиальных клеток
GISSI-Prevenzione (1999) [50]	ЭПК + ДГК 1 г/сут, средний период наблюдения – 3,5 года	Профилактическое клиническое исследование у пациентов после перенесенного ИМ (n=11 323). ЭПК + ДГК в дополнение к антитромбоцитарной терапии (91%), ингибиторам АПФ (40%), β-блокаторам (40%) и статинам (45%) снижают сердечно-сосудистую смертность на 30%, коронарную смертность на 35% и внезапную смерть на 45%
JELIS (2007) [51]	ЭПК 1800 мг/сут, средний период наблюдения – 5 лет	Проспективное рандомизированное открытое исследование у пациентов с гиперхолестеринемией (20% имели ССЗ) (n=18 645). Снижение частоты внезапной сердечной смерти, ИМ, нестабильной стенокардии и процедур реваскуляризации на 19%, преимущественно за счет нефатальных событий
OMEGA (2010) [52]	ω-3 ПНЖК 1 г/сут с соотношением ДГК : ЭГК 380:460 мг, группа плацебо: оливковое масло 1 г/сут, средний период наблюдения – 1 год	Многоцентровое рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое исследование у пациентов в течение первых 3–14 дней после перенесенного ИМ с подъемом или без подъема сегмента ST (n=3851). Нет дополнительных преимуществ перед стандартной терапией острого ИМ в отношении общей смертности, больших коронарных или цереброваскулярных событий, внезапной сердечной смерти
ORIGIN (2012) [53]	ω-3 ПНЖК 1 г/сут с соотношением ДГК : ЭГК 375:465 мг, средний период наблюдения – 6,2 года	Рандомизированное исследование, участники с высоким сердечно-сосудистым риском и нарушением углеводного обмена (СД 2 типа, НТГ или НГН) (n=12 537). Не показало значимого снижения общей смертности, смертности вследствие аритмии или частоты МАСЕ
ASCEND (2018) [54]	ω-3 ПНЖК 1 г/сут, средний период наблюдения 7,4 года	Рандомизированное контролируемое исследование у пациентов с СД 2 типа, но без ССЗ в анамнезе (n=15 480). Не показало снижения риска нефатального ИМ, инсульта и сердечно-сосудистой смертности
VITAL (2012, 2019) [55, 56]	ω-3 ПНЖК 1 г/сут + витамин D <sub>3</sub> 2000 МЕ/сут, средний период наблюдения 5,3 года	Рандомизированное плацебо-контролируемое исследование (n=27 871). Не показало снижения общей, сердечно-сосудистой, онкологической смертности, частоты инсультов

Примечание. АД – артериальное давление; АПФ – ангиотензин-превращающий фермент; ДГК – докозагексаеновая кислота; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ИМ – инфаркт миокарда; НГН – нарушение гликемии натощак; НТГ – нарушение толерантности к глюкозе; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; СД – сахарный диабет; ССЗ – сердечно-сосудистое заболевание; ЭПК – эйкозапентаеновая кислота; МАСЕ (major adverse cardiac events) – большие сердечно-сосудистые события.

исследований по оценке влияния диеты DASH на углеводный обмен, который вносит существенный вклад в поддержание кардиоваскулярного здоровья.

### Средиземноморская диета

Несмотря на то что продуктовые наборы средиземноморской диеты отличаются в разных странах, ее основными компонентами являются высокое потребление круп (в основном цельнозерновые), бобовых, фруктов, орехов, овощей и рыбы, ежедневное потребление оливкового масла в качестве основного источника жира, умеренное потребление молока и молочных продуктов, от низкого до умеренного потребление вина (в основном во время еды) и низкое потребление мяса и мясных продуктов.

Средиземноморская диета ассоциировалась с положительным влиянием на здоровье, включая снижение общей смертности, риска различных компонентов метаболического синдрома (ожирение, артериальная гипертензия, нарушения углеводного обмена и дислипидемия) [74–76].

Помимо оценки влияния средиземноморской диеты на общую смертность и факторы риска ССЗ, имеются также исследования, в которых изучалась связь средиземноморской диеты с такими сердечно-сосудистыми осложнениями, как ИМ и инсульт. В метаанализе 11 проспективных исследований суммарный относительный риск (ОР) для неуточненных ССЗ при сравнении максимального и минимального показателя индекса средиземноморской диеты составил 0,81 [95% доверительный интервал (ДИ) 0,74–0,88] и соответствующий суммарный ОР для ИБС/острого ИМ составил 0,70 (95% ДИ 0,62–0,80) [77]. Снижение ОР было постоянным и не зависело от пола включенных в исследование пациентов, региона, в котором оно проводилось, индекса диеты и анализируемого параметра (заболеваемость, смертность). В том же метаанализе 6 исследований оценивали случаи неуточненного инсульта, суммарный ОР для которых составил 0,73 (95% ДИ 0,59–0,91) также при сравнении максимального и минимального показателя индекса средиземноморской диеты, а соответствующие значения для ишемического (5 исследований) и геморрагического инсульта (4 исследования) составили 0,82 (95% ДИ 0,73–0,92) и 1,01 (95% ДИ 0,74–1,37). Результаты этого метаанализа позволяют предположить, что средиземноморская диета может снижать риск ИМ и инсульта.

В недавнем продольном исследовании REGARDS (Reasons for Geographic and Racial Differences in Stroke) сравнивали две модели питания: палеолитическую и средиземноморскую, – по влиянию на общую смертность и смертность от конкретных причин [78]. Из всей анализируемой когорты ( $n=21\ 423$ ) в общей сложности 2513 участников умерли за период наблюдения от 6 до 25 лет. В группах палеолитической и средиземноморской диеты скорректированные ОР для смертности от всех причин соответственно составили 0,77 (95% ДИ 0,67–0,89) и 0,63 (95% ДИ 0,54–0,73), для сердечно-сосудистой смертности – соответственно 0,78 (95% ДИ 0,61–1,00) и 0,68 (95% ДИ 0,53–0,88). Следовательно, назна-

чение этих диет позволяло снизить общую и сердечно-сосудистую смертность, но при этом средиземноморская диета оказалась более эффективной.

Примечательно, что отдельные компоненты средиземноморской диеты имеют разную кардиопротективную значимость. В исследовании G. Grosso и соавт. объединенные анализы отдельных составляющих диеты показали, что наилучшие профилактические эффекты диеты, вероятно, в большей степени связаны с потреблением оливкового масла, фруктов, овощей и бобовых [79]. В объединенном анализе РКИ риск сердечно-сосудистой смертности, а также частоты ИМ и инсульта в среднем снизился на 40%. В другом метаанализе проспективных когортных исследований выявлено снижение риска фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий на 10% при увеличении приверженности к средиземноморской диете на 2 балла, однако самостоятельный анализ отдельных специфических исходов, таких как риск ИБС, ИМ и инсульта, не проводился [74].

Исследование PREDIMED является одним из наиболее известных РКИ по оценке больших сердечно-сосудистых событий (Major Adverse Cardiac Events, MACE), таких как смерть, ИМ, инсульт. Это исследование оценивало эффекты средиземноморской диеты, обогащенной оливковым маслом или орехами [80, 81]. Хотя из-за некоторых проблем процедуры рандомизации первоначальный отчет, опубликованный в 2013 г., был отозван, в пересмотренном отчете были подтверждены кардиопротективные эффекты средиземноморской диеты: ОР для MACE при использовании средиземноморской диеты, обогащенной оливковым маслом или орехами, соответственно составил 0,69 (95% ДИ 0,53–0,91) и 0,72 (95% ДИ 0,54–0,95) по сравнению с контрольной диетой (общие рекомендации по ограничению потребления жиров). Это исследование показало, что применение модели средиземноморской диеты, обогащенной оливковым маслом или орехами, позволяет снизить частоту конечных сердечно-сосудистых точек (ИМ, инсульт или сердечно-сосудистая смерть) примерно на 30% по сравнению с диетой с низким содержанием жира.

### Современные рекомендации для пациентов для снижения кардиологического риска

В табл. 2 и 3 приводится сводная информация по рекомендуемому потреблению пищевых веществ, а также практические рекомендации по питанию для снижения кардиологического риска.

### Историческая справка

История отечественной диетологии неразрывно связана с Клиникой лечебного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (в прошлом – Институт питания РАМН). Несомненный вклад в формирование и совершенствование системы оказания диетологической помощи пациентам кардиологического профиля внесли сотрудники отделения сердечно-сосудистой патологии.

Это отделение было организовано доктором медицинских наук, профессором Л.Ф. Лимчером. Под его руководством в 1930–1952 гг. в отделении разрабатывали методы диетотерапии при ССЗ: ИБС, ИМ, ГБ, сердечной недостаточности, заболеваниях почек и др. Результаты научных исследований сотрудников отделения были опубликованы в различных медицинских журналах, монографиях, в том числе в руководстве под редакцией М.И. Певзнера «Основы лечебного питания». С 1952 по 1953 г., когда отделением руководил кандидат медицинских наук Г.Е. Сорокин, большое внимание уделяли изучению влияния алиментарных факторов на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. В 1953–1965 гг. под руководством доктора медицинских наук, профессора В.П. Соколовского в отделении изучали особенности и изменение кислотно-щелочного баланса у пациентов с кардиологической патологией под воздействием лечебных рационов. В 1965–1989 гг. отделением руководил член-корреспондент РАМН, доктор медицинских наук, профессор М.А. Самсонов – заслуженный деятель науки СССР, главный диетолог Минздрава СССР, почетный член Европейского союза нутрициологов. Основным направлением деятельности отделения в этот период была разработка патогенетически обоснованных лечебных диет в зависимости от фазы, тяжести заболевания и сопутствующей патологии. Были выпущены рекомендации по потреблению жиров, углеводов, поваренной соли, а также соотношению натрия и калия в диетах при ИБС, дислипидемии, ГБ, сердечной недостаточности

**Таблица 2.** Рекомендуемый уровень суточного потребления пищевых веществ для снижения кардиологического риска (в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения)

**Table 2.** Recommended daily intake of nutrients to reduce cardiac risk (according to World Health Organization guidelines)

Пищевые вещества <i>Nutrients</i>	Рекомендуемый уровень потребления <i>Dietary Reference Intakes</i>
Жиры	Снижение до 30% энергии
Насыщенные жиры	<10% энергии
Мононенасыщенные жирные кислоты	10% энергии
Полиненасыщенные жирные кислоты	6–10% энергии
Трансжиры	<1% энергии
Углеводы	55–75% энергии
Свободные сахара	<10% энергии
Пищевые волокна	Увеличение до 30 г/сут
Соль	Снижение среднего потребления <5 г/сут (эквивалентно потреблению натрия <2 г/сут)*

\* – государства – члены ВОЗ выдвинули цель по сокращению глобального потребления соли на 30% к 2025 г.

и др. Разработаны научно обоснованные диеты с оптимальным содержанием и качественным составом белка при ревматологических заболеваниях, хронической почечной недостаточности, нефротическом синдроме. Были сформулированы принципы составления индивидуальной диеты, редуцированной по калорийности, для пациентов с ожирением. В 1980-х гг. проводили

**Таблица 3.** Практические рекомендации по питанию для снижения кардиологического риска

**Table 3.** Practical nutritional guidelines to reduce cardiac risk

Ключевые принципы <i>Key principles</i>	Примеры <i>Examples</i>	Комментарии <i>Commentary</i>
Потребляйте адекватное количество белка для предотвращения потери мышечной массы тела	Источники качественного белка: постное мясо, молочные продукты, орехи	Особые указания для лиц пожилого возраста и при наличии почечной недостаточности
Ежедневно потребляйте как минимум 400 г или 5 порций разных фруктов и овощей	Разнообразные фрукты, корнеплоды, зеленые листовые овощи, например капуста, салат, шпинат; крестоцветные овощи	Предпочтительно в свежем или замороженном виде. Будьте внимательны к общему содержанию углеводов и сахара, особенно при наличии нарушений углеводного обмена
Потребляйте достаточное количество пищевых волокон	Выбирайте продукты с высоким содержанием клетчатки, например цельнозерновой хлеб, макароны из твердых сортов пшеницы	Будьте внимательны к размеру порции и общему количеству углеводов для улучшения контроля гликемии
Ограничьте потребление насыщенных жиров	Предпочтительно сокращение количества мучных и кондитерских изделий, а не молочных продуктов	Может потребоваться учет потребляемого количества яиц/холестерина у лиц с семейной гиперхолестеринемией
Потребляйте продукты, богатые ненасыщенными жирами	Орехи, семена, жирные сорта рыбы, оливковое масло – компоненты традиционной средиземноморской диеты	–
Потребляйте меньше соли	Выбирайте альтернативы для готовых продуктов с низким содержанием натрия	–
Используйте персонализированный и комплексный подход с учетом индивидуальных потребностей и сопутствующих заболеваний	Традиционная кардиопротективная диета богата овощами, фруктами, орехами, бобовыми и цельнозерновыми крупами, включает умеренное количество рыбы, морепродуктов и ферментированных молочных продуктов и небольшое количество красного мяса	Рассмотреть возможность снижения общего содержания углеводов, особенно при наличии нарушений углеводного обмена. Отдавать предпочтение растительным источникам белков и жиров

исследования эффективности растворимых и нерастворимых пищевых волокон при ССЗ. Под руководством М.А. Самсонова были защищены 36 кандидатских и 10 докторских диссертаций. Тематика диссертационных работ была связана с разработкой принципов дифференцированной диетотерапии при ИБС, ИМ и ГБ, изучением антикоагулянтных свойств морепродуктов, клинико-экономической оценкой эффективности диетотерапии при ССЗ. Отдельным направлением исследований было клинико-экспериментальное изучение на субклеточном уровне механизмов влияния диетотерапии на состояние ферментной регуляции метаболических процессов у пациентов с ССЗ и ожирением. Среди многочисленных печатных работ сотрудников отделения – 3-томное практическое руководство «Картошка блюд лечебного и рационального питания» (1995–1996, 2008), «Справочник по диетологии», который переиздан 3 издания (1981, 1992, 2002).

В 1989–1993 гг., в период руководства доктора медицинских наук, профессора А.В. Древалю, научная деятельность отделения была связана с разработкой новых методов диагностики и лечения сахарного диабета и его сосудистых осложнений, была создана компьютерная программа оценки фактического питания. В 1993–2002 гг. в отделении под руководством кандидата медицинских наук Г.Р. Покровской разрабатывали дифференцированную диетотерапию при ГБ. Большое внимание уделяли оценке эффективности разгрузочно-диетической терапии при ССЗ.

С 2002 г. в отделении под руководством доктора медицинских наук, профессора А.В. Погожевой, а затем доктора медицинских наук А.Р. Богданова разрабатывали и оценивали эффективность новых рационов, специализированных и диетических пищевых продуктов, биологически активных добавок к пище, содержащих белок и изофлавоны сои, витамины, минеральные вещества, флавоноиды, фитостерины, ПНЖК, пищевые волокна и др. Отдельным направлением исследований была разработка комплексных программ кардиореабилитации, включающих диетотерапию и протокольные дозированные физические нагрузки, для кардиологических пациентов терапевтического и хирургического профиля в периперационном периоде, в том числе для пациентов с терминальной сердечной недостаточностью, нуждающихся в трансплантации сердца.

В настоящее время, наряду с продолжением работы по традиционным для отделения направлениям, в научных исследованиях сделан акцент на диетологическую профилактику ССЗ и когнитивных нарушений,

совершенствование оказания диетологической помощи людям пожилого и старческого возраста, на основе методов традиционной и персонализированной диетотерапии разрабатываются и внедряются комплексные программы лечения ожирения, ССЗ и ассоциированных с ними заболеваний.

### Заключение

Эпидемиологические и клинические исследования продемонстрировали положительное влияние здорового оптимального питания, определенных диетологических подходов на снижение сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности. Рекомендации, базирующиеся исключительно на макронутриентном составе рациона, недостаточны. Более целесообразно назначать и проводить оценку кардиопротективных эффектов различных моделей питания. Накоплена доказательная база для таких моделей питания, как диета DASH и средиземноморская диета, основанных на включении в рацион определенных пищевых продуктов, учете их количества, преимущественном потреблении продуктов растительного происхождения. Существует острая потребность в разработке и внедрении новых методов оценки фактического питания, пищевого статуса и эффективности диетотерапии. Сейчас в основном наши знания базируются на основе результатов проспективных исследований и ограниченного количества РКИ. Поэтому дальнейшее проведение крупномасштабных тщательно спланированных исследований в области кардионутрициологии со строгим дизайном, жесткими конечными точками и надежными индикаторами представляется оправданным. Еще одним перспективным направлением является дальнейшее изучение кардиопротективных свойств биологически активных соединений для более фундаментального понимания механизмов их действия, а также синергических и антагонистических эффектов. Расширение знаний в области профилактической и лечебной диетотерапии ССЗ позволит реализовать наиболее эффективный персонализированный подход, который предполагает гибкость и адаптацию рекомендаций к потребностям конкретного человека с учетом индивидуальных особенностей и сопутствующих заболеваний. Но только наличие квалифицированных кадров диетологической службы позволит в полной мере реализовать потенциал диетологии и нутрициологии в профилактике, лечении и реабилитации пациентов с ССЗ и снижении сердечно-сосудистой смертности.

### Сведения об авторах

*Стародубова Антонина Владимировна (Antonina V. Starodubova)* – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением сердечно-сосудистой патологии, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры факультетской терапии лечебного факультета ФGAOY BO PНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: avs.ion@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9262-9233>

Ливанцова Елена Николаевна (*Elena N. Livantsova*) – младший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой патологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: medeliux@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5670-9607>

Дербенева Светлана Анатольевна (*Svetlana A. Derbeneva*) – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой патологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sderbeneva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1876-1230>

Косюра Светлана Дмитриевна (*Svetlana D. Kosyura*) – кандидат медицинских наук, доцент, доцент организационно-аналитического отдела ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», доцент кафедры факультетской терапии лечебного факультета ФGAOU ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

kosyurasd@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2634-8067>

Поленова Наталья Валерьевна (*Natalya V. Polenova*) – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой патологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: nvp.ion@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2760-0607>

Вараева Юргита Руслановна (*Yurgita R. Varaeva*) – младший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой патологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: yurgitavaraeva@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5274-2773>

## Литература

- International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 8th ed., 2017. URL: <http://www.diabetesatlas.org>
- WHO. Cardiovascular Diseases (CVDs). Geneva, Switzerland : World Health Organization, 2017. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-cvds>
- Стратегия развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года. Указ Президента Российской Федерации от 06 июня 2019 г. № 254. Москва, 2019.
- Россия в цифрах 2019. Краткий статистический сборник. Москва : Росстат, 2019.
- Salehi-Abargouei A., Maghsoudi Z., Shirani F. et al. Effects of Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH)-style diet on fatal or nonfatal cardiovascular diseases – incidence: a systematic review and meta-analysis on observational prospective studies // *Nutrition*. 2013. Vol. 29. P. 611–618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.12.018>
- Chiavaroli L., Vigiuliuok E., Nishi S.K. et al. DASH dietary pattern and cardiometabolic outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, N 2. Article ID E338. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11020338>
- Lin J.S., O'Connor E.A., Evans C.V. et al. U.S. Preventive Services Task Force Evidence Syntheses, formerly Systematic Evidence Reviews, Behavioral Counseling to Promote a Healthy Lifestyle for Cardiovascular Disease Prevention in Persons With Cardiovascular Risk Factors: An Updated Systematic Evidence Review for the U.S. Preventive Services Task Force. Rockville, MD : Agency for Healthcare Research and Quality (US), 2014. Report No. 13-05179-EF-1. DOI: <https://doi.org/10.7326/m14-0130>
- Chiavaroli L., Nishi S.K., Khan T.A. et al. Portfolio dietary pattern and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of controlled trials // *Prog. Cardiovasc. Dis*. 2018. Vol. 61. P. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.05.004>
- Feng Q., Fan S., Wu Y., Zhou D., Zhao R., Liu M. et al. Adherence to the dietary approaches to stop hypertension diet and risk of stroke // *Medicine*. 2018. Vol. 97. Article ID e12450. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.00000000000012450>
- Reedy J., Krebs-Smith S.M., Miller P.E. et al. Higher diet quality is associated with decreased risk of all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality among older adults // *J. Nutr*. 2014. Vol. 144. P. 881–889. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.113.189407>
- Schwingshackl L., Bogensberger B., Hoffmann G. Diet quality as assessed by the healthy eating index, alternate healthy eating index, dietary approaches to stop hypertension score, and health outcomes: an updated systematic review and meta-analysis of cohort studies // *J. Acad. Nutr. Diet*. 2018. Vol. 118. P. 74–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.08.024>
- Liese A.D., Krebs-Smith S.M., Subar A.F. et al. The dietary patterns methods project: synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance // *J. Nutr*. 2015. Vol. 145. P. 393–402. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.114.205336>
- World health Organization. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control, 2011. URL: [https://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/publications/atlas\\_cvd/en/](https://www.who.int/cardiovascular_diseases/publications/atlas_cvd/en/)
- Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology // *Curr. Opin. Lipidol*. 2002. Vol. 13. P. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.1097/00041433-200202000-00002>
- Chen C.Y., Milbury P.E., Lapsley K., Blumberg J.B. Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation // *J. Nutr*. 2005. Vol. 135. P. 1366–1373. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1366>
- Hattori Y., Jojima T., Tomizawa A., Satoh H., Hattori S., Kasai K. et al. A glucagon-like peptide-1 (GLP-1) analogue, liraglutide, upregulates nitric oxide production and exerts anti-inflammatory action in endothelial cells // *Diabetologia*. 2010. Vol. 53. P. 2256–2263. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00125-010-1831-8>
- Esmeijer K., Geleijnse J.M., de Fijter J.W. et al. Dietary protein intake and kidney function decline after myocardial infarction: the alpha omega cohort // *Nephrol. Dial. Transplant*. 2020. Vol. 35, N 1. P. 106–115. DOI: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz015>
- Virtanen H.E.K., Voutilainen S., Koskinen T.T. et al. Dietary proteins and protein sources and risk of death: the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study // *Am. J. Clin. Nutr*. 2019. Vol. 109. P. 1462–1471. URL: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz025>
- Lagiou P., Sandin S., Lof M., Trichopoulos D., Adami H.O., Weiderpass E. Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study // *BMJ*. 2012. Vol. 344. Article ID e4026. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.e4026>

20. Fung T.T., van Dam R.M., Hankinson S.E., Stampfer M., Willett W.C., Hu F.B. Low-carbohydrate diets and all-cause and cause-specific mortality: two cohort studies // *Ann. Intern. Med.* 2010. Vol. 153. P. 289–298. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-5-201009070-00003>
21. O'Connor L.E., Paddon-Jones D., Wright A.J. et al. A Mediterranean-style eating pattern with lean, unprocessed red meat has cardiometabolic benefits for adults who are overweight or obese in a randomized, crossover, controlled feeding trial // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 108. P. 33–40. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy075>
22. Guasch-Ferré M., Satija A., Blondin S.A. et al. Meta-analysis of randomized controlled trials of red meat consumption in comparison with various comparison diets on cardiovascular risk factors // *Circulation.* 2019. Vol. 139. P. 1828–1845. DOI: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.118.035225>
23. Franzke B., Neubauer O., Cameron-Smith D. et al. Dietary protein, muscle and physical function in the very old // *Nutrients.* 2018. Vol. 10. Article ID 935. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10070935>
24. Mentz A., de Koning L., Shannon H.S., Anand S.S. A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease // *Arch. Intern. Med.* 2009. Vol. 169. P. 659–669. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.38>
25. Fan J., Song Y., Wang Y., Hui R., Zhang W. Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of coronary heart disease, stroke, and stroke mortality: a systematic review with meta-analysis // *PLoS One.* 2012. Vol. 7. Article ID e52182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052182>
26. Livesey G., Livesey H. Coronary heart disease and dietary carbohydrate, glycemic index, and glycemic load: dose-response meta-analyses of prospective cohort studies // *Mayo Clin. Proc. Innov. Qual. Outcomes.* 2019. Vol. 3, N 1. P. 52–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2018.12.007>
27. Dong J.Y., Zhang Y.H., Wang P., Qin L.Q. Meta-analysis of dietary glycemic load and glycemic index in relation to risk of coronary heart disease // *Am. J. Cardiol.* 2012. Vol. 109. P. 1608–1613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.01.385>
28. Mursu J., Virtanen J.K., Rissanen T.H., Tuomainen T.P., Nykänen I., Laukkanen J.A. et al. Glycemic index, glycemic load, and the risk of acute myocardial infarction in Finnish men: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2011. Vol. 21. P. 144–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2009.08.001>
29. Bhupathiraju S.N., Tobias D.K., Malik V.S., Pan A., Hruby A., Manson J.E. et al. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis // *Am. J. Clin. Nutr.* 2014. Vol. 100. P. 218–232. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.079533>
30. Dehghan M., Mentz A., Zhang X. et al. Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study // *Lancet.* 2017. Vol. 390. P. 2050–2062. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32252-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32252-3)
31. Seidelmann S.B., Claggett B., Cheng S. et al. Dietary carbohydrate intake and mortality: a prospective cohort study and meta-analysis // *Lancet Public Health.* 2018. Vol. 3. P. e419–e428. DOI: [https://doi.org/10.1016/s2468-2667\(18\)30135-x](https://doi.org/10.1016/s2468-2667(18)30135-x)
32. Li S., Flint A., Pai J.K. et al. Low carbohydrate diet from plant or animal sources and mortality among myocardial infarction survivors // *J. Am. Heart Assoc.* 2014. Vol. 3. Article ID e001169. URL: <https://doi.org/10.1161/jaha.114.001169>
33. Li S., Flint A., Pai J.K. et al. Dietary fiber intake and mortality among survivors of myocardial infarction: prospective cohort study // *BMJ.* 2014. Vol. 348. Article ID g2659. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2659>
34. Kelly S.A., Hartley L., Loveman E. et al. Whole grain cereals for the primary or secondary prevention of cardiovascular disease // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017. Vol. 8. CD005051. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005051.pub3>
35. Hooper L., Martin N., Abdelhamid A. et al. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015. Vol. 6. CD011737. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd011737>
36. Zhuang P., Zhang Y., He W. et al. Dietary fats in relation to total and cause-specific mortality in a prospective cohort of 521 120 individuals with 16 years of follow-up // *Circ. Res.* 2019. Vol. 124. P. 757–768. DOI: <https://doi.org/10.1161/circresaha.118.314038>
37. Salehi B., Lopez-Jornet P., Pons-Fuster López E., Calina D., Sharifi-Rad M., Ramirez-Alarcón K. et al. Plant-derived bioactives in oral mucosal lesions: a key emphasis to curcumin, lycopene, chamomile, aloe vera, green tea and coffee properties // *Biomolecules.* 2019. Vol. 9. P. 106. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom9030106>
38. Martínez-González M.A., Fernández-Jarne E., Serrano-Martínez M., Wright M., Gomez-Gracia E. Development of a short dietary intake questionnaire for the quantitative estimation of adherence to a cardioprotective Mediterranean diet // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2004. Vol. 58. P. 1550–1552. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602004>
39. Stull A., Cash K., Champagne C., Gupta A., Boston R., Beyl R. et al. Blueberries improve endothelial function, but not blood pressure, in adults with metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial // *Nutrients.* 2015. Vol. 7. P. 4107–4123. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7064107>
40. Basu A., Du M., Leyva M.J., Sanchez K., Betts N.M., Wu M. et al. Blueberries decrease cardiovascular risk factors in obese men and women with metabolic syndrome // *J. Nutr.* 2010. Vol. 140. P. 1582–1587. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.110.124701>
41. Goszcz K., Duthie G.G., Stewart D., Leslie S.J., Megson I.L. Bioactive polyphenols and cardiovascular disease: chemical antagonists, pharmacological agents or xenobiotics that drive an adaptive response? // *Br. J. Pharmacol.* 2017. Vol. 174. P. 1209–1225. DOI: <https://doi.org/10.1111/bph.13708>
42. Wallace T.C. Anthocyanins in cardiovascular disease // *Adv. Nutr.* 2011. Vol. 2. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.110.000042>
43. Tresserra-Rimbau A., Rimm E.B., Medina-Remón A., Martínez-González M.A., de la Torre R., Corella D. et al. Inverse association between habitual polyphenol intake and incidence of cardiovascular events in the PREDIMED study // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2014. Vol. 24. P. 639–647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.12.014>
44. Chao S.C., Chen Y.J., Huang K.H., Kuo K.L., Yang T.H., Huang K.Y. et al. Induction of sirtuin-1 signaling by resveratrol induces human chondrosarcoma cell apoptosis and exhibits antitumor activity // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. P. 3180. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03635-7>
45. Artero A., Artero A., Tarín J.J., Cano A. The impact of moderate wine consumption on health // *Maturitas.* 2015. Vol. 80. P. 3–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.09.007>
46. Borriello A., Cucciolla V., Della Ragione F., Galletti P. Dietary polyphenols: focus on resveratrol, a promising agent in the prevention of cardiovascular diseases and control of glucose homeostasis // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2010. Vol. 20. P. 618–625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2010.07.004>
47. Zordoky B.N.M., Robertson I.M., Dyck J.R.B. Preclinical and clinical evidence for the role of resveratrol in the treatment of cardiovascular diseases // *Biochem. Biophys. Acta.* 2015. Vol. 1852. P. 1155–1177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2014.10.016>
48. Asgary S., Sahebkar A., Afshani M.R., Keshvari M., Haghjooy-javanmard S., Raffeian-Kopaei M. Clinical evaluation of blood pressure lowering, endothelial function improving, hypolipidemic and anti-inflammatory effects of pomegranate juice in hypertensive subjects // *Phytother. Res.* 2014. Vol. 28. P. 193–199. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.4977>
49. Dohadwala M.M., Holbrook M., Hamburg N.M., Shenouda S.M., Chung W.B., Titas M. et al. Effects of cranberry juice consumption on vascular function in patients with coronary artery disease // *Am. J. Clin. Nutr.* 2011. Vol. 93. P. 934–940. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.004242>
50. Investigators G.-P. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial // *Lancet.* 1999. Vol. 354. P. 447–455. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)07072-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5)

51. Yokoyama M., Origasa H., Matsuzaki M., Matsuzawa Y., Saito Y., Ishikawa Y. et al. Effects of eicosapentaenoic acid on major coronary events in hypercholesterolaemic patients (JELIS): a randomised open-label, blinded endpoint analysis // *Lancet*. 2007. Vol. 369. P. 1090–1098. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)60527-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)60527-3)
52. Rauch B., Schiele R., Schneider S., Diller F., Victor N., Gohlke H. et al. OMEGA, a randomized, placebo-controlled trial to test the effect of highly purified omega-3 fatty acids on top of modern guideline-adjusted therapy after myocardial infarction // *Circulation*. 2010. Vol. 122. P. 2152–2159. DOI: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.948562>
53. ORIGIN Trial Investigators. n-3 fatty acids and cardiovascular outcomes in patients with dysglycemia // *N. Engl. J. Med.* 2012. Vol. 367. P. 309–318. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1203859>
54. Group A.S.C. Effects of aspirin for primary prevention in persons with diabetes mellitus // *N. Engl. J. Med.* 2018. Vol. 379. P. 1529–1539. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1804988>
55. Manson J.E., Bassuk S.S., Lee I.M., Cook N.R., Albert M.A., Gordon D. et al. The VITamin D and Omega-3 Trial (VITAL): Rationale and design of a large randomized controlled trial of vitamin D and marine omega-3 fatty acid supplements for the primary prevention of cancer and cardiovascular disease // *Contemp. Clin. Trials*. 2012. Vol. 33. P. 159–171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cct.2011.09.009>
56. Keaney J.F., Rosen C.J. VITAL signs for dietary supplementation to prevent cancer and heart disease // *N. Engl. J. Med.* 2019. Vol. 380. P. 91–93. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejme1814933>
57. Abedi E., Mohammad A.S. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties // *Food Sci. Nutr.* 2014. Vol. 2. P. 443–463. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.121>
58. Roncaglioni M.C., Tombesi M., Avanzini F., Barlera S., Caimi V., Longoni P. et al. n-3 fatty acids in patients with multiple cardiovascular risk factors // *N. Engl. J. Med.* 2013. Vol. 368. P. 1800. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1205409>
59. Kwak S.M., Myung S.K., Lee Y.J., Seo H.G.; Korean Meta-analysis Study Group. Efficacy of omega-3 fatty acid supplements (eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid) in the secondary prevention of cardiovascular disease: a meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials // *Arch. Intern. Med.* 2012. Vol. 172. P. 686–694. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2012.262>
60. Aung T., Halsey J., Kromhout D. et al. Associations of omega-3 fatty acid supplement use with cardiovascular disease risks: meta-analysis of 10 trials involving 77 917 individuals // *JAMA Cardiol.* 2018. Vol. 3. P. 225–233. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2017.5205>
61. Bhatt D.L., Steg P.G., Miller M. et al. Effects of icosapent ethyl on total ischemic events // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019. Vol. 73. P. 2791–2802. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.032>
62. Hooper L., Al-Khudairy L., Abdelhamid A.S. et al. Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2018. Vol. 11. CD011094. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd011094.pub3>
63. Bhupathiraju S.N., Tucker K.L. Coronary heart disease prevention: nutrients, foods, and dietary patterns // *Clin. Chim. Acta.* 2011. Vol. 412. P. 1493–1514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2011.04.038>
64. Schwingshackl L., Chaimani A., Schwedhelm C., Toledo E., Püsch M., Hoffmann G. et al. Comparative effects of different dietary approaches on blood pressure in hypertensive and prehypertensive patients: a systematic review and network meta-analysis // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019. Vol. 59, N 16. P. 2674–2687. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1463967>
65. Parikh A., Lipsitz S.R., Natarajan S. Association between a DASH-like diet and mortality in adults with hypertension: findings from a population-based follow-up study // *Am. J. Hypertens.* 2009. Vol. 22. P. 409–416. DOI: <https://doi.org/10.1038/ajh.2009.10>
66. Folsom A.R., Parker E.D., Harnack L.J. Degree of concordance with DASH diet guidelines and incidence of hypertension and fatal cardiovascular disease // *Am. J. Hypertens.* 2007. Vol. 20. P. 225–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjhyper.2006.09.003>
67. Fung T.T., Chiuve S.E., McCullough M.L. et al. Adherence to a DASH-style diet and risk of coronary heart disease and stroke in women // *Arch. Intern. Med.* 2008. Vol. 168. P. 713–720. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinte.168.7.713>
68. Agnoli C., Krogh V., Grioni S. et al. A priori-defined dietary patterns are associated with reduced risk of stroke in a large Italian cohort // *J. Nutr.* 2011. Vol. 141. P. 1552–1558. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.111.140061>
69. Levitan E.B., Wolk A., Mittleman M.A. Relation of consistency with the dietary approaches to stop hypertension diet and incidence of heart failure in men aged 45 to 79 years // *Am. J. Cardiol.* 2009. Vol. 104. P. 1416–1420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.06.061>
70. Levitan E.B., Wolk A., Mittleman M.A. Consistency with the DASH diet and incidence of heart failure // *Arch. Intern. Med.* 2009. Vol. 169. P. 851–857. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.56>
71. Azadbakht L., Fard N.R., Karimi M. et al. Effects of the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) eating plan on cardiovascular risks among type 2 diabetic patients: a randomized crossover clinical trial // *Diabetes Care.* 2011. Vol. 34. P. 55–57. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc10-0676>
72. Blumenthal J.A., Babyak M.A., Sherwood A. et al. Effects of the dietary approaches to stop hypertension diet alone and in combination with exercise and caloric restriction on insulin sensitivity and lipids // *Hypertension.* 2010. Vol. 55. P. 1199–1205. DOI: <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.109.149153>
73. Shirani F., Salehi-Abargouei A., Azadbakht L. Effects of Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet on some risk for developing type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis on controlled clinical trials // *Nutrition.* 2013. Vol. 29. P. 939–947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.12.021>
74. Sofi F., Macchi C., Abbate R. et al. Mediterranean diet and health status: an updated meta-analysis and a proposal for a literature-based adherence score // *Public Health Nutr.* 2014. Vol. 17. P. 2769–2782. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1368980013003169>
75. Eleftheriou D., Benetou V., Trichopoulou A. et al. Mediterranean diet and its components in relation to all-cause mortality: meta-analysis // *Br. J. Nutr.* 2018. Vol. 120. P. 1081–1097. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0007114518002593>
76. Kastorini C.M., Milionis H.J., Esposito K. et al. The effect of Mediterranean diet on metabolic syndrome and its components: a meta-analysis of 50 studies and 534,906 individuals // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011. Vol. 57. P. 1299–1313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.09.073>
77. Rosato V., Temple N.J., La Vecchia C. et al. Mediterranean diet and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies // *Eur. J. Nutr.* 2019. Vol. 58. P. 173–191. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1582-0>
78. Whalen K.A., Judd S., McCullough M.L. et al. Paleolithic and Mediterranean diet pattern are inversely associated with all-cause and cause-specific mortality in adults // *J. Nutr.* 2017. Vol. 147. P. 612–620. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.116.241919>
79. Grosso G., Marventano S., Yang J. et al. A comprehensive meta-analysis on evidence of Mediterranean diet and cardiovascular disease: are individual components equal? // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017. Vol. 57. P. 3218–3232. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1107021>
80. Estruch R., Ros E., Salas-Salvadó J. et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet // *N. Engl. J. Med.* 2013. Vol. 368, N 14. P. 1279–1290. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1200303>
81. Estruch R., Ros E., Salas-Salvadó J. et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts // *N. Engl. J. Med.* 2018. Vol. 378. P. e34(1)–e34(14). DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1800389>

## References

- International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 8<sup>th</sup> ed., 2017. URL: <http://www.diabetesatlas.org>
- WHO. Cardiovascular Diseases (CVDs). Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2017. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Healthcare development strategy in the Russian Federation for the period until 2025. Decree of the President of the Russian Federation of June 6, 2019 No. 254. Moscow, 2019. (in Russian)
- Russia in numbers 2019. A brief statistical compilation. Moscow: Rosstat, 2019. (in Russian)
- Salehi-Abargouei A., Maghsoudi Z., Shirani F., et al. Effects of Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH)-style diet on fatal or nonfatal cardiovascular diseases – incidence: a systematic review and meta-analysis on observational prospective studies. *Nutrition*. 2013; 29: 611–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.12.018>
- Chiavaroli L., Viguiliouk E., Nishi S.K., et al. DASH dietary pattern and cardiometabolic outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients*. 2019; 11 (2): E338. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11020338>
- Lin J.S., O'Connor E.A., Evans C.V., et al. U.S. Preventive Services Task Force Evidence Syntheses, formerly Systematic Evidence Reviews, Behavioral Counseling to Promote a Healthy Lifestyle for Cardiovascular Disease Prevention in Persons with Cardiovascular Risk Factors: An Updated Systematic Evidence Review for the U.S. Preventive Services Task Force. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality (US), 2014. Report No. 13-05179-EF-1. DOI: <https://doi.org/10.7326/m14-0130>
- Chiavaroli L., Nishi S.K., Khan T.A., et al. Portfolio dietary pattern and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Prog Cardiovasc Dis*. 2018; 61: 43–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.05.004>
- Feng Q., Fan S., Wu Y., Zhou D., Zhao R., Liu M., et al. Adherence to the dietary approaches to stop hypertension diet and risk of stroke. *Medicine*. 2018; 97: e12450. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.00000000000012450>
- Reedy J., Krebs-Smith S.M., Miller P.E., et al. Higher diet quality is associated with decreased risk of all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality among older adults. *J Nutr*. 2014; 144: 881–9. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.113.189407>
- Schwingshackl L., Bogensberger B., Hoffmann G. Diet quality as assessed by the healthy eating index, alternate healthy eating index, dietary approaches to stop hypertension score, and health outcomes: an updated systematic review and meta-analysis of cohort studies. *J Acad Nutr Diet*. 2018; 118: 74–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.08.024>
- Liese A.D., Krebs-Smith S.M., Subar A.F., et al. The dietary patterns methods project: synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance. *J Nutr*. 2015; 145: 393–402. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.114.205336>
- World health Organization. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control, 2011. URL: [https://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/publications/atlas\\_cvd/en/](https://www.who.int/cardiovascular_diseases/publications/atlas_cvd/en/)
- Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol*. 2002; 13: 3–9. DOI: <https://doi.org/10.1097/00041433-200202000-00002>
- Chen C.Y., Milbury P.E., Lapsley K., Blumberg J.B. Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *J Nutr*. 2005; 135: 1366–73. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1366>
- Hattori Y., Jojima T., Tomizawa A., Satoh H., Hattori S., Kasai K., et al. A glucagon-like peptide-1 (GLP-1) analogue, liraglutide, upregulates nitric oxide production and exerts anti-inflammatory action in endothelial cells. *Diabetologia*. 2010; 53: 2256–63. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00125-010-1831-8>
- Esmeijer K., Geleijnse J.M., de Fijter J.W., et al. Dietary protein intake and kidney function decline after myocardial infarction: the alpha omega cohort. *Nephrol Dial Transplant*. 2020; 35 (1): 106–15. DOI: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz015>
- Virtanen H.E.K., Voutilainen S., Koskinen T.T., et al. Dietary proteins and protein sources and risk of death: the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study. *Am J Clin Nutr*. 2019; 109: 1462–71. URL: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz025>
- Lagiou P., Sandin S., Lof M., Trichopoulos D., Adami H.O., Weiderpass E. Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study. *BMJ*. 2012; 344: e4026. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.e4026>
- Fung T.T., van Dam R.M., Hankinson S.E., Stampfer M., Willett W.C., Hu F.B. Low-carbohydrate diets and all-cause and cause-specific mortality: two cohort studies. *Ann Intern Med*. 2010; 153: 289–98. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-5-201009070-00003>
- O'Connor L.E., Paddon-Jones D., Wright A.J., et al. A Mediterranean-style eating pattern with lean, unprocessed red meat has cardiometabolic benefits for adults who are overweight or obese in a randomized, crossover, controlled feeding trial. *Am J Clin Nutr*. 2018; 108: 33–40. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy075>
- Guasch-Ferré M., Satija A., Blondin S.A., et al. Meta-analysis of randomized controlled trials of red meat consumption in comparison with various comparison diets on cardiovascular risk factors. *Circulation*. 2019; 139: 1828–45. DOI: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.118.035225>
- Franzke B., Neubauer O., Cameron-Smith D., et al. Dietary protein, muscle and physical function in the very old. *Nutrients*. 2018; 10: 935. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10070935>
- Mente A., de Koning L., Shannon H.S., Anand S.S. A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease. *Arch Intern Med*. 2009; 169: 659–69. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.38>
- Fan J., Song Y., Wang Y., Hui R., Zhang W. Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of coronary heart disease, stroke, and stroke mortality: a systematic review with meta-analysis. *PLoS One*. 2012; 7: e52182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052182>
- Livesey G., Livesey H. Coronary heart disease and dietary carbohydrate, glycemic index, and glycemic load: dose-response meta-analyses of prospective cohort studies. *Mayo Clin Proc Innov Qual Outcomes*. 2019; 3 (1): 52–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2018.12.007>
- Dong J.Y., Zhang Y.H., Wang P., Qin L.Q. Meta-analysis of dietary glycemic load and glycemic index in relation to risk of coronary heart disease. *Am J Cardiol*. 2012; 109: 1608–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.01.385>
- Mursu J., Virtanen J.K., Rissanen T.H., Tuomainen T.P., Nykänen I., Laukkanen J.A., et al. Glycemic index, glycemic load, and the risk of acute myocardial infarction in Finnish men: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2011; 21: 144–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2009.08.001>
- Bhupathiraju S.N., Tobias D.K., Malik V.S., Pan A., Hruby A., Manson J.E., et al. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2014; 100: 218–32. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.079533>
- Dehghan M., Mente A., Zhang X., et al. Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (pure): a prospective cohort study. *Lancet*. 2017; 390: 2050–62. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32252-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32252-3)
- Seidemann S.B., Claggett B., Cheng S., et al. Dietary carbohydrate intake and mortality: a prospective cohort study and meta-analysis. *Lancet Public Health*. 2018; 3: e419–28. DOI: [https://doi.org/10.1016/s2468-2667\(18\)30135-x](https://doi.org/10.1016/s2468-2667(18)30135-x)

32. Li S., Flint A., Pai J.K., et al. Low carbohydrate diet from plant or animal sources and mortality among myocardial infarction survivors. *J Am Heart Assoc.* 2014; 3: e001169. URL: <https://doi.org/10.1161/jaha.114.001169>
33. Li S., Flint A., Pai J.K., et al. Dietary fiber intake and mortality among survivors of myocardial infarction: prospective cohort study. *BMJ.* 2014; 348: g2659. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2659>
34. Kelly S.A., Hartley L., Loveman E., et al. Whole grain cereals for the primary or secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 8: CD005051. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005051.pub3>
35. Hooper L., Martin N., Abdelhamid A., et al. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015; 6: CD011737. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd011737>
36. Zhuang P., Zhang Y., He W., et al. Dietary fats in relation to total and cause-specific mortality in a prospective cohort of 521 120 individuals with 16 years of follow-up. *Circ Res.* 2019; 124: 757–68. DOI: <https://doi.org/10.1161/circresaha.118.314038>
37. Salehi B., Lopez-Jornet P., Pons-Fuster López E., Calina D., Sharifi-Rad M., Ramirez-Alarcón K., et al. Plant-derived bioactives in oral mucosal lesions: a key emphasis to curcumin, lycopene, chamomile, aloe vera, green tea and coffee properties. *Biomolecules.* 2019; 9: 106. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom9030106>
38. Martínez-González M.A., Fernández-Jarne E., Serrano-Martínez M., Wright M., Gomez-Gracia E. Development of a short dietary intake questionnaire for the quantitative estimation of adherence to a cardioprotective Mediterranean diet. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58: 1550–52. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602004>
39. Stull A., Cash K., Champagne C., Gupta A., Boston R., Beyl R., et al. Blueberries improve endothelial function, but not blood pressure, in adults with metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Nutrients.* 2015; 7: 4107–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7064107>
40. Basu A., Du M., Leyva M.J., Sanchez K., Betts N.M., Wu M., et al. Blueberries decrease cardiovascular risk factors in obese men and women with metabolic syndrome. *J Nutr.* 2010; 140: 1582–7. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.110.124701>
41. Goszcz K., Duthie G.G., Stewart D., Leslie S.J., Megson I.L. Bioactive polyphenols and cardiovascular disease: chemical antagonists, pharmacological agents or xenobiotics that drive an adaptive response? *Br J Pharmacol.* 2017; 174: 1209–25. DOI: <https://doi.org/10.1111/bph.13708>
42. Wallace T.C. Anthocyanins in cardiovascular disease. *Adv Nutr.* 2011; 2: 1–7. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.110.000042>
43. Tresserra-Rimbau A., Rimm E.B., Medina-Remón A., Martínez-González M.A., de la Torre R., Corella D., et al. Inverse association between habitual polyphenol intake and incidence of cardiovascular events in the PREDIMED study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2014; 24: 639–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.12.014>
44. Chao S.C., Chen Y.J., Huang K.H., Kuo K.L., Yang T.H., Huang K.Y., et al. Induction of sirtuin-1 signaling by resveratrol induces human chondrosarcoma cell apoptosis and exhibits antitumor activity. *Sci Rep.* 2017; 7: 3180. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03635-7>
45. Artero A., Artero A., Tarín J.J., Cano A. The impact of moderate wine consumption on health. *Maturitas.* 2015; 80: 3–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.09.007>
46. Borriello A., Cucciolla V., Della Ragione F., Galletti P. Dietary polyphenols: focus on resveratrol, a promising agent in the prevention of cardiovascular diseases and control of glucose homeostasis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2010; 20: 618–25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2010.07.004>
47. Zordoky B.N.M., Robertson I.M., Dyck J.R.B. Preclinical and clinical evidence for the role of resveratrol in the treatment of cardiovascular diseases. *Biochem Biophys Acta.* 2015; 1852: 1155–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2014.10.016>
48. Asgary S., Sahebkar A., Afshani M.R., Keshvari M., Haghjooy-javanmard S., Rafieian-Kopaei M. Clinical evaluation of blood pressure lowering, endothelial function improving, hypolipidemic and anti-inflammatory effects of pomegranate juice in hypertensive subjects. *Phytother Res.* 2014; 28: 193–9. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.4977>
49. Dohadwala M.M., Holbrook M., Hamburg N.M., Shenouda S.M., Chung W.B., Titas M., et al. Effects of cranberry juice consumption on vascular function in patients with coronary artery disease. *Am J Clin Nutr.* 2011; 93: 934–40. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.004242>
50. Investigators G.-P. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet.* 1999; 354: 447–55. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)07072-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5)
51. Yokoyama M., Origasa H., Matsuzaki M., Matsuzawa Y., Saito Y., Ishikawa Y., et al. Effects of eicosapentaenoic acid on major coronary events in hypercholesterolaemic patients (JELIS): a randomised open-label, blinded endpoint analysis. *Lancet.* 2007; 369: 1090–8. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)60527-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)60527-3)
52. Rauch B., Schiele R., Schneider S., Diller F., Victor N., Gohlke H., et al. OMEGA, a randomized, placebo-controlled trial to test the effect of highly purified omega-3 fatty acids on top of modern guideline-adjusted therapy after myocardial infarction. *Circulation.* 2010; 122: 2152–9. DOI: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.948562>
53. ORIGIN Trial Investigators. n-3 fatty acids and cardiovascular outcomes in patients with dysglycemia. *N Engl J Med.* 2012; 367: 309–18. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1203859>
54. Group A.S.C. Effects of aspirin for primary prevention in persons with diabetes mellitus. *N Engl J Med.* 2018; 379: 1529–39. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1804988>
55. Manson J.E., Bassuk S.S., Lee I.M., Cook N.R., Albert M.A., Gordon D., et al. The VITamin D and Omega-3 Trial (VITAL): Rationale and design of a large randomized controlled trial of vitamin D and marine omega-3 fatty acid supplements for the primary prevention of cancer and cardiovascular disease. *Contemp Clin Trials.* 2012; 33: 159–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cct.2011.09.009>
56. Keaney J.F., Rosen C.J. VITAL signs for dietary supplementation to prevent cancer and heart disease. *N Engl J Med.* 2019; 380: 91–3. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejme1814933>
57. Abedi E., Mohammad A.S. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Sci Nutr.* 2014; 2: 443–63. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.121>
58. Roncaglioni M.C., Tombesi M., Avanzini F., Barlera S., Caimi V., Longoni P., et al. n-3 fatty acids in patients with multiple cardiovascular risk factors. *N Engl J Med.* 2013; 368: 1800. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1205409>
59. Kwak S.M., Myung S.K., Lee Y.J., Seo H.G.; Korean Meta-analysis Study Group. Efficacy of omega-3 fatty acid supplements (eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid) in the secondary prevention of cardiovascular disease: a meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. *Arch Intern Med.* 2012; 172: 686–94. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2012.262>
60. Aung T., Halsey J., Kromhout D., et al. Associations of omega-3 fatty acid supplement use with cardiovascular disease risks: meta-analysis of 10 trials involving 77 917 individuals. *JAMA Cardiol.* 2018; 3: 225–33. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2017.5205>
61. Bhatt D.L., Steg P.G., Miller M., et al. Effects of icosapent ethyl on total ischemic events. *J Am Coll Cardiol.* 2019; 73: 2791–802. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.032>
62. Hooper L., Al-Khudairy L., Abdelhamid A.S., et al. Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018; 11: CD011094. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd011094.pub3>
63. Bhupathiraju S.N., Tucker K.L. Coronary heart disease prevention: nutrients, foods, and dietary patterns. *Clin Chim Acta.* 2011; 412: 1493–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2011.04.038>

64. Schwingshackl L., Chaimani A., Schwedhelm C., Toledo E., Püsch M., Hoffmann G., et al. Comparative effects of different dietary approaches on blood pressure in hypertensive and pre-hypertensive patients: a systematic review and network meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019; 59 (16): 2674–87. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1463967>
65. Parikh A., Lipsitz S.R., Natarajan S. Association between a DASH-like diet and mortality in adults with hypertension: findings from a population-based follow-up study. *Am J Hypertens.* 2009; 22: 409–16. DOI: <https://doi.org/10.1038/ajh.2009.10>
66. Folsom A.R., Parker E.D., Harnack L.J. Degree of concordance with DASH diet guidelines and incidence of hypertension and fatal cardiovascular disease. *Am J Hypertens.* 2007; 20: 225–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjhyper.2006.09.003>
67. Fung T.T., Chiuve S.E., McCullough M.L., et al. Adherence to a DASH-style diet and risk of coronary heart disease and stroke in women. *Arch Intern Med.* 2008; 168: 713–20. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinte.168.7.713>
68. Agnoli C., Krogh V., Grioni S., et al. A priori-defined dietary patterns are associated with reduced risk of stroke in a large Italian cohort. *J Nutr.* 2011; 141: 1552–8. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.111.140061>
69. Levitan E.B., Wolk A., Mittleman M.A. Relation of consistency with the dietary approaches to stop hypertension diet and incidence of heart failure in men aged 45 to 79 years. *Am J Cardiol.* 2009; 104: 1416–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.06.061>
70. Levitan E.B., Wolk A., Mittleman M.A. Consistency with the DASH diet and incidence of heart failure. *Arch Intern Med.* 2009; 169: 851–7. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.56>
71. Azadbakht L., Fard N.R., Karimi M., et al. Effects of the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) eating plan on cardiovascular risks among type 2 diabetic patients: a randomized crossover clinical trial. *Diabetes Care.* 2011; 34: 55–7. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc10-0676>
72. Blumenthal J.A., Babyak M.A., Sherwood A., et al. Effects of the dietary approaches to stop hypertension diet alone and in combination with exercise and caloric restriction on insulin sensitivity and lipids. *Hypertension.* 2010; 55: 1199–205. DOI: <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.109.149153>
73. Shirani F., Salehi-Abargouei A., Azadbakht L. Effects of Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet on some risk for developing type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis on controlled clinical trials. *Nutrition.* 2013; 29: 939–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.12.021>
74. Sofi F., Macchi C., Abbate R., et al. Mediterranean diet and health status: an updated meta-analysis and a proposal for a literature-based adherence score. *Public Health Nutr.* 2014; 17: 2769–82. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1368980013003169>
75. Eleftheriou D., Benetou V., Trichopoulou A., et al. Mediterranean diet and its components in relation to all-cause mortality: meta-analysis. *Br J Nutr.* 2018; 120: 1081–97. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0007114518002593>
76. Kastorini C.M., Milionis H.J., Esposito K., et al. The effect of Mediterranean diet on metabolic syndrome and its components: a meta-analysis of 50 studies and 534,906 individuals. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 57: 1299–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.09.073>
77. Rosato V., Temple N.J., La Vecchia C., et al. Mediterranean diet and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Eur J Nutr.* 2019; 58: 173–91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1582-0>
78. Whalen K.A., Judd S., McCullough M.L., et al. Paleolithic and Mediterranean diet pattern are inversely associated with all-cause and cause-specific mortality in adults. *J Nutr.* 2017; 147: 612–20. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.116.241919>
79. Grosso G., Marventano S., Yang J., et al. A comprehensive meta-analysis on evidence of Mediterranean diet and cardiovascular disease: are individual components equal? *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017; 57: 3218–32. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1107021>
80. Estruch R., Ros E., Salas-Salvadó J., et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *N Engl J Med.* 2013; 368 (14): 1279–90. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1200303>
81. Estruch R., Ros E., Salas-Salvadó J., et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N Engl J Med.* 2018; 378: e34(1)–(14). DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1800389>

**Для корреспонденции**

Шарафетдинов Хайдерь Хамзярович – доктор медицинских наук, заведующий отделением болезней обмена веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)  
 Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21  
 E-mail: sharafandr@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6061-0095>

Шарафетдинов Х.Х.<sup>1-3</sup>, Плотникова О.А.<sup>1</sup>

## Ожирение как глобальный вызов XXI века: лечебное питание, профилактика и терапия

Obesity as a global challenge of the 21<sup>st</sup> century: clinical medical nutrition, prevention and therapy

Sharafetdinov Kh.Kh.<sup>1-3</sup>, Plotnikova O.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 123242, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 123242, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

*В статье представлены современные данные о распространенности избыточной массы тела и ожирении, приведены актуализированные сведения о персонализированных программах по управлению массой тела, индивидуальным рекомендациям по здоровому питанию, адекватным физическим нагрузкам и долгосрочному изменению образа жизни. Показано, что диетотерапия является базовым методом лечения в программах по снижению массы тела и направлена на долгосрочное поддержание в организме пациента отрицатель-*

**Источник финансирования.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Все авторы участвовали в разработке концепции, анализе и интерпретации данных и окончательно утвердили рукопись для публикации.

**Для цитирования:** Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А. Ожирение как глобальный вызов XXI века: лечебное питание, профилактика и терапия // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 161–171. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10050

**Статья поступила в редакцию** 14.05.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.

**Contribution.** All authors participated in concept development, analysis and interpretation of the data, and finally approved the manuscript for publication.

**For citation:** Sharafetdinov Kh.Kh., Plotnikova O.A. Obesity as a global challenge of the 21<sup>st</sup> century: clinical medical nutrition, prevention and therapy. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 161–71. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10050 (in Russian)

**Received** 14.05.2020. **Accepted** 29.07.2020.

ного энергетического баланса за счет ограничения калорийности рациона питания. В статье значительное место уделено применению диетических рационов, модифицированных по калорийности и содержанию макронутриентов, рекомендуемых пациентам с ожирением. Изложена стратегия профилактики ожирения и ассоциированных с ним заболеваний.

**Ключевые слова:** диетотерапия, избыточная масса тела, ожирение, сахарный диабет 2 типа, низкокалорийная диета

*The article presents modern data on the prevalence of overweight and obesity, provides updated information on personalized programs for managing body weight, individual recommendations for a healthy diet, adequate physical activity and long-term lifestyle changes. It is shown that dietary therapy is the basic treatment method in weight loss programs and is aimed at long-term maintenance of a negative energy balance in the patient's organism by limiting the calorie intake. A significant place in the article is devoted to the use of diets modified by calorie value and macronutrient content which are recommended for obese patients. A strategy for the prevention of obesity and its associated diseases is presented.*

**Keywords:** dietary therapy, overweight, obesity, type 2nd diabetes, low-calorie diet

Ожирение – хроническое рецидивирующее прогрессирующее заболевание, характеризующееся избыточным накоплением жира в организме, представляющее серьезный риск для здоровья и требующее немедленных действий по профилактике и борьбе с ним [1–3].

По данным Всемирной организации здравоохранения, за последние 50 лет распространенность ожирения во всем мире возросла более чем в 3 раза, достигнув масштаба пандемии. В 2016 г. более 1,9 млрд взрослых старше 18 лет имели избыточную массу тела, из них свыше 650 млн страдали ожирением [4].

Результаты и выводы исследования NHANES свидетельствуют о том, что в 2017–2018 гг. распространенность ожирения среди взрослого населения США составляла 42,4%, при этом среди людей в возрасте 20–39 лет она составила 40,0%, 40–59 лет – 44,8%, 60 лет и старше – 42,8% [5].

В Российской Федерации, как и во всех экономически развитых странах, отмечаются высокие показатели распространенности ожирения. По данным Росстата, в 2018 г. распространенность ожирения среди лиц 19 лет и старше по индексу массы тела (ИМТ) составила 20,6%, из них ожирение I степени выявлено у 15,7%, ожирение II степени – у 4,3%, ожирение III степени – у 1,6% [6]. По результатам исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний (ЭСССЕ-РФ)», проведенного в 2012–2014 гг. в 13 регионах России и охватившего 21 768 человек (8304 мужчин и 13 464 женщин) в возрасте 25–64 лет, распространенность ожирения среди женщин по ИМТ составила 30,8%, среди мужчин – 26,9% [7].

Ожирение ассоциируется с развитием хронических неинфекционных заболеваний, к которым относятся сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), сахарный диабет (СД) 2 типа, заболевания опорно-двигательного аппарата, желчнокаменная болезнь, синдром обструктивного апноэ сна (СОАС), бесплодие, некоторые злокачественные новообразования и др. [8–12], что способствует снижению качества и продолжительности жизни [4].

Так, повышение ИМТ на 1 кг/м<sup>2</sup> приводит к повышению риска инсульта на 4%, сердечной недостаточности на 6%, инфаркта миокарда на 6%, в том числе со смертельным исходом на 7% [8, 9]. Повышение ИМТ на 5 кг/м<sup>2</sup> сопровождается повышением риска госпитализации по поводу ишемической болезни сердца на 23% [10].

Установлено, что риск развития СД 2 типа у женщин с ожирением повышается в 12 раз, у мужчин – в 7 раз по сравнению с лицами с нормальной массой тела [11], при этом растущие показатели распространенности СД 2 типа в течение последних десятилетий тесно связаны с показателями ожирения во всем мире [12].

По данным I.N. Askerman, R.H. Osborne [13], ожирение повышает риск развития артрита тазобедренного сустава, артрита и остеоартроза коленного сустава соответственно в 2, 5 и 7 раз. Установлена связь ожирения с более выраженными артралгиями, скованностью и нарушением функции суставов у пациентов с артритом тазобедренного и коленного сустава по сравнению с лицами с недостаточной или нормальной массой тела.

Анализ данных репрезентативной выборки из 4309 взрослых американцев в исследовании NHANES [14] показал, что диагностированный СОАС широко распространен среди взрослых с ожирением, особенно среди мужчин, у которых скорректированная по возрасту распространенность СОАС была выше, чем у женщин [6,1%, 95% доверительный интервал (ДИ) 5,0–7,3 против 3,1%, 95% ДИ 2,1–4,0;  $p < 0,01$ ].

Метаанализ наблюдательных исследований с 1985 по 2011 г. [15] показал, что у лиц с ожирением повышен риск развития определенных видов онкозаболеваний. Так, у мужчин с ожирением повышен риск развития рака толстой кишки, почек, желчного пузыря, поджелудочной железы и злокачественной меланомы; у женщин – риск развития аденокарциномы пищевода, эндометрия, желчного пузыря, почек, поджелудочной железы, лейкоза,

рака молочной железы в постменопаузе и рака толстой кишки. Установлено, что 3,6% всех новых случаев рака у взрослых в возрасте 30 лет и старше, выявленных в 2012 г., были связаны с высоким ИМТ [16].

Результаты исследований по оценке стоимости лечения, связанного с ожирением, показывают, что ожирение способствует значительному увеличению общих затрат на лечение [17, 18]. Прямые медицинские расходы на ожирение в США оцениваются в 92,6 млрд долл., они варьируют от 5,5 до 9,1% общих расходов на медицинское обслуживание. Дополнительные расходы прежде всего обусловлены необходимостью лечения у таких пациентов ССЗ и СД 2 типа.

Не вызывает сомнения, что в основе глобального роста показателей ожирения лежат, с одной стороны, резкое изменение характера питания в сторону повышенного потребления энергоемких продуктов с высоким содержанием жира и сахаров и низким содержанием пищевых волокон (ПВ), витаминов, минеральных веществ и микроэлементов; с другой – снижение физической активности в связи с сидячим характером многих форм деятельности, изменением способов передвижения и возрастающей урбанизацией [1, 19]. В российской популяции ожирение наиболее тесно ассоциируется со злоупотреблением алкоголем, повышенным уровнем глюкозы в крови, нарушениями липидного обмена и артериальной гипертензией – факторами сердечно-сосудистого риска, частота которых с возрастом увеличивается [7].

Как любое хроническое заболевание, ожирение требует комплексного лечения с обязательным уменьшением риска развития сопутствующих заболеваний, приоритетная роль в котором отводится использованию персонализированных программ по управлению массой тела, индивидуальным рекомендациям по здоровому питанию, адекватным физическим нагрузкам и долгосрочному изменению образа жизни. В настоящее время программы по коррекции избыточной массы тела включают в себя общие рекомендации по питанию, специальные диетологические комплексы, поведенческую терапию, фармакотерапию и хирургические методы лечения ожирения [1, 21–23].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что наиболее эффективным подходом в лечении ожирения является умеренное поэтапное снижение массы тела с учетом показателей ИМТ и сопутствующих факторов риска. В настоящее время принята методика медленного и постепенного снижения массы тела (0,45–1,0 кг/нед) в течение 3–6 мес и удержание результата в течение длительного времени [1, 24, 25]. Согласно клиническим рекомендациям по лечению морбидного ожирения у взрослых [23], снижение калорийности рациона питания на 500–1000 ккал/сут от потребности в энергии приводит к уменьшению массы тела на 0,5–1,0 кг/нед, при этом темпы снижения массы тела сохраняются в течение 3–6 мес.

У пациентов с избыточной массой тела и ожирением, имеющих сердечно-сосудистые факторы риска, умерен-

ное и устойчивое снижение массы тела на 3–5% приводит к клинически значимому улучшению показателей состояния здоровья, проявляющемуся в уменьшении уровня триглицеридов и глюкозы в крови, снижении риска развития СД 2 типа. Более выраженное снижение массы тела сопровождается уменьшением содержания в крови холестерина липопротеинов низкой плотности, уровня артериального давления, потребности в лекарственных препаратах [25].

Ряд ведущих медицинских организаций (Academy of Nutrition and Dietetics, American Heart Association; The National Heart, Lung and Blood Institute; European Association for the Study of Obesity и др.) разработал рекомендации с позиций доказательной медицины, согласно которым основной целью лечения ожирения у взрослых является снижение массы тела на 5–10% в течение 6 мес [24–27]. Большее снижение массы тела может быть рекомендовано пациентам с высокой степенью ожирения (ИМТ $\geq$ 35 кг/м<sup>2</sup>). Предотвращение увеличения массы тела, поддержание достигнутой массы тела, профилактика и улучшение течения сопутствующих заболеваний – вот основные критерии эффективности лечения ожирения.

Диетотерапия является базовым методом лечения в программах по снижению массы тела и направлена на долгосрочное поддержание в организме пациента отрицательного энергетического баланса за счет ограничения калорийности рациона питания [1, 21]. Калорийность диетического рациона рассчитывается индивидуально с учетом массы тела, возраста, пола, уровня физической активности и ряда других факторов. Степень ограничения калорийности определяется также условиями, в которых проводится терапия: стационар, санаторий, амбулаторное лечение. Уровень снижения энергетической ценности рациона в большей степени зависит и от интенсивности трудовой деятельности пациента: для работников преимущественно умственного труда допускается более выраженная редукция калорийности; для людей, занятых тяжелым физическим трудом, значительно меньшая.

Клинические наблюдения и специальные научные исследования, проводившиеся коллективом клиники лечебного питания (Е.А. Беюл, В.А. Оленевой, Ю.П. Поповой и др.) под руководством члена-корреспондента АМН СССР М.А. Самсонова, на основе концепции сбалансированного питания позволили обосновать и внедрить в клиническую практику метаболические принципы диетической терапии при различных заболеваниях [28]. В соответствии с этими принципами были разработаны редуцированные по калорийности диеты для больных с ожирением, которые вошли в номерную систему диет по Певзнеру: основная диета № 8 с редукцией калорийности до 1750–1800 ккал и ее варианты – диета № 8а с редукцией калорийности до 1200–1300 ккал и диета № 8о с редукцией калорийности до 700–800 ккал. Диетические рационы с энергетической ценностью от 800 до 1800 ккал широко применялись в лечении пациентов с ожирением до введения в практику здравоохранения системы стандартных диет.

Диетические рационы, модифицированные по калорийности и содержанию макронутриентов, рекомендуемые пациентам с ожирением [1, 21, 29]

*Diets modified by calorie value and macronutrient content, recommended for obese patients [1, 21, 29]*

<b>Показатель Indicator</b>	<b>Характеристика диеты Characteristics of diets</b>		
Энергетическая ценность (ЭЦ)	1. Диеты со снижением ЭЦ на 500–1000 ккал/сут от рекомендуемого уровня потребления энергии. 2. Низкокалорийные диеты (1000–1500 ккал/сут). 3. Диеты с очень низкой калорийностью (менее 800 ккал/сут)		
<b>Макронутриенты Macronutrients</b>	<b>Содержание, % ЭЦ Content, % calorie value</b>		
	<b>низкое low</b>	<b>стандартное standard</b>	<b>высокое high</b>
Углеводы Carbohydrates	<45	45–65	>65
Жиры Fats	<25	25–35	>35
Белок Protein	<10	10–20	>20

Как показывает накопленный опыт, при назначении гипокалорийных диет следует руководствоваться основным принципом – не начинать лечение пациентов с ожирением с резко редуцированных по калорийности диет для обеспечения быстрой и значительной потери массы тела. Учитывая выраженное снижение количества белка в рационе с очень низкой калорийностью, его назначают на короткий промежуток времени (не более 2–3 нед) и только в условиях стационара.

Сравнительная характеристика диетических рационов, модифицированных по калорийности и содержанию макронутриентов, используемых при лечении пациентов с ожирением, представлена в таблице.

Традиционные диетологические подходы по коррекции избыточной массы тела требуют ограничения энергетической ценности (ЭЦ) диеты и соблюдения принципа сбалансированности рациона по содержанию макро- и микронутриентов, а также особого отношения к выбору и объему порций пищевых продуктов, входящих в диетический рацион.

Несмотря на то что диетотерапия является основным методом в снижении массы тела [1, 21], долгосрочное соблюдение низкокалорийных рационов сопряжено со многими трудностями и в первую очередь связано с неудовлетворительной переносимостью низкокалорийных диет у значительной части пациентов с ожирением. В течение первых двух-трех месяцев диетотерапии отмечается наиболее выраженное снижение массы тела, но в более поздние сроки большая часть пациентов не могут сохранить достигнутое снижение массы тела, вновь прибавляют ее, при этом в ряде случаев масса тела становится больше исходной. Ощущение голода на фоне низкокалорийных рационов может сопровождаться тревогой и отрицательными эмоциями, что в свою очередь ухудшает качество жизни и снижает приверженность данному виду лечения [1, 21].

Как отмечалось выше, основной причиной высокой распространенности ожирения является нарушение энергетического баланса, обусловленного, с одной сто-

роны, избыточным потреблением высококалорийной пищи с высоким содержанием жира, сахара, поваренной соли, с другой – снижение физической активности населения как следствие современного образа жизни. Для большинства пациентов с ожирением, получающих лечение в амбулаторных условиях, целенаправленное изменение образа жизни с соблюдением принципов здорового питания и регулярной физической активностью позволяет добиться эффективного снижения массы тела с обязательным уменьшением риска развития сопутствующих заболеваний, предотвращения увеличения массы тела, адекватного контроля метаболических нарушений у этого контингента больных. Ключевыми звеньями в коррекции избыточной массы тела у пациентов с ожирением в условиях амбулаторного наблюдения являются формирование правильных привычек в питании с учетом пищевых предпочтений и особенностей питания пациента, его психоэмоционального состояния, сбалансированность и оптимальность рациона по энергетической ценности и содержанию макро- и микронутриентов, индивидуализация питания, устраняющая чувство голода и др.

Клинические наблюдения и научные исследования последних лет, направленные на изучение особенностей метаболизма пациентов с ожирением, позволяют оптимизировать диетологические подходы к коррекции избыточной массы тела, в том числе осложненной хронической сердечной недостаточностью. По данным А.Р. Богданова [30], наиболее рациональной тактикой лечения пациентов с ожирением и сопутствующей хронической сердечной недостаточностью является комплексный подход, включающий персонализированную диетотерапию, основанную на молекулярно-генетических, протеомных и метаболомных исследованиях, проводимую под контролем композиционного состава тела, метаболометрии и электролитного состава крови. Разработанные принципиально новые диетические рационы для больных ожирением и хронической сердечной недостаточностью отличаются увеличенной квотой белка (20% калорий-

ности), сниженной квотой углеводов (40% калорийности) при обогащении диеты конъюгированной линолевой кислотой и растительными антиоксидантами, которые обладают существенно большей клинической эффективностью по сравнению со стандартными диетами.

### **Диеты, модифицированные по калорийности и содержанию макронутриентов**

Установлено, что диеты с ЭЦ в 1500–1800 ккал для мужчин и 1200–1500 ккал для женщин или с дефицитом в 500–1000 ккал/сут от рекомендуемого уровня потребления энергии обеспечивают снижение массы тела в среднем до 0,5 кг у женщин и 0,5–1,0 кг у мужчин в течение недели [21, 29]. В этих диетах необходимо контролировать общее количество жира, углеводов и белков (30, 50–55 и 15–20% ЭЦ рациона соответственно) при обеспечении содержания в рационе насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, составляющего соответственно 8–10,  $\leq 15$  и  $\leq 10\%$  ЭЦ рациона, холестерина –  $< 300$  мг/сут, пищевых волокон – 20–30 г/сут, хлорида натрия – 6 г/сут (2,4 г натрия). У пациентов с высоким уровнем холестерина в крови количество насыщенных жирных кислот уменьшается до 7% ЭЦ рациона, холестерина – до 200 мг/сут при обогащении рациона растворимыми пищевыми волокнами (овощи, бобовые, фрукты, ягоды, овсяные отруби, пектин, бета-глюкан). В рацион широко включаются разнообразные овощи, фрукты и зернобобовые, являющиеся хорошими источниками минеральных веществ и пищевых волокон, а также некоторых витаминов. Обеспечение адекватного уровня потребления кальция, составляющего 1000–1500 мг/сут, показано пациентам с риском развития остеопороза.

### **Низкокалорийные диеты**

Низкокалорийные диеты, позволяющие снизить массу тела в среднем на 8–10% в течение 16–26 нед лечения, характеризуются снижением ЭЦ до 800–1500 ккал/сут и традиционно рекомендуются пациентам с ИМТ от 25 до 34,9 кг/м<sup>2</sup>, с сопутствующим СД 2 типа или артериальной гипертензией [21]. Низкокалорийные диеты, рекомендуемые для снижения массы тела, различаются по содержанию белка, жира и углеводов [1, 21, 29].

### **Низкокалорийная диета с высоким содержанием белка**

Отличительным признаком низкокалорийных высокобелковых диет является повышение содержания белка в рационе до 20–30% от ЭЦ рациона на фоне ограничения калорийности диеты с контролируемым количеством жира (30% ЭЦ рациона) и углеводов (до 45% ЭЦ рациона) [1, 29, 31].

Как известно, белок является главным макронутриентом, ответственным за чувство насыщения. Даже один прием пищи с увеличенным соотношением белки/углеводы приводит к более выраженному чувству насыщения и уменьшает потребление пищи, что способствует более значительной потере массы тела и позволяет сохранить достигнутые результаты в долгосрочном периоде. Рационы с повышенным количеством белка могут оказаться эффективными в сохранении тощей массы тела, снижение которой отмечается при значительной потере массы тела на фоне низкокалорийных диет.

Клинические исследования, проведенные в Германии, США, России и в других странах, демонстрируют эффективность низкокалорийных диет с включением белковых заменителей пищи в коррекции избыточной массы тела и ожирения [1, 32–34]. По данным ряда авторов [34], применение белковых заменителей пищи в качестве частичной замены рациона является более эффективным способом снижения и контроля массы тела, чем простое ограничение калорий.

В многоцентровом рандомизированном клиническом исследовании (РКИ) [35] была проведена оценка эффективности высокобелковой диеты (ВБД) у пациентов с избыточной массой тела и гиперлипидемией в течение 12 нед. В исследование были включены пациенты обоих полов в возрасте 18–65 лет с ИМТ 25–35 кг/м<sup>2</sup> и гипертриглицеридемией. Основными критериями исключения были СД 2 типа, уровень глюкозы натощак  $\geq 7,0$  ммоль/л, перенесенные хирургические вмешательства, направленные на снижение массы тела, прием гиполипидемических средств и/или препаратов для снижения массы тела. Отобранных пациентов рандомизировали в 2 группы, в одной пациенты получали ВБД (2,2 г белка на 1 кг массы тела в сутки), в другой – стандартное количество белка (1,1 г белка на кг/сут). Результаты исследования показали, что у пациентов группы ВБД отмечены более выраженная редукция массы тела и статистически значимое снижение соотношения талия/бедро, свидетельствующее об эффективности ВБД с применением белковых заменителей пищи у пациентов с избыточной массой тела по сравнению с диетой, содержащей стандартное количество белка.

Одним из вариантов низкокалорийной диеты с высоким содержанием белка (30% ЭЦ рациона), рекомендуемой пациентам с ожирением, является диета Zone с содержанием жиров и углеводов, составляющим соответственно 30 и 40% ЭЦ рациона [24]. Результаты систематического обзора РКИ [36], проведенного R. Atallah и соавт. в 2014 г. с использованием баз данных MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library, показывают, что диета Zone с высоким содержанием белка наряду с другими популярными диетами эффективна в коррекции избыточной массы тела, однако данные об эффективности этой диеты остаются противоречивыми.

По данным ряда авторов [37], использование низкокалорийной диеты с повышением содержания белка в рационе до 22,4% ЭЦ рациона у пациентов с ожирением II степени и неалкогольным стеатогепатитом со-

проводилось снижением массы тела в среднем на 9% за 1 мес диетотерапии. При применении изокалорийного рациона с содержанием белка, составляющим 14,8% ЭЦ, снижение массы тела достигло практически 6%. Однако уменьшение жировой массы тела было почти в 2 раза больше у пациентов, получавших изокалорийный рацион, чем у пациентов, получавших низкокалорийный рацион, у которых большее снижение массы тела произошло за счет уменьшения тощей массы тела. По мнению авторов, при планировании диетических рационов у пациентов с ожирением и неалкогольным стеатогепатитом ЭЦ диет должна на 20–25% превышать уровень энерготрат, что позволяет достичь оптимальных изменений в составе тела – минимального снижения тощей массы тела и наибольшей редукции жировой массы.

### Низкоуглеводные диеты

Низкоуглеводные диеты характеризуются резким снижением содержания в рационе углеводов (менее 20–30 г/сут на начальном этапе коррекции массы тела) при высоком содержании жиров и белков [21, 24, 29].

Низкоуглеводная диета базируется на утверждении, что диеты с низким содержанием жира и высоким углеводов неэффективны, поскольку сопровождаются чрезмерной выработкой инсулина и постоянным стимулированием чувства голода, при этом резкое ограничение углеводов в диете обеспечивает достижение доброкачественного кетоза, имеющего решающее значение для снижения массы тела. Эта диета обычно включает 3 фазы.

Первая фаза называется вводной фазой, она используется на начальном этапе снижения массы тела и включает в себя рацион, содержащий не более 5% энергии от углеводов, 35% белка и 60% жира [21]. Во второй фазе, называемой продолжающейся, содержание углеводов повышается до 9% ЭЦ диеты при незначительном изменении количества белка (33%) и жира (58%). Третья фаза – это фаза поддержания, при которой потребление углеводов увеличивается не более чем на 20% ЭЦ рациона при уровне потребления белка и жира, составляющем 25–27 и 52% ЭЦ рациона.

Низкоуглеводная диета обеспечивает поступление в организм большого количества жира, преимущественно с высоким содержанием насыщенных жиров, при низкой калорийности рациона (во время вводной фазы – 1200 ккал/сут).

### Низкожировые диеты с низкой энергетической плотностью

Отличительной особенностью низкожировых диет с низкой энергетической плотностью является снижение содержания жира до 10–25% ЭЦ рациона и уменьшение энергетической плотности диеты за счет замены

энергоемких жировых продуктов на овощи, фрукты и зерновые продукты [21, 24]. Такие диеты могут рассматриваться в качестве эффективной стратегии по снижению массы тела, поскольку окисление 1 г жира дает в 2,5 раза больше калорий, чем образуется при окислении 1 г белков или 1 г углеводов. Как правило, применение низкожировых диет с низкой энергетической плотностью базируется на снижении общего количества калорий в диетах. Тем не менее необходимы пролонгированные исследования с целью оценки долгосрочных эффектов низкожировых диет с низкой энергетической плотностью в коррекции массы тела у пациентов с ожирением.

### Диеты с низким гликемическим индексом

Термин «гликемический индекс» (ГИ) впервые был введен в клиническую практику в 1981 г. Дэвидом Дженкинсом, профессором Университета Торонто в Канаде, для количественной оценки постпрандиальной гликемии, чтобы улучшить результаты лечения больных СД 1 типа [38]. ГИ позволяет провести сравнение гликемического эффекта пищевых продуктов, содержащих равное количество углеводов, и классифицировать их в зависимости от их ГИ. Высокоуглеводные диеты с низким содержанием жиров могут оказаться недостаточно эффективными для снижения массы тела, поскольку они значительно увеличивают уровень постпрандиальной гликемии и инсулинемии. Эти изменения уровня глюкозы и инсулина в крови приводят к снижению чувства сытости, низкому уровню окисления жиров и последующему увеличению массы тела. Напротив, диеты на основе пищевых продуктов с низким ГИ улучшают контроль массы тела, поскольку они способствуют лучшему насыщению, минимизации постпрандиальной секреции инсулина и улучшению чувствительности к инсулину. В нескольких исследованиях изучалось влияние продуктов с низким ГИ на массу тела у пациентов с ожирением, в которых продемонстрирована перспективность их использования в низкокалорийных диетах для лечения ожирения и снижения риска ассоциированных с ожирением заболеваний [39, 40].

### Диеты с очень низкой калорийностью

При лечении пациентов с ожирением находят широкое применение диеты с очень низкой калорийностью. Эти диеты были разработаны в конце 1920-х – 1930-х гг. группой врачей из Питтсбурга с целью обеспечения большей и более быстрой потери массы тела у пациентов с ожирением. Отличительными признаками диет с резкой редукцией калорийности является снижение калорийности рациона до 400–800 ккал/сут и относительно высокое содержание белка (0,8–1,5 г на 1 кг идеальной массы тела) [21]. В диетах с очень низкой калорийностью используются готовые к употреблению

жидкие смеси, растворимые порошки для приготовления коктейлей, готовые блюда из небольшого количества постного мяса и малокалорийных овощей.

Опыт применения диет с резкой редукцией калорийности показывает, что в краткосрочных наблюдениях они имеют большую эффективность в коррекции избыточной массы тела, чем рационы с умеренным ограничением калорийности [1, 21, 29]. Так, по данным Т.А. Wadden [29], диеты с очень низкой калорийностью приводят к снижению массы тела в среднем на 15–20% за 12–16 нед, что более чем в 2 раза превышает среднюю потерю массы тела под влиянием умеренно редуцированных рационов (1000–1500 ккал/сут). Однако сохранить эффект значительной редукции массы тела у большинства наблюдаемых больных, как правило, не удается.

Несмотря на эффективность диет с очень низкой калорийностью в коррекции избыточной массы тела, резкое ограничение энергетической ценности часто сопровождается развитием таких побочных явлений, как общая слабость, недомогание, головокружение, головные боли, тошнота, запоры. При этом не исключаются и другие, более серьезные побочные эффекты (формирование желчных камней, гиперурикемия, подагра, нарушения сердечного ритма) [1, 41]. Быстрая потеря массы тела, достигаемая с помощью диеты с очень низкой калорийностью или бариатрической хирургии, является фактором риска развития желчнокаменной болезни у пациентов с ожирением [29]. Имеются данные о случаях внезапной смерти при использовании диет с резкой редукцией калорийности, которые связывали с потреблением в качестве единственного источника белка гидролизованного коллагена и неадекватностью микронутриентных добавок.

Согласно рекомендациям рабочей группы по профилактике и лечению ожирения США (National Task Force on the Prevention and Treatment of Obesity), диеты с очень низкой калорийностью показаны хорошо мотивированным пациентам с умеренным или выраженным ожирением при неэффективности консервативных методов коррекции массы тела, наличии сопутствующих заболеваний и патологических состояний, течение которых может быть улучшено на фоне быстрого снижения массы тела.

Обобщение имеющихся в литературе данных позволяет заключить, что диеты с очень низкой калорийностью имеют ограниченное применение, назначаются на короткое время (2–3 нед) при неэффективности традиционных диетологических подходов, применяются в стационарных условиях только при наличии медицинских показаний [1].

### Стратегия профилактики ожирения и его последствий

Ожирение является следствием длительного дисбаланса между потреблением энергии и ее расходом,

вызванного сложным взаимодействием между генетической предрасположенностью, алиментарными, физиологическими, социальными и экологическими факторами. Из-за многофакторного характера заболевания для радикального решения проблемы ожирения необходим системный и мультидисциплинарный подход, включающий совокупность мер, направленных на обеспечение первичной, вторичной и третичной профилактики ожирения [1].

Первичная профилактика предполагает устранение модифицируемых факторов риска ожирения у здоровых людей, к которым относятся неоптимальное и несбалансированное питание (избыточное потребление животных жиров и легкоусвояемых углеводов, недостаточное количество овощей и фруктов, основной прием пищи в вечернее и ночное время, использование нефизиологических диет и др.), низкая физическая активность, нарушения углеводного обмена, стресс, эндокринопатии и прием лекарственных препаратов, способствующих набору массы тела, дефицит витамина D, нарушение кишечной микробиоты. Основной задачей вторичной профилактики является максимально раннее выявление избыточной массы тела и ожирения с проведением комплекса мер по замедлению трансформации избыточной массы тела в висцеральное ожирение. Третичная профилактика направлена на предотвращение осложнений ожирения: СД 2 типа, артериальной гипертензии, дислипидемии и др. [1].

В рамках третичной профилактики, направленной на устранение предиабета и СД 2 типа, в качестве первоочередной меры рассматривается достижение целевого снижения массы тела на 7–10%.

В многоцентровом РКИ Look AHEAD (Action for Health in Diabetes), проведенном в 16 центрах США, оценивали долгосрочные эффекты интенсивного вмешательства в образ жизни на сердечно-сосудистые факторы риска у 5145 пациентов с СД 2 типа с избыточной массой тела или ожирением [42, 43]. Критерии включения в исследование: возраст пациентов 45–74 года, ИМТ >25 кг/м<sup>2</sup> (для пациентов, получающих инсулин, >27 кг/м<sup>2</sup>), уровень гликированного гемоглобина (HbA<sub>1c</sub>) <11%, артериального давления <160/100 мм рт.ст., триглицеридов <6,8 ммоль/л. Интенсивное вмешательство в образ жизни (группа ILI, n=2570) включало групповые (еженедельные) и индивидуальные (ежемесячные) занятия для достижения и поддержания потери массы тела за счет снижения потребления калорий и увеличения физической активности. В группу сравнения (группа DSE, n=2575) были включены пациенты, которые прошли обучение по контролю питания и физической активности, с обеспечением трех групповых занятий в течение года. Длительность наблюдения составила 52 нед. Результаты исследования показали, что у пациентов группы ILI масса тела в среднем снизилась на 8,6% от исходного уровня по сравнению с 0,7% в группе DSE (p<0,001). У 37,8% пациентов группы ILI снижение массы тела составило ≥10% исходной и у 55,2% – ≥7% по сравнению с соответственно 3,2 и 7,0% в группе DSE.

Одновременно в группе IЛI отмечено снижение уровня HbA<sub>1c</sub> в среднем с 7,25 до 6,61% на фоне уменьшения приема сахароснижающих препаратов. Кроме этого, в группе IЛI отмечено более выраженное снижение уровня систолического и диастолического артериального давления, а также имела место положительная динамика показателей липидного обмена (снижение уровня триглицеридов и повышение содержания холестерина липопротеинов высокой плотности) по сравнению с группой DSE. Интенсивное изменение образа жизни у пациентов с избыточной массой тела, ожирением и СД 2 типа в течение 52 нед сопровождалось клинически значимым снижением массы тела в сочетании с улучшением контроля факторов риска ССЗ. Обращает на себя внимание тот факт, что 8-летнее наблюдение за пациентами, включенными в исследование Look AHEAD, показало клинически значимое снижение ( $\geq 5\%$ ) массы тела у 50% пациентов на фоне интенсивного изменения образа жизни.

Одним из подходов в коррекции избыточной массы тела является программа неинвазивной липосакции, представляющая собой диетотерапевтический курс для снижения массы тела, основанный на синергетическом воздействии комплекса аминокислот и глюкоманнана, направленного на активацию метаболизма жиров, улучшение метаболических показателей, уменьшение аппетита и обеспечение чувства сытости. Программа «Неинвазивная липосакция» базируется на рекомендациях Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA) относительно минимальных потребностей

организма в энергии и нутриентах, обеспечивающих значительный дефицит энергии у взрослых с ожирением с целью снижения массы тела [44].

С точки зрения профилактического подхода в нутрициологии и диabetологии при наличии умеренно выраженных и тяжелых осложнений ожирения наряду с модификацией образа жизни предписывается проведение фармакологической коррекции избыточной массы тела и более широкое использование бариатрической хирургии.

## Заключение

В настоящее время ожирение как хроническое рецидивирующее заболевание приобрело масштабы глобальной эпидемии. Патологическое, или чрезмерное, накопление жира в организме пациентов с ожирением представляет серьезный риск для здоровья, ассоциируется с развитием хронических неинфекционных заболеваний и требует длительного комплексного лечения с постепенным изменением образа жизни пациента и коррекцией нарушенного пищевого поведения. Приоритетным направлением в комплексной терапии ожирения является разработка персонализированных программ по управлению массой тела, адекватным физическим нагрузкам и долгосрочному изменению образа жизни с целью достижения долгосрочного клинического эффекта, улучшения качества и продолжительности жизни.

## Сведения об авторах

*Шарафетдинов Хайдерь Хамзярович (Khayder' Kh. Sharafetdinov)* – доктор медицинских наук, заведующий отделением болезней обмена веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sharafandr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6061-0095>

*Плотникова Оксана Александровна (Oksana A. Plotnikova)* – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения болезней обмена веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: plot\_oks@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8232-8437>

## Литература

1. Аметов А.С. Ожирение. Современный взгляд на патогенез и терапию : учебное пособие. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. Т. 1. 384 с.
2. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis // Nat. Rev. Endocrinol. 2019. Vol. 15, N 5. P. 288–298. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0176-8>
3. Bray G.A., Kim K.K., Wilding J.P.H. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation // Obes. Rev. 2017. Vol. 18, N 7. P. 715–723. DOI: <https://doi.org/10.1111/obr.12551>
4. WHO. Obesity and Overweight, 2020. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
5. Hales C.M., Carroll M.D., Fryar C.D., Ogden C.L. Prevalence of obesity and severe obesity among adults: United States, 2017–2018 // NCHS Data Brief, No. 360. Hyattsville, MD : National Center for Health Statistics. 2020. URL: <https://www.cdc.gov/nchs/products/index.htm>
6. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение рациона питания населения. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html)
7. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д. и др. Ожирение в Российской популяции – распространенность и ассоциации с факторами риска хронических неинфекционных заболеваний // Российский кардиологический журнал. 2018. Т. 23, № 6. С. 123–130. DOI: <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-123-130>
8. Owen C.G., Kapetanakis V.V., Rudnicka A.R. et al. Body mass index in early and middle adult life: prospective associations

- with myocardial infarction, stroke and diabetes over a 30-year period: the British Regional Heart Study // *BMJ Open*. 2015. Vol. 5, N 9. Article ID e008105. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008105>
9. Joshy G., Korda R.J., Attia J. et al. Body mass index and incident hospitalisation for cardiovascular disease in 158 546 participants from the 45 and Up Study // *Int. J. Obes. (Lond.)*. 2014. Vol. 38, N 6. P. 848–856. DOI: <https://doi.org/10.1038/ijo.2013.192>
  10. Azimi A., Charlott M.G., Torp-Pedersen C. et al. Moderate overweight is beneficial and severe obesity detrimental for patients with documented atherosclerotic heart disease // *Heart*. 2013. Vol. 99, N 9. P. 655–660. DOI: <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2012-303066>
  11. Guh D.P., Zhang W., Bansback N. et al. The incidence of comorbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis // *BMC Public Health*. 2009. Vol. 9. P. 88. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-88>
  12. Kyrou I., Tsigos C., Mavrogianni C. et al. Sociodemographic and lifestyle-related risk factors for identifying vulnerable groups for type 2 diabetes: a narrative review with emphasis on data from Europe // *BMC Endocr. Disord.* 2020. Vol. 20, suppl. 1. P. 134. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12902-019-0463-3>
  13. Ackerman I.N., Osborne R.H. Obesity and increased burden of hip and knee joint disease in Australia: results from a national survey // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2012. Vol. 13. P. 254. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-254>
  14. Li C., Ford E.S., Zhao G., Croft J.B. et al. Prevalence of self-reported clinically diagnosed sleep apnea according to obesity status in men and women: National Health and Nutrition Examination Survey, 2005–2006 // *Prev. Med.* 2010. Vol. 51, N 1. P. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2010.03.016>
  15. Dobbins M., Decorby K., Choi B.C. The association between obesity and cancer risk: a meta-analysis of observational studies from 1985 to 2011 // *ISRN Prev. Med.* 2013. Vol. 2013. Article ID 680536. DOI: <https://doi.org/10.5402/2013/680536>
  16. Arnold M., Pandeya N., Byrnes G. et al. Global burden of cancer attributable to high body-mass index in 2012: a population-based study // *Lancet Oncol.* 2015. Vol. 16, N 1. P. 36–46. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71123-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71123-4)
  17. Lee S.M., Choi I.S., Han E. et al. Incremental treatment costs attributable to overweight and obesity in patients with diabetes: quantile regression approach // *Obesity (Silver Spring)*. 2018. Vol. 26, N 1. P. 223–232. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.22080>
  18. Anis A.H., Zhang W., Bansback N. et al. Obesity and overweight in Canada: an updated cost-of-illness study // *Obes. Rev.* 2010. Vol. 11, N 1. P. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00579.x>
  19. WHO. Obesity and Overweight. Geneva : World Health Organization, 2015. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
  20. Фадеева М.И., Савельева Л.В., Голубкина Ю.Ю. и др. Коррекция нарушений пищевого поведения у пациентов с ожирением // *Эндокринология: новости, мнения, обучение*. 2018. Т. 7, № 2. С. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.24411/2304-9528-2918-12005>
  21. Cheskin L.J., Poddar K.H. Obesity management // *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed. / eds A. Catharine Ross et al. Lippincott Williams and Wilkins; Wolters Kluwer, 2014. P. 786–799.
  22. May M., Schindler C., Engeli S. Modern pharmacological treatment of obese patients // *Ther. Adv. Endocrinol. Metab.* 2020. Vol. 11. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1177/2042018819897527>
  23. Клинические рекомендации по лечению морбидного ожирения у взрослых. Федеральная электронная медицинская библиотека, 2014. URL: <http://femb.ru/feml>
  24. Jensen M.D., Ryan D.H., Apovian C.M. et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society // *Circulation*. 2014. Vol. 129, N 25. Suppl. 2. P. S102–S138. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437739.71477.ee>
  25. Expert Panel Report: Guidelines (2013) for the management of overweight and obesity in adults. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, Obesity Expert Panel, 2013 // *Obesity (Silver Spring)*. 2014. Vol. 22, suppl. 2. P. S41–S410. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.20660>
  26. Raynor H.A., Champagne C.M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: interventions for the treatment of overweight and obesity in adults // *J. Acad. Nutr. Diet.* 2016. Vol. 116, N 1. P. 129–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.10.031>
  27. Yumuk V., Fruhbeck G., Oppert J.M. et al. An EASO position statement on multidisciplinary obesity management in adults // *Obes. Facts*. 2014. Vol. 7. P. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.1159/000362191>
  28. Самсонов М.А. Основные этапы научной деятельности клиники лечебного питания Института питания РАМН (1930–2005 гг.) // *Вопросы питания*. 2005. Т. 74, № 5. С. 3–7.
  29. Wadden T.A., Byrne K.J., Krauthamer-Ewing S. Obesity: management // *Modern Nutrition in Health and Disease*. 10th ed. / ed. M.E. Shils. 2006. P. 1029–1042.
  30. Богданов А.Р. Диагностика и персонализированная диетотерапия хронической сердечной недостаточности у больных ожирением : дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2017.
  31. Koliaki C., Spinou T., Spinou M. et al. Defining the optimal dietary approach for safe, effective and sustainable weight loss in overweight and obese adults // *Healthcare*. 2018. Vol. 6. P. 73. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare6030073>
  32. Гаппарова К.М., Пилипенко В.И., Зейгарник М.В. и др. Влияние низкокалорийных диет с включением белковых заменителей пищи на антропометрические и клинико-биохимические показатели у больных ожирением // *Вопросы диетологии*. 2011. Т. 1, № 1. С. 24–30. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2011-1-24-30>
  33. Li Z., Treyzon L., Chen S. et al. Protein-enriched meal replacements do not adversely affect liver, kidney or bone density: an outpatient randomized controlled trial // *Nutr. J.* 2010. Vol. 9. P. 72. DOI: <http://doi.org/10.1186/1475-2891-9-72>
  34. Flechtner-Mors M., Boehm B.O., Wittmann R. et al. Enhanced weight loss with protein-enriched meal replacements in subjects with the metabolic syndrome // *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2010. Vol. 26, N 5. P. 393–405. DOI: <http://doi.org/10.1002/dmrr.1097>
  35. Chen W., Liu Y., Yang Q. et al. The effect of protein-enriched meal replacement on waist circumference reduction among overweight and obese Chinese with hyperlipidemia // *J. Am. Coll. Nutr.* 2016. Vol. 35, N 3. P. 236–244. DOI: <http://doi.org/10.1080/07315724.2014.989625>
  36. Atallah R., Filion K.B., Wakil S.M. et al. Long-term effects of 4 popular diets on weight loss and cardiovascular risk factors: a systematic review of randomized controlled trials // *Circ. Cardiovasc. Qual. Outcomes*. 2014. Vol. 7, N 6. P. 815–827. DOI: <http://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000723>
  37. Селезнева К.С., Исаков В.А., Сенцова Т.Б., Кириллова О.О. Анализ эффективности диетотерапии неалкогольным стеатогепатитом у больных ожирением с использованием низкокалорийного или изокалорийного рационов // *Вопросы питания*. 2014. Т. 83. № 5. С. 72–78.
  38. Nutrition and Type 2 Diabetes: Etiology and Prevention / ed. M.A. Pereira. CRC Press, 2014.
  39. Goff L.M., Cowland D.E., Hooper L., Frost G.S. Low glycaemic index diets and blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2013. Vol. 23, N 1. P. 1–10. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.06.002>
  40. Ma X.Y., Liu J.P., Song Z.Y. Glycemic load, glycemic index and risk of cardiovascular diseases: meta-analyses of prospective studies // *Atherosclerosis*. 2012. Vol. 223, N 2. P. 491–496. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2012.05.028>

41. Bonfrate L., Wang D.Q., Garruti G., Portincasa P. Obesity and the risk and prognosis of gallstone disease and pancreatitis // *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 2014. Vol. 28, N 4. P. 623–635. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.013>
42. Look AHEAD Research Group. Eight-year weight losses with an intensive lifestyle intervention: The Look AHEAD Study // *Obesity (Silver Spring)*. 2014. Vol. 22. P. 5–13. DOI: <http://doi.org/10.1002/oby.20662>
43. Look AHEAD Research Group. Reduction in weight and cardiovascular disease risk factors in individuals with type 2 diabetes. One-year results of the Look AHEAD trial // *Diabetes Care*. 2007. Vol. 30, N 6. P. 1374–1383. DOI: <http://doi.org/10.2337/dc07-0048>
44. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Essential composition of total diet replacements for weight control // *EFSA J.* 2015. Vol. 13, N 1. Article ID 3957. DOI: <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3957>

## References

1. Ametov A.S. Obesity. A modern view of pathogenesis and therapy: A training manual. Moscow: GEOTAR-Media, 2019; 1: 384 p. (in Russian)
2. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol.* 2019; 15 (5): 288–98. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0176-8>
3. Bray G.A., Kim K.K., Wilding J.P.H. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obes Rev.* 2017; 18 (7): 715–23. DOI: <https://doi.org/10.1111/obr.12551>
4. WHO. Obesity and Overweight, 2020. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
5. Hales C.M., Carroll M.D., Fryar C.D., Ogden C.L. Prevalence of obesity and severe obesity among adults: United States, 2017–2018. NCHS Data Brief, No. 360. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics. 2020. URL: <https://www.cdc.gov/nchs/products/index.htm>
6. Federal State Statistics Service. Selective observation of the diet of the population. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html)
7. Balanova Yu.A., Shal'nova S.A., Deev A.D., et al. Obesity in the Russian population - prevalence and associations with risk factors for chronic noncommunicable diseases. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal [Russian Journal of Cardiology]*. 2018; 23 (6): 123–30. DOI: <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-123-130> (in Russian)
8. Owen C.G., Kapetanakis V.V., Rudnicka A.R., et al. Body mass index in early and middle adult life: prospective associations with myocardial infarction, stroke and diabetes over a 30-year period: the British Regional Heart Study. *BMJ Open.* 2015; 5 (9): e008105. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008105>
9. Joshy G., Korda R.J., Attia J., et al. Body mass index and incident hospitalisation for cardiovascular disease in 158 546 participants from the 45 and Up Study. *Int J Obes (Lond)*. 2014; 38 (6): 848–56. DOI: <https://doi.org/10.1038/ijo.2013.192>
10. Azimi A., Charlot M.G., Torp-Pedersen C., et al. Moderate overweight is beneficial and severe obesity detrimental for patients with documented atherosclerotic heart disease. *Heart.* 2013; 99 (9): 655–60. DOI: <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2012-303066>
11. Guh D.P., Zhang W., Bansback N., et al. The incidence of comorbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.* 2009; 9: 88. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-88>
12. Kyrou I., Tsigos C., Mavrogianni C., et al. Sociodemographic and lifestyle-related risk factors for identifying vulnerable groups for type 2 diabetes: a narrative review with emphasis on data from Europe. *BMC Endocr Disord.* 2020; 20 (1): 134. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12902-019-0463-3>
13. Ackerman I.N., Osborne R.H. Obesity and increased burden of hip and knee joint disease in Australia: results from a national survey. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012; 13: 254. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-254>
14. Li C., Ford E.S., Zhao G., Croft J.B., et al. Prevalence of self-reported clinically diagnosed sleep apnea according to obesity status in men and women: National Health and Nutrition Examination Survey, 2005–2006. *Prev Med.* 2010; 51 (1): 18–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2010.03.016>
15. Dobbins M., Decorby K., Choi B.C. The association between obesity and cancer risk: a meta-analysis of observational studies from 1985 to 2011. *ISRN Prev Med.* 2013; 2013: 680536. DOI: <https://doi.org/10.5402/2013/680536>
16. Arnold M., Pandeya N., Byrnes G., et al. Global burden of cancer attributable to high body-mass index in 2012: a population-based study. *Lancet Oncol.* 2015; 16 (1): 36–46. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71123-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71123-4)
17. Lee S.M., Choi I.S., Han E., et al. Incremental treatment costs attributable to overweight and obesity in patients with diabetes: quantile regression approach. *Obesity (Silver Spring)*. 2018; 26 (1): 223–32. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.22080>
18. Anis A.H., Zhang W., Bansback N., et al. Obesity and overweight in Canada: an updated cost-of-illness study. *Obes Rev.* 2010; 11 (1): 31–40. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00579.x>
19. WHO. Obesity and Overweight. Geneva: World Health Organization, 2015. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
20. Fadeeva M.I., Cavell'eva L.V., Golubkina Yu.Yu., et al. Correction of eating disorders in obese patients. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obucheniye [Endocrinology: News, Opinions, Training]*. 2018; 7 (2): 51–9. DOI: <https://doi.org/10.24411/2304-9528-2918-12005> (in Russian)
21. Cheskin L.J., Poddar K.H. Obesity management. In: Catharine Ross A., et al. (eds). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed. Lippincott Williams and Wilkins; Wolters Kluwer, 2014: 786–99.
22. May M., Schindler C., Engeli S. Modern pharmacological treatment of obese patients. *Ther Adv Endocrinol Metab.* 2020; 11: 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1177/2042018819897527>
23. Clinical guidelines for the treatment of morbid obesity in adults. Federal Electronic Medical Library, 2014. URL: <http://femb.ru/feml> (in Russian)
24. Jensen M.D., Ryan D.H., Apovian C.M., et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *Circulation.* 2014; 129 (25, suppl 2): S102–38. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437739.71477.ee>
25. Expert Panel Report: Guidelines (2013) for the management of overweight and obesity in adults. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, Obesity Expert Panel, 2013. *Obesity (Silver Spring)*. 2014; 22 (2): S41–410. DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.20660>
26. Raynor H.A., Champagne C.M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: interventions for the treatment of overweight and obesity in adults. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116 (1): 129–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.10.031>
27. Yumuk V., Fruhbeck G., Oppert J.M., et al. An EASO position statement on multidisciplinary obesity management in adults. *Obes Facts.* 2014; 7: 96–101. DOI: <https://doi.org/10.1159/000362191>
28. Samsonov M.A. The main stages of the scientific activity of the Clinical Nutrition Clinic of the Institute of Nutrition RAMS (1930–2005). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]* 2005; 74 (5): 3–7. (in Russian)
29. Wadden T.A., Byrne K.J., Krauthamer-Ewing S. Obesity: management. In: M.E. Shils (ed.). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 10th ed. 2006: 1029–42.

30. Bogdanov A.R. Diagnosis and personalized diet therapy of chronic heart failure in obese patients: Autoabstract of Diss. Moscow, 2017 (in Russian)
31. Koliaki C., Spinou T., Spinou M., et al. Defining the optimal dietary approach for safe, effective and sustainable weight loss in overweight and obese adults. *Healthcare*. 2018; 6: 73. DOI: <http://doi.org/10.3390/healthcare6030073>
32. Gapparova K.M., Pilipenko V.I., Zeigarnik M.V., et al. Effect of low-calorie diets with the inclusion of protein substitutes for food on anthropometric and clinical-biochemical parameters in obese patients. *Voprosy dietologii [Problems of Dietology]*. 2011; 1 (1): 24–30. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2011-1-24-30> (in Russian)
33. Li Z., Treyzon L., Chen S., et al. Protein-enriched meal replacements do not adversely affect liver, kidney or bone density: an outpatient randomized controlled trial. *Nutr J*. 2010; 9: 72. DOI: <http://doi.org/10.1186/1475-2891-9-72>
34. Flechtner-Mors M., Boehm B.O., Wittmann R., et al. Enhanced weight loss with protein-enriched meal replacements in subjects with the metabolic syndrome. *Diabetes Metab Res Rev*. 2010; 26 (5): 393–405. DOI: <http://doi.org/10.1002/dmrr.1097>
35. Chen W., Liu Y., Yang Q., et al. The effect of protein-enriched meal replacement on waist circumference reduction among overweight and obese Chinese with hyperlipidemia. *J Am Coll Nutr*. 2016; 35 (3): 236–44. DOI: <http://doi.org/10.1080/07315724.2014.989625>
36. Atallah R., Filion K.B., Wakil S.M., et al. Long-term effects of 4 popular diets on weight loss and cardiovascular risk factors: a systematic review of randomized controlled trials. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2014; 7 (6): 815–27. DOI: <http://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000723>
37. Selezneva K.S., Isakov V.A., Sentsova T.B., Kirillova O.O. An analysis of the efficacy of low-calorie and isocaloric diets in obese patients with non-alcoholic steatohepatitis. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]* 2014; 83 (5): 72–8. (in Russian)
38. Nutrition and Type 2 Diabetes: Etiology and Prevention. In: M.A. Pereira (ed.). CRC Press, 2014.
39. Goff L.M., Cowland D.E., Hooper L., Frost G.S. Low glycaemic index diets and blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2013; 23 (1): 1–10. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.06.002>
40. Ma X.Y., Liu J.P., Song Z.Y. Glycemic load, glycemic index and risk of cardiovascular diseases: meta-analyses of prospective studies. *Atherosclerosis*. 2012; 223 (2): 491–6. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2012.05.028>
41. Bonfrate L., Wang D.Q., Garruti G., Portincasa P. Obesity and the risk and prognosis of gallstone disease and pancreatitis. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2014; 28 (4): 623–35. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.013>
42. Look AHEAD Research Group. Eight-year weight losses with an intensive lifestyle intervention: The Look AHEAD Study. *Obesity (Silver Spring)*. 2014; 22: 5–13. DOI: <http://doi.org/10.1002/oby.20662>
43. Look AHEAD Research Group. Reduction in weight and cardiovascular disease risk factors in individuals with type 2 diabetes. One-year results of the Look AHEAD trial. *Diabetes Care*. 2007; 30 (6): 1374–83. DOI: <http://doi.org/10.2337/dc07-0048>
44. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Essential composition of total diet replacements for weight control. *EFSA J*. 2015; 13 (1): 3957. DOI: <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3957>

**Для корреспонденции**

Морозов Сергей Владимирович – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
 Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21  
 Телефон: (499) 613-10-91  
 E-mail: morosoffsv@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6816-3058>

Исаков В.А., Морозов С.В., Пилипенко В.И.

## Инновационные подходы к анализу состава рациона и диетотерапии функциональных заболеваний органов пищеварения

Innovative approaches to study food patterns in functional gastrointestinal disorders

Isakov V.A., Morozov S.V., Pilipenko V.I.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Питание – один из ключевых факторов, влияющих на формирование и клиническое течение функциональных заболеваний органов пищеварения (ФЗОП). Причем воздействие этого фактора является комплексным и длительным. Изучение влияния роли пищевых продуктов и их сочетаний, а также комплексного воздействия рациона при этих заболеваниях представляется актуальным. Цель исследования – представить обзор литературы о современных подходах к оценке структуры рациона и имеющихся данных о его значимости при проведении лечения ФЗОП.*

**Материал и методы.** Проведен поиск в системе PubMed и Google scholar с использованием ключевых слов: «nutritional pattern», «dietary pattern», в комбинации с «methodology», «assessment», «functional gastrointestinal disorders», «GERD», «gastroesophageal reflux disease», «irritable bowel syndrome», «IBS», «small intestinal bacterial overgrowth», «treatment». Отбирали публикации, посвященные анализу структуры питания у пациентов с ФЗОП; являющиеся оригинальными исследованиями; в которых было доступно описание основных характеристик исследования (объем выборки, алгоритм подтверждения диагноза, критерии включения в исследование и исключения из него, наличие группы сравнения, а также результаты в количественных характеристиках и указанием меры дисперсии значений).

**Результаты и обсуждение.** Выявлена 81 работа, соответствующая критериям поиска. Выполнен структурированный обзор данных литературы. Представлена информация о методиках оценки паттернов питания. Обобщены

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена при финансировании Российского научного фонда (проект № 19-76-30014).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Исаков В.А., Морозов С.В., Пилипенко В.И. Инновационные подходы к анализу состава рациона и диетотерапии функциональных заболеваний органов пищеварения // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 172–185. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10051  
**Статья поступила в редакцию** 19.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The study was funded by Russian Science Foundation (project No. 19-76-30014).

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Isakov V.A., Morozov S.V., Pilipenko V.I. Innovative approaches to study food patterns in functional gastrointestinal disorders. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 172–85. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10051 (in Russian)

**Received** 19.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

результаты опубликованных исследований об оценке паттернов питания у больных ФЗОП. Получение информации о структуре рациона, частоте и количестве потребляемых продуктов с использованием оценки паттернов питания больных позволит не только более эффективно проводить коррекцию диеты этих пациентов (ФЗОП), но и помочь в создании новых функциональных и специализированных пищевых продуктов, способствующих достижению лучшей эффективности лечения в более короткие сроки, уменьшить лекарственную нагрузку на организм больного.

**Ключевые слова:** рацион питания, паттерн питания, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, синдром раздраженного кишечника, синдром избыточного бактериального роста

*Dietary patterns play an important role in pathogenesis and treatment of functional gastrointestinal disorders.*

**The aim** – to perform literature review on modern approaches to perform nutritional assessment in functional gastrointestinal disorders and to summarize available data on its role in assessment of clinical manifestations and treatment of these conditions.

**Material and methods.** A search was performed in the PubMed and Google scholar system with the use of keywords: “nutritional pattern”, “dietary pattern”, in combination with “methodology”, “assessment”, “functional gastrointestinal disorders”, “GERD”, “gastroesophageal reflux disease”, “irritable bowel syndrome”, “IBS”, “small intestinal bacterial overgrowth”, “treatment”. The inclusion criteria were type of the paper (original study); they had to contain data on nutrition of patients with functional gastrointestinal disorders; main digital data should be present (sample size, design, diagnostic criteria, patients’ eligibility criteria, control group characteristics, as well as results in quantitative characteristics and measure of dispersion of values).

**Results and discussion.** Based on the data of 81 selected papers structured literature review was performed. We summarized the data on the methods of food patterns assessment, the knowledge on the food patterns in patients with functional gastrointestinal disorders (including gastroesophageal reflux disease and irritable bowel syndrome), clinical utility of the nutritional assessment with the use of food patterns. Assessment of nutritional patterns in patients with functional gastrointestinal disorders provides additional evidence that allows to correct the diet of these patients more effectively, to achieve better results of treatment in shorter time, to reduce the number of medications, and may be of use for the development of new functional foods.

**Keywords:** nutrition, food pattern, gastroesophageal reflux disease, irritable bowel syndrome, small intestinal bacterial overgrowth syndrome

Функциональные заболевания органов пищеварения (ФЗОП) относятся к наиболее распространенным, ими страдают десятки миллионов людей в мире, и, несмотря на низкую смертность, они сопровождаются выраженным снижением качества жизни, связаны со значительными затратами системы здравоохранения и в целом с выраженным негативным эффектом на экономику развитых стран. Прежде всего это связано с хроническим характером течения, отсутствием эффективных средств лечения, а также тем, что поражают они в основном молодое и трудоспособное население. В основе патогенеза этих заболеваний лежат расстройства моторики и висцеральной чувствительности желудочно-кишечного тракта, которые не связаны с его органическими поражениями, при этом питание является важным модифицируемым фактором, который влияет на их формирование и течение [1]. В структуру ФЗОП входят в том числе синдром раздраженного кишечника (СРК; им страдают 15–26% населения) и гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь (ГЭРБ; ее частота в развитых странах составляет 25–38%) [2, 3].

Учитывая функциональный характер заболеваний, традиционные методы диагностики на основе методов медицинской визуализации (эндоскопия, лучевая диагностика), морфологические исследования хотя и позволяют исключить органические причины симптомов, мало информативны для оценки нарушений чувствительности и моторики органов пищеварения, которые лежат в основе патогенеза этих болезней. Имеющиеся научные данные, полученные с использованием методов функциональной диагностики, которые редко выходили за стены научных лабораторий и до сих пор не используются в необходимой мере в практической медицине тем не менее сформировали понимание того, что существенную роль в возникновении и развитии ФЗОП играют личность пациента, его привычки и особенности питания.

В связи с этим неудивительно, что первые попытки дать определение и изучить функциональные заболевания органов пищеварения были сделаны в клинике Института питания, руководителем отдела болезней системы органов пищеварения профессором О.С. Гордоном. Он, в частности, впервые ввел термин «раздраженный же-

лудок». В этой работе функциональный характер заболевания раскрывался в основном через секреторную функцию желудка, однако уже тогда предполагался комплексный характер патогенеза, с участием центральной регуляции секреторного процесса в ответ на раздражение слизистой оболочки желудка. Эти попытки объяснить механизмы, лежащие в основе ФЗОП, нашли отражение в монографии «Хронический гастрит и так называемые функциональные заболевания желудка», которая была издана в 1959 г. уже после кончины О.С. Гордона [4]. И хотя между термином «раздраженный желудок» О.С. Гордона и функциональной диспепсией существует дистанция огромного размера в диагностике, понимании механизмов патогенеза, методах лечения, но в своей основе, конечно, он может рассматриваться как первый, с помощью которого осуществлялись попытки очертить круг функциональных заболеваний на концептуальном уровне.

Рекомендации по диете традиционно являются основой лечения ФЗОП ввиду многочисленных наблюдений, выявлявших взаимосвязь между возникновением, течением, рецидивами заболеваний и изменениями в питании пациентов. Однако изучение роли факторов питания в патогенезе заболеваний и разработка научно обоснованных подходов к коррекции их проявлений стали активно проводиться лишь в последнее время [5]. При этом подходы, применяемые для выявления взаимосвязи между факторами питания и проявлениями этих заболеваний, существенно различаются в разных странах и исследовательских центрах.

Традиционная нутрициологическая эпидемиология была сфокусирована на количественной оценке потребления нутриентов, и этот подход был сформирован в период борьбы с недоеданием и дефицитами нутриентов [6]. В наше время демографические и социальные изменения привели к тому, что в развитых странах бремя заболеваемости существенно изменилось в связи с *избыточным* потреблением энергии преимущественно за счет большего количества жиров (в том числе животного происхождения) и легко усвояемых углеводов [7]. В то же время по пищевым волокнам, ряду витаминов и микроэлементов наблюдается дефицит потребления. На здоровье человека в современных условиях влияет комплекс взаимодействий избыточного и недостаточного потребления нутриентов, поэтому сейчас нутрициологические исследования сосредоточены на изучении влияния роли пищевых продуктов и их сочетаний, а также комплексного воздействия рациона [8] на возникновение, течение и исходы ФЗОП.

Принципы коррекции диеты также претерпели изменения. Популярными в последние десятилетия рационами, построенными на ограничительных принципах по отдельным нутриентам, равно как и на увеличении в составе рациона отдельных пищевых веществ, показали негативное влияние в предупреждении хронических заболеваний. Так, распространение низкожировой высокоуглеводной диеты (в основе которой лежит ограничение потребления жира без учета его типа и качества) привело

к избыточному потреблению рафинированных углеводов и добавленного сахара, что увеличило риск сердечно-сосудистой патологии [9]. Значит, низкожировая диета может оказывать разный эффект в зависимости от используемых замещающих продуктов – рафинированных углеводов или, например, цельнозерновых продуктов. Однако дополнительное обогащение рациона витаминами (в частности витаминами Е, А, группы В) в виде длительного приема содержащих эти вещества в высоких дозах комплексов не только не привело к существенному снижению смертности или заболеваемости, но, по данным ряда исследований, напротив, сопровождалось увеличением риска возникновения этих исходов [10–13]. Эти примеры демонстрируют существенные недостатки подхода к оценке фактического питания и коррекции пищевого статуса, основанного только на определении потребления отдельных нутриентов и энергии. В питании человека большое значение имеют сложные по составу и структуре пищевые продукты. Иногда они содержат значительную долю новых источников нутриентов или веществ, полученных искусственно. Эти вещества, зачастую не обладающие значимой калорийностью (например, технологические добавки, ароматизаторы, эмульгаторы и т.п.), при длительном постоянном употреблении в пищу могут вызывать значимые изменения в обмене веществ, например за счет взаимодействия с микробиомом человека [14]. Поэтому новые условия жизни и питания стали требовать новых подходов к оценке питания человека, для того чтобы понять возможность влияния подобных продуктов на здоровье людей и для поиска эффективных путей коррекции негативных воздействий.

Инновационный подход к оценке структуры питания на основе изучения пищевых паттернов, все шире используемый в последние годы, имеет существенное преимущество за счет использования эффектов замещения пищи и учета синергизма/антагонизма нутриентов в продуктах. Тем более что каждый человек использует в пищу именно продукты и блюда, а не отдельные нутриенты. Поэтому диетологические рекомендации, базирующиеся на анализе и соответствующей коррекции структуры рациона, наиболее удобны для понимания пациентами и лучше подходят для распространения в сфере общественного здоровья [6, 15, 16].

Неудивительно, что в глобальной программе исследований в области нутрициологии на 2020–2030 гг. Национального института здоровья США исследования пищевых паттернов у индивидуумов, различных групп пациентов, а также сообществ провозглашаются одной из ключевых задач [17]. Это связано с тем, что многолетние исследования, проводившиеся в США, ряде стран Западной Европы и Азии, позволили выделить несколько основных типов структуры рациона, следование которым может способствовать статистически значимому снижению риска развития социально значимых заболеваний, например средиземноморский, вегетарианский и паттерн здорового питания [18]. При этом считается, что в связи с различной доступностью

продуктов и блюд, входящих в состав сформированных паттернов, различиями в социально-экономических условиях, а также в традициях приготовления и употребления пищи требуется дополнительное изучение рационов питания жителей разных стран и регионов для лучшего понимания тех факторов, коррекция вклада которых в структуру рациона питания могла бы привести к снижению рисков заболеваемости и рисков наступления неблагоприятных для здоровья событий. К сожалению, в нашей стране подходы к анализу структуры рациона, в том числе в аспекте снижения рисков обострений ФЗОП или с точки зрения достижения большей эффективности лечения, распространены недостаточно.

**Цель** настоящей публикации – представить читателям современные подходы к оценке структуры рациона и имеющиеся данные о его значимости при проведении лечения ФЗОП.

## Материал и методы

Для достижения указанной цели подготовлен структурированный обзор опубликованных данных о методах оценки структуры рациона, влиянии его коррекции на течение ФЗОП.

Поиск релевантных публикаций был проведен в системах PubMed и Google scholar с использованием ключевых слов: «nutritional pattern», «dietary pattern», в комбинации с «methodology», «assessment», «functional gastrointestinal disorders», «gastroesophageal reflux disease», «GERD», «irritable bowel syndrome», «IBS», «small intestinal bacterial overgrowth», «treatment». Отбор публикаций проводился по следующим принципам: в статье должны быть описаны результаты оригинальных исследований, посвященных анализу структуры питания у больных ФЗОП; должно быть доступно описание основных характеристик исследования (объем выборки, алгоритм подтверждения диагноза, критерии включения в исследование и исключения из него, наличие группы сравнения, а также результаты в количественных характеристиках с указанием меры дисперсии значений. Соответствие публикаций требованиям обзора обсуждалось всеми соавторами настоящей статьи, включение работы в конечный анализ производилось при достижении согласия.

Выявленные публикации были распределены по следующим разделам: методология оценки структуры рациона питания, оценка структуры рациона при ФЗОП (результаты сравнительных исследований) и значимость оценки структуры рациона в комплексном лечении ФЗОП.

## Результаты и обсуждение

Всего идентифицировано 345 статей, 264 исключены из анализа ввиду несоответствия критериям отбора публикаций. Доступна анализу и включена в текущий обзор 81 работа в соответствии с обозначенными выше критериями.

## Методология оценки структуры рациона

*Оценка питания с использованием анализа структуры рациона.* Несмотря на огромное количество публикаций (только в системе PubMed при поисковом запросе по ключевым словам «dietary pattern» выявлена 61 651 работа), посвященных методологии оценки пищевых паттернов, специфических подходов, которые бы использовались для оценки структуры питания при ФЗОП немного. Ниже изложены основные подходы к оценке структуры питания населения в целом.

Методология анализа пищевого паттерна активно используется в нутрициологии в течение последних двух десятилетий. При этом анализ структуры питания обычно базируется на данных, которые собирают при помощи стандартных приемов: частотный анализ потребления пищевых веществ [19–21], метод воспроизведения рациона за выбранный промежуток времени (суточное воспроизведение, за 48 ч, за 72 ч и др.) [22] или метод пищевых дневников [5, 23].

Для оценки структуры используются различные варианты мультивариантного анализа: факторный анализ, метод главных компонент, регрессионный анализ и кластерный анализ.

При помощи **факторного анализа** устанавливается структура взаимосвязей между исходными переменными и можно установить «латентную переменную» (фактор), которая может обусловить сходные влияния на многочисленные показатели других переменных, что позволит выделить его как наиболее общий фактор более высокого порядка. При этом конкретные пищевые продукты или их группы объединяются на основе степени корреляции пищевых продуктов в наборе данных друг с другом. На основе полученной информации выводится итоговая оценка для каждого паттерна, которая может быть использована в корреляционном или регрессионном анализе для изучения взаимосвязи между различными паттернами питания и интересующими переменными (как факторы риска развития ФЗОП, сердечно-сосудистых заболеваний или ряда клинико-лабораторных признаков, которые служат для оценки здоровья человека). Для выявления наиболее значимых факторов и, как следствие, их структуры применяют метод главных компонент [24]. Важная особенность метода – возможность ограничиться наиболее информативными главными компонентами и исключить остальные данные из анализа, что упрощает интерпретацию результатов.

В отличие от факторного, **кластерный анализ** объединяет обследуемых в относительно однородные подгруппы (кластеры) с одинаковым рационом питания. При этом распределение по кластерам может происходить на основе различной информации, например по частоте употребления того или иного продукта, вкладу определенного продукта или группы продуктов в структуру энергетической ценности рациона [25, 26], средней массе пищи, потребляемой за сутки [27], нутриентному составу рациона [28, 29] или по совокупным данным о диете и клинико-лабораторным параметрам, которые отра-

жают состояние здоровья человека [30]. После выделения кластеров проводится сравнение профилей структуры рациона для определения их взаимосвязи с определенным признаком.

*Регрессионный анализ* позволяет одновременно определить влияние структуры пищевого рациона на не только заболеваний или их осложнений.

Указанные выше методы оценки структуры питания относятся к **апостериорному** анализу, т.е. основываются на информации, полученной, когда нежелательное событие уже произошло. Этот подход имеет свои недостатки, поскольку формирование паттернов происходит, по сути, интуитивно, без предшествующего знания о наличии взаимосвязи структуры питания и возможности развития анализируемого события. Соответственно, формирование паттерна может зависеть от погрешностей получения данных [31]. Альтернативой является использование **априорного** анализа, при котором структура рациона сравнивается с заранее сформированной моделью: диетическими рекомендациями, соответствующими здоровому питанию, разработанными на основе научных данных, полученных в ранее проведенных исследованиях [8]. Анализ структуры рациона с использованием априорного анализа принято называть индексами питания [32]. Примером может служить индекс здорового питания [33, 34], в котором структура рациона оценивается на соответствие рекомендациям по питанию Министерства сельского хозяйства США (пирамида здорового питания) [35] в отношении потребления 5 основных групп пищевых продуктов и отдельных положений рекомендаций по питанию для американцев [15, 36]. При помощи индекса качества рациона [37] можно оценить соответствие структуры питания рекомендациям по питанию и здоровью [38]. Еще одним простым и популярным показателем является метод оценки *разнообразия рациона*, при использовании которого оценивают структуру и частоту потребления продуктов и их групп (например, молочных, мясных, зерновых, фруктов и овощей) [39–41]. К недостаткам оценки структуры рациона с использованием индексов питания относится то, что она предполагает сравнение с нормативными величинами, которые были заложены в рекомендациях. В то же время качество научных данных, которые легли в основу этих рекомендаций, не всегда соответствует высоким стандартам, они ограничены текущими представлениями о взаимосвязи диеты и заболевания, что может быть чревато неопределенностью в выборе отдельных компонентов оценки и субъективностью в определении пороговых значений нормы [42, 43]. Понимание этих недостатков определяет работу по совершенствованию подходов к построению индексов питания [44]. Например, было замечено, что в структуре рационов, относящихся к «здоровым» (паттерны разумной, традиционной, средиземноморской или вегетарианской диеты), подразумевается включение большого количества продуктов, содержащих пищевые вещества, обладающие противовоспалительным действием (фрукты, овощи, морская

рыба), и напротив, в составе «нездоровых» диетических паттернов – большое количество продуктов, способствующих воспалению (так называемая западная диета, богатая жирами, моно- и дисахаридами и белком) [45, 46]. Вместе с тем хроническое воспаление сопровождается развитием большинства хронических неинфекционных заболеваний (сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, сахарный диабет), поэтому было предложено использовать воспалительный индекс рациона, основывающийся на данных рецензируемых исследований о взаимосвязи рациона питания и воспаления, стандартизированный в соответствии со среднемировым потреблением пищи [47, 48].

#### **Сравнение данных, получаемых при помощи традиционных методов анализа фактического питания и инновационных методов с оценкой структуры рациона у больных гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью**

Анализ данных, полученных при помощи традиционных методов оценки питания, свидетельствует о том, что по сравнению с популяционным контролем для больных ГЭРБ характерны более высокие значения энергетической ценности рациона, большее потребление жира и белка и относительно низкое потребление пищевых волокон [49].

Действительно, связь между потреблением энергии и риском возникновения симптомов ГЭРБ неоднократно отмечалась в исследованиях, проведенных в разных странах мира [50, 51]. Результаты отечественного исследования с участием 167 человек (126 пациентов с ГЭРБ, 41 человек в группе контроля) показали, что, по данным метода частотного анализа потребления нутриентов, заболевание тесно связано с количеством калорий в рационе: потребление энергии пациентами с неэрозивной формой ГЭРБ составило  $2579 \pm 854$  ккал/сут, пациентами с эрозивным эзофагитом –  $2467 \pm 710$  ккал/сут, в то время как у лиц контрольной группы –  $2093 \pm 696$  ккал/сут ( $p < 0,05$ ). При проведении корреляционного анализа это отразилось на значениях корреляционного коэффициента, соответствующего прямой зависимости средней силы:  $R = 0,23$ ,  $p < 0,05$  [52]. Кроме того, энергетическая ценность рациона коррелировала со временем экспозиции кислоты в пищеводе [53]. При этом чаще всего избыточное количество калорий в рационе обусловлено большим потреблением жиров. Неудивительно, что во многих исследованиях была выявлена взаимосвязь между количеством потребляемого общего жира и вероятностью выявления типичных симптомов ГЭРБ (изжоги, отрыжки кислым) и риском эрозивного эзофагита [54–57]. Кроме того, было показано, что потребление жиров может непосредственно влиять на функцию нижнего пищеводного сфинктера, уменьшая его тонус, способствовать более высоким уровням закисления пищевода и лежать в основе патогенеза заболевания [58–60]. Данные как эпидемиологических, так и кросс-секционных исследований свидетельствуют о том, что в структуре

потребления нутриентов больными ГЭРБ повышено количество не только жиров, но и белков [51, 61–65]. Это сформировало традиционное представление о негативном влиянии пищи животного происхождения на течение заболевания. Однако в целом потребление жиров в популяции растет, и даже в контрольной группе их потребление было существенно выше рекомендуемого.

Проведение анализа структуры рациона больных ГЭРБ с использованием оценки пищевых паттернов (в частности индекса здорового питания) позволило выявить, за счет чего происходит большее потребление жиров и увеличение энергетической ценности рациона у этих больных. В частности, как оказалось, больные ГЭРБ потребляли больше растительных масел и майонеза по сравнению с группой контроля. В то время как те продукты, которые обычно рекомендуется ограничить в использовании (например, сливочное масло), потреблялись в меньшем количестве, а потребление животных жиров не различалось между группами пациентов с ГЭРБ и контроля (см. таблицу) [66]. При этом различий в структуре потребления мясных и молочных продуктов не зарегистрировано.

Интересно, что пациенты с ГЭРБ потребляли больше фруктов ( $0,91 \pm 0,68$  относительно величины пирамиды здорового питания против  $0,53 \pm 0,57$  в группе контроля,  $p=0,001$ ) и меньше овощей ( $0,86 \pm 0,46$  относительно показателей пирамиды здорового питания против  $0,94 \pm 0,63$  в группе контроля,  $p=0,004$ ). При этом в структуре потребления фруктов отмечено большее потребление практически всех их видов, кроме относящихся к группам субтропических и садовых ягод, а в структуре овощей снижение происходило во всех группах, кроме относящихся к группам корнеплодов и бобовых. Интересно, что эти данные частично подтверждаются эпидемиологическими исследованиями с оценкой паттернов питания на основе апостериорного анализа. В исследовании с участием более 11 000 человек также продемонстрировано большее потребление больными ГЭРБ по сравнению с контролем фруктов, уменьшение количества овощей в рационе при большем потреблении картофеля (типичный представитель группы корнеплодов). Кроме того, отмечалось большее потребление больными ГЭРБ бобовых, хотя статистически значимые различия выявлялись только в третьем тертиле количественного потребления (т.е. при включении их в рацион в количестве более 41 г/сут) [50]. Вероятно, данные отличия важны с точки зрения патогенеза заболевания. Действительно, эти группы продуктов могут являться основным источником пищевых волокон, роль которых в патогенезе ГЭРБ в настоящее время широко обсуждается [67, 68].

Ранние исследования с использованием традиционных методов оценки рациона свидетельствовали о протективном действии и фруктов, и овощей [69]. М. Носоп и соавт. выявили, что частое употребление фруктов снижает выраженность симптоматики ГЭРБ, в то время как потребление овощей не оказывает

Сопоставление уровней потребления жировой продукции в исследуемых подгруппах (цит. по [66])

*Consumption of fats by patients with gastroesophageal reflux disease and in the control group [66]*

Жировой продукт* Group of fat products*	ГЭРБ GERD (n=34)	Контрольная группа Control group (n=116)	p
Сливочное масло Butter	0,17±0,22	0,97±0,53	<b>0,001</b>
Животные жиры Animal fats	0,02±0,03	0,02±0,16	0,1
Растительные масла Vegetable oils	0,50±0,45	0,43±0,51	<b>0,004</b>
Мargarin Margarine	0,00±0,00	0,01±0,16	0,191
Майонез Mayonnaise	0,07±0,16	0,05±0,25	<b>0,001</b>

Примечание. ГЭРБ – группа пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью; \* – данные представлены относительно норм потребления жировой продукции для данной калорийности рациона согласно концепции «пирамиды здорового питания».

Note. GERD – patients with gastroesophageal reflux disease; \* – the data are shown as relative values of adequate intake according to “healthy eating pyramid” concepts.

эффекта ( $n=7124$ ) [70]. К тем же выводам о пользе фруктов и отсутствия эффекта от овощей пришли S. Kumar и соавт. [71]. Напротив, существуют эпидемиологические данные о более высокой распространенности симптомов ГЭРБ у тех, кто чаще употребляет фрукты и овощи [72].

Обогащение рациона больных ГЭРБ пищевыми волокнами может способствовать уменьшению частоты возникновения симптомов заболевания и оказывать влияние на моторику пищевода, по крайней мере у пациентов с неэрозивной формой болезни [68, 73]. Учитывая, что выявляемые при помощи стандартного метода оценки фактического питания при помощи частотного анализа потребления нутриентов факты позволяют в целом охарактеризовать рацион больных ГЭРБ как соответствующий типичным характеристикам так называемой западной диеты, такая модификация делает его более соответствующим по структуре традиционной диете [52]. В этой связи интересно сравнить вероятность наличия ГЭРБ, частоту возникновения симптомов заболевания и риски выявления эрозивного эзофагита при приверженности различным вариантам диеты. В одном из исследований, посвященных этому вопросу, было показано, что в случае приверженности западной диете отношение шансов (ОШ) наличия симптомов ГЭРБ составляет 2,3 [95% доверительный интервал (ДИ) 1,4–4,2], в то время как при следовании «диете, ориентированной на здоровье» (health-conscious diet), богатой овощами и фруктами, нежареной рыбой, тофу, с низким потреблением мяса, соленых закусок и газированных напитков, ОШ составило 0,35 (95% ДИ 0,2–0,64) [74]. Аналогично, следование вегетарианской диете существенно умень-

шало вероятность возникновения симптомов ГЭРБ: ОШ по сравнению с теми, кто не следовал вегетарианской диете, составило 0,34 (95% ДИ 0,21–0,54),  $p < 0,001$  [75]. Еще в одной работе, основанной на оценке структуры потребления, было продемонстрировано, что реализация эффекта от употребления овощей и фруктов зависит от их количества и индекса массы тела (ИМТ) человека: количество продуктов этих групп практически не оказывало влияния на риск наличия ГЭРБ у лиц с нормальным ИМТ ( $< 25 \text{ кг/м}^2$ ), в то время как при избыточной массе тела и ожирении ( $\text{ИМТ} \geq 25 \text{ кг/м}^2$ ) лица в последнем тертиле потребления фруктов ( $> 565 \text{ г/сут}$ ) имели на 32% более низкий риск развития ГЭРБ по сравнению с теми, кто потреблял фрукты в меньшем количестве (ОШ=0,68, 95% ДИ 0,54–0,87). Участники с ИМТ  $> 25 \text{ кг/м}^2$  и более высоким потреблением фруктов и овощей имели на 53% более низкий риск развития ГЭРБ после корректировки на возраст, пол, курение, физическую активность и другие факторы (ОШ=0,47, 95% ДИ 0,32–0,69) [76].

Таким образом, применение инновационных подходов к анализу состава рациона питания позволяет развенчать многие мифы о питании пациентов с ГЭРБ и дать научно обоснованные рекомендации по коррекции их рациона. В частности, оказалось, что пищевые продукты, содержащие насыщенные жиры/животный жир, вероятнее всего непосредственно не связаны с возникновением ГЭРБ и, следовательно, не требуется их ограничивать в рационе пациентов. Повсеместно рекомендуемое увеличение потребления овощей и фруктов для этой категории пациентов, согласно анализу паттернов питания, не всегда оправдано, может зависеть от конкретного вида пищевого продукта, а эффект увеличения потребления модулирован исходным ИМТ пациента. Таким образом, данная рекомендация для всех подряд больных ГЭРБ не имеет достоверного подтверждения на основе принципов медицины, основанной на доказательствах, а у части пациентов может даже привести к усилению симптомов заболевания.

Получение информации о структуре рациона, частоте и количестве потребляемых продуктов с использованием инновационных методов оценки рациона не только позволит более эффективно проводить коррекцию диеты пациентам с ГЭРБ, но и поможет создать новые функциональные и специализированные пищевые продукты лечебного питания, способствующие достижению более высоких результатов в лечении пациентов с ГЭРБ в более короткие сроки и уменьшить лекарственную нагрузку на организм больного [77].

#### **Сравнение данных, получаемых при помощи традиционных способов анализа фактического питания и инновационных методов, с оценкой структуры рациона питания у больных с синдромом раздраженного кишечника**

Синдром раздраженного кишечника представляет собой гетерогенную группу состояний, в основе пато-

генеза которой лежат нарушения моторики кишечника и висцеральной чувствительности. Учитывая возможную вариабельность во вкладе различных патогенетических факторов в развитие конкретной клинической формы заболевания, для демонстрации отличий, получаемых при помощи традиционных и инновационных методов оценки питания, в данном разделе нами представлены результаты, полученные у пациентов с СРК с запорами и сопутствующим избыточным бактериальным ростом в тонкой кишке (СИБР) (избыточный рост водород-продуцирующей флоры, метан-продуцирующей флоры или избыточный рост бактерий, продуцирующих оба газа).

Действительно, при обследовании 988 пациентов с СРК [526 человек с избыточным ростом водород-продуцирующей флоры (СИБР- $\text{H}_2$ ), 129 с избыточным ростом метан-продуцирующей флоры (СИБР- $\text{CH}_4$ ), 225 с избыточной продукцией обоих газов (СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ) и 108 человек контрольной группы, без СИБР] с помощью традиционного анализа фактического питания было выявлено, что различия установлены лишь в отношении потребления пищевых волокон: рацион пациентов без СИБР содержал более высокое количество пищевых волокон ( $p=0,05$  против СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$  и  $p=0,11$  против СИБР- $\text{H}_2$ ), достоверных различий по потреблению белка, жира, углеводов, моно- и дисахаридов, воды, алкоголя, калорийности рациона и кратности приемов пищи установить не удалось [78]. Однако при анализе паттернов питания пациентов с различными вариантами СИБР и здоровыми лицами были выявлены существенные различия ( $p < 0,05$ ): для лиц с СИБР метаногенной флоры характерно большее потребление фруктов ( $0,63 \pm 0,7$  относительно нормы потребления против  $0,37 \pm 0,41$  в группе СИБР- $\text{H}_2$ ,  $0,39 \pm 0,45$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ) и белковых блюд ( $1,61 \pm 0,88$  против  $1,25 \pm 0,91$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ,  $1,37 \pm 0,84$  в группе СИБР- $\text{H}_2$ ), для лиц с СИБР водород-продуцирующей флорой характерно более высокое потребление жира ( $1,20 \pm 0,35$  против  $1,14 \pm 0,28$  в контрольной группе,  $1,15 \pm 0,31$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ), в отношении белковых блюд лица с выявленным СИБР отличались статистически значимо меньшим потреблением красного мяса ( $0,53 \pm 0,66$  у пациентов без СИБР против  $0,31 \pm 0,53$  в группе СИБР- $\text{H}_2$ , против  $0,37 \pm 0,50$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ), при этом пациенты с СИБР метаногенной флоры употребляли больше рыбной продукции ( $0,49 \pm 0,73$  против  $0,21 \pm 0,41$  в группе СИБР- $\text{H}_2$ , против  $0,24 \pm 0,77$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ), а для лиц с избытком водород-продуцирующей флоры характерно более высокое потребление мяса птицы ( $0,57 \pm 0,64$  против  $0,37 \pm 0,50$  в группе СИБР- $\text{CH}_4$ , против  $0,45 \pm 0,52$  в группе СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ , против  $0,37 \pm 0,45$  у пациентов без СИБР). В подгруппе без признаков СИБР выявлено большее потребление пищевых волокон ( $21,4 \pm 10,0 \text{ г/сут}$  против  $19,0 \pm 9,5$  у группы СИБР- $\text{H}_2$  и  $19,1 \pm 8,9$  у группы СИБР- $\text{CH}_4\text{-H}_2$ ) [79].

Анализ структуры рациона питания позволяет выявить и другие отличия, которые невозможно выявить

при использовании традиционных оценок нутриентного состава рациона. В частности, при использовании метода оценки структуры рациона с сопоставлением разнообразия питания у пациентов с СИБР ( $n=522$ ) было установлено более низкое видовое разнообразие в группах молочной продукции ( $2,70\pm 1,37$  против  $3,19\pm 1,34$ ,  $p<0,001$ ), овощей ( $5,50\pm 2,22$  против  $6,29\pm 1,90$ ,  $p<0,001$ ), фруктов ( $1,54\pm 1,38$  против  $1,99\pm 1,69$ ,  $p=0,018$ ) по сравнению с лицами без признаков заболевания ( $n=108$ ) [80]. Хотя отличий по разнообразию потребления в группах злаковых, мяса, рыбы, бобовых и орехов, жировых продуктов и сладостей в этом исследовании не достигли статистической значимости, полученная информация может оказать существенную помощь врачу-диетологу при составлении рекомендаций больным этим заболеванием.

Традиционно пациентам с ФЗОП рекомендуется употреблять пищу в протертом, отварном виде или приготовленной на пару [81]. Однако в научной литературе отсутствуют факты, которые бы достоверно подтверждали необходимость выбора такой тактики с целью уменьшения рисков обострения заболевания, частоты возникновения симптомов и более быстрого достижения ремиссии. В то же время сопоставление рационов пациентов с различными вариантами СИБР и без него не выявило статистически значимых различий в употреблении сырой, вареной, тушеной, жареной, запеченой пищи и приготовленной на гриле. Так, при анализе данных о структуре методов, использующихся для кулинарной обработки пищи больными СИБР (1108 пациентов: 602 больных в группе СИБР-Н<sub>2</sub>, 140 в группе СИБР-СН<sub>4</sub>, 248 в группе СИБР-СН<sub>4</sub>-Н<sub>2</sub> и 118 пациентов группы контроля), было выявлено, что распределение удельного веса пищи по способам термической обработки оказалось сопоставимым. Это свидетельствует о том, что паттерн термической кулинарной обработки, по-видимому, не является значимым в формировании СИБР [82].

Таким образом, использование инновационных подходов к анализу структуры рациона у больных с СИБР и СРК позволило, во-первых, выявить различия в питании пациентов с разными клиническими формами СИБР, которые не выявлялись традиционным методом оценки фактического питания, что позволяет планировать у них персонализированную диетотерапию, основанную на различной коррекции рациона питания; во-вторых, опровергнуть несколько диетологических мифов, существовавших на протяжении десятков лет, в частности о том, что термическая обработка пищи имеет значение для больных с СРК и СИБР – на самом деле, как показали исследования, это никак не связано ни с риском обострения заболевания, ни с его клинической формой. Были выявлены совершенно новые факты о питании пациентов с разными клиническими формами СИБР и СРК. Как оказалось, для пациентов с одними клиническими формами характерно большее потребление фруктов и рыбы, с другими, напротив, мяса птицы, что в свою очередь объясняет различия в патогенезе

заболевания и дает возможность научно обоснованной коррекции рациона при разных клинических формах заболевания. При использовании традиционных методов оценки фактического питания различий в потреблении белка, углеводов и пищевых волокон между ними не обнаруживалось.

Еще одним важным фактором, выявленным при использовании инновационных методов оценки структуры рациона, оказалось его разнообразие, которое было низким у пациентов по сравнению с контролем. При этом разнообразие было низким только по определенным группам пищевых продуктов, что сразу дает диетологу возможность заменить типичную и малоинформативную фразу, адресованную пациентам с СИБР и СРК, «питайтесь разнообразнее» на конкретные рекомендации, в каких группах пищевых продуктов, нужно это разнообразие увеличить и за счет каких.

Оценка структуры питания посредством анализа пищевого паттерна позволяет решить несколько вопросов: выявить тенденции и охарактеризовать группы пациентов со сходным пищевым поведением; выявить тренды формирования новых пищевых привычек; распознать культурологические особенности питания и охарактеризовать пищевое разнообразие; понять специфические взаимосвязи между характерными пищевыми паттернами и профилем заболеваемости и смертности при конкретных заболеваниях [8, 83–86]. Все это позволяет разработать диетические рекомендации по использованию пищевых продуктов, а не только представить нормы физиологических потребностей в основных нутриентах, что проще для понимания рекомендаций пациентами и для соблюдения ими модифицированного рациона [87].

Ранее опубликованные исследования выделяют несколько основных типов структур питания, таких как западный, нездоровый или обработанный, которые характеризуются включением безалкогольных напитков, сладостей и обработанных продуктов и связаны с более низким качеством жизни населения в различных культурах. С другой стороны, паттерн питания, обозначенный как здоровый, традиционный, средиземноморский и благоразумный, характеризуется наличием злаков, фруктов, овощей и типичных продуктов каждой культуры и ассоциируется с лучшим качеством жизни [88].

Определение причинно-следственной связи между выявленными нами изменениями структуры рациона и формированием различных заболеваний требует дополнительного изучения. Остается неясным, являются ли выявленные нами отличия причиной формирования этих патологических состояний или отражают реакцию пациента в ответ на развившиеся симптомы (например, ограничение потребления ряда продуктов, например, овощей при вздутии живота как симптома СИБР). Приведенные в статье исследования, по сути, являются пилотными, и представленные в них данные требуют уточнения в многоцентровых исследованиях с привлечением большого числа пациентов. Наиболее важной задачей

в этом направлении является обоснование паттерна питания здоровых лиц, по образцу которого строятся коррекционные рационы. Особенность этой задачи заключается в том, что надо использовать информацию о питании не просто лиц без хронических заболеваний, а тех, у кого нет хронических заболеваний к 45-, а может быть, и 50-летнему возрасту. В наших работах паттерн здоровых лиц был сформирован на выборке около 150 респондентов, что может быть недостаточным, и для более достоверных результатов такая выборка должна быть увеличена десятикратно.

## Заключение

Сравнительный анализ пищевых паттернов позволяет обнаружить существенные различия структуры рациона питания, которые не выявляются традиционными методами оценки фактического питания как между пациентами с ФЗОП и здоровыми лицами, так и между пациентами с разными клиническими формами заболевания. Применение рационов, основанных на коррекции паттерна питания, позволит увеличить эффективность проводимой терапии и обеспечить длительную ремиссию ФЗОП.

## Сведения об авторах

*Исаков Василий Андреевич (Vasily A. Isakov)* – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: vasily.isakov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4417-8076>

*Пилипенко Владимир Иванович (Vladimir I. Pilipenko)* – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: pilipenkovork@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5632-1880>

*Морозов Сергей Владимирович (Sergey V. Morozov)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: morosoffsv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6816-3058>

## Литература

- Drossman D.A. Functional Gastrointestinal Disorders: History, Pathophysiology, Clinical Features and Rome IV // *Gastroenterology*. 2016. Vol. 150, N 6. P. 1262–1279. DOI: <http://doi.org/10.1053/j.gastro.2016.02.032>
- Sperber A.D., Drossman D.A., Quigley E.M. The global perspective on irritable bowel syndrome: a Rome Foundation-World Gastroenterology Organisation symposium // *Am. J. Gastroenterol.* 2012. Vol. 107, N 11. P. 1602–1609. DOI: <http://doi.org/10.1038/ajg.2012.106>
- Frazzoni L., Frazzoni M., de Bortoli N. et al. Critical appraisal of Rome IV criteria: hypersensitive esophagus does belong to gastroesophageal reflux disease spectrum // *Ann. Gastroenterol.* 2018. Vol. 31, N 1. P. 1–7. DOI: <http://doi.org/10.20524/aog.2017.0199>
- Гордон О.Л. Хронический гастрит и так называемые функциональные заболевания желудка. Москва : Медгиз, 1959. 298 с.
- Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с. DOI: <http://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-656>
- Jacobs D.R., Tapsell L.C. Food, not nutrients, is the fundamental unit in nutrition // *Nutr. Rev.* 2007. Vol. 65. P. 439–450. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00269.x>
- GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age–sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // *Lancet*. 2015. Vol. 385. P. 117–171. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61682-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61682-2)
- Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology // *Curr. Opin. Lipidol.* 2002. Vol. 13. P. 3–9. DOI: <http://doi.org/10.1097/00041433-200202000-00002>
- Yang Q., Zhang Z., Gregg E.W., Flanders W.D., Merritt R., Hu F.B. Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults // *JAMA Intern. Med.* 2014. Vol. 174. P. 516–524. DOI: <http://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.13563>
- Jenkins D.J.A., Spence J.D., Giovannucci E.L. et al. Supplemental vitamins and minerals for CVD prevention and treatment // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. Vol. 71, N 22. P. 2570–2584. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.04.020>
- Alshairi N.A. The effects of dietary supplements on asthma and lung cancer risk in smokers and non-smokers: a review of the literature // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, N 4. P. 725. DOI: <http://doi.org/10.3390/nu11040725>
- Miller E.R. 3rd, Pastor-Barriuso R., Dalal D., Riemersma R.A., Appel L.J., Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality // *Ann. Intern. Med.* 2005. Vol. 142, N 1. P. 37–46. DOI: <http://doi.org/10.7326/0003-4819-142-1-200501040-00110>
- Schwingshackl L., Boeing H., Stelmach-Mardas M. et al. Dietary supplements and risk of cause-specific death, cardiovascular disease, and cancer: a systematic review and meta-analysis of primary prevention trials // *Adv. Nutr.* 2017. Vol. 8, N 1. P. 27–39. DOI: <http://doi.org/10.3945/an.116.013516>
- Viennois E., Chassaing B. First victim, later aggressor: How the intestinal microbiota drives the pro-inflammatory effects of dietary emulsifiers? // *Gut Microbes*. 2018. Vol. 9, N 3. P. 1–4. DOI: <http://doi.org/10.1080/19490976.2017.1421885>
- U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. 2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th ed. December 2015. URL: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines> (дата посещения: 22.07.2020)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2017. Guiding Principles for Developing Dietary Reference Intakes Based on Chronic Disease. Washington, D.C. : The National Academies Press. DOI: <http://doi.org/10.17226/24828>
- U.S. Department of Health and Human Services. NIH. 2020–2030 Strategic Plan for NIH Nutrition Research, May 2020.

- URL: <https://www.niddk.nih.gov/about-niddk/strategic-plans-reports/strategic-plan-nih-nutrition-research/> (дата посещения: 22.07.2020)
18. U.S. Department of Agriculture. US Department of Health & Human Services. Scientific report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee: advisory report to the Secretary of Health & Human Services and the Secretary of Agriculture. Washington, D.C. : US Department of Agriculture, US Department of Health; and Human Services, 2015. URL: <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/Scientific-Report-of-the-2015-Dietary-Guidelines-Advisory-Committee.pdf> (дата посещения: 22.07.2020)
  19. Химический состав Российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
  20. Nicklas T.A., Webber L.S., Thompson B., Berenson G. A multivariate model for assessing eating patterns and their relationship to cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study // *Am. J. Clin. Nutr.* 1989. Vol. 49. P. 1320–1327. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/49.6.1320>
  21. Hu F.B., Rimm E., Smith-Warner S.A. et al. Reproducibility and validity of dietary patterns assessed by a food frequency questionnaire // *Am. J. Clin. Nutr.* 1999. Vol. 69. P. 243–249. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/69.2.243>
  22. Barker M.E., McClean S.I., Stain J.J., Thompson K.A. Dietary behavior and health in Northern Ireland: an exploration of biochemical and haematological associations // *J. Epidemiol. Community Health.* 1992. Vol. 46. P. 151–156. DOI: <http://doi.org/10.1136/jech.46.2.151>
  23. Тутельян В.А., Самсонов М.А. Справочник по диетологии. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Медицина, 2003. 544 с.
  24. Hair J.F. Jr, Black W.C., Babin B.J. Multivariate Data Analysis. 7th ed., 2009.
  25. Tucker K.L., Dallal G.E., Rush D. Dietary patterns of elderly Boston-area residents defined by cluster analysis // *J. Am. Diet. Assoc.* 1992. Vol. 92. P. 1487–1491.
  26. Wirfält A.K., Jeffery R.W. Using cluster analysis to examine dietary patterns: nutrient intakes, gender, and weight status differ across food pattern clusters // *J. Am. Diet. Assoc.* 1997. Vol. 97, N 3. P. 272–279. DOI: [http://doi.org/10.1016/s0002-8223\(97\)00071-0](http://doi.org/10.1016/s0002-8223(97)00071-0)
  27. Akin J.S., Guilkey D.K., Popkin B.M., Fanelli M.T. Cluster analysis of food consumption patterns of older Americans // *J. Am. Diet. Assoc.* 1986. Vol. 86. P. 616–624.
  28. Farchi G., Mariotti S., Menotti A. et al. Diet and 20-y mortality in two rural population groups of middle-aged men in Italy // *Am. J. Clin. Nutr.* 1989. Vol. 50. P. 1095–1103. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1095>
  29. Huijbregts P.P.C.W., Fesjens E.J.M., Kromhout D. Dietary patterns and cardiovascular risk factors in elderly men: the Zutphen Elderly Study // *Int. J. Epidemiol.* 1995. Vol. 24. P. 313–320. DOI: <http://doi.org/10.1093/ije/24.2.313>
  30. SENeca investigators. Food patterns of elderly Europeans // *Eur. J. Clin. Nutr.* 1996. Vol. 50, suppl. P. S86–S100.
  31. Trichopoulos D., Lagiou P. Dietary patterns and mortality // *Br. J. Nutr.* 2001. Vol. 85. P. 133–134. DOI: <http://doi.org/10.1079/bjn2000282>
  32. Kant A.K. Indexes of overall diet quality: a review // *J. Am. Diet. Assoc.* 1996. Vol. 96. P. 785–791. DOI: [10.1016/S0002-8223\(96\)00217-9](http://doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00217-9)
  33. Kennedy E.T., Ohls J., Carlson S., Fleming K. The healthy eating index: design and applications // *J. Am. Diet. Assoc.* 1995. Vol. 95. P. 1103–1108. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0002-8223\(95\)00300-2](http://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00300-2)
  34. Пилипенко В.И., Исаков В.А., Зейгарник М.В. Метод оценки рационов питания сопоставлением пищевого паттерна // *Вопросы диетологии.* 2016. Т. 6, № 3. С. 72–76. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2016-3-72-76>
  35. The Food Guide Pyramid. Homes and Garden Bulletin No. 252. Washington, D.C. : US Department of Agriculture, Human Nutrition Information Service, 1992.
  36. US Department of Agriculture US Department of Health and Human Services. Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans. Homes and Garden Bulletin No. 232. Washington, D.C. : US Printing Office, 2000.
  37. Haines P.S., Siega-Riz A.M., Popkin B.M. The diet quality index revised: a measurement instrument for populations // *J. Am. Diet. Assoc.* 1999. Vol. 99. P. 697–704. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0002-8223\(99\)00168-6](http://doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00168-6).
  38. National Research Council – Committee on Diet and Health. Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk. Washington, D.C. : National Academy Press, 1989.
  39. Kant A.K., Schatzkin A., Harris T.B. et al. Dietary diversity and subsequent mortality in the First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study // *Am. J. Clin. Nutr.* 1993. Vol. 57. P. 434–440. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/57.3.434>
  40. Kant A.K., Schatzkin A., Ziegler R.G. Dietary diversity and subsequent cause-specific mortality in the NHANES I Epidemiologic Follow-up Study // *J. Am. Coll. Nutr.* 1995. Vol. 14. P. 233–238. DOI: <http://doi.org/10.1080/07315724.1995.10718501>
  41. McCann S.E., Randall E., Marshall J.R. et al. Diet diversity and risk of colon cancer in Western New York // *Nutr. Cancer.* 1994. Vol. 21. P. 133–141. DOI: <http://doi.org/10.1080/01635589409514311>
  42. Kant A.K., Schatzkin A., Graubard B.L., Schairer C. A prospective study of diet quality and mortality in women // *JAMA.* 2000. Vol. 283. P. 2109–2115. DOI: <http://doi.org/10.1001/jama.283.16.2109>
  43. Wirth M.D., Hébert J.R., Shivappa N. et al. Anti-inflammatory Dietary Inflammatory Index scores are associated with healthier scores on other dietary indices // *Nutr. Res.* 2016. Vol. 36, N 3. P. 214–219. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.11.009>
  44. Hébert J.R., Shivappa N., Wirth M.D. et al. Perspective: The Dietary Inflammatory Index (DII)-lessons learned, improvements made, and future directions // *Adv. Nutr.* 2019. Vol. 10. P. 185–195. DOI: <http://doi.org/10.1093/advances/nmy071>
  45. Lee H., Lee I.S., Choue R. Obesity, inflammation and diet // *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* 2013. Vol. 16. P. 143–152. DOI: <http://doi.org/10.5223/pghn.2013.16.3.143>
  46. Libby P. Inflammatory mechanisms: the molecular basis of inflammation and disease // *Nutr. Rev.* 2007. Vol. 65. P. S140–S146. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00352.x>
  47. Ahluwalia N., Andreeva V.A., Kesse-Guyot E., Hercberg S. Dietary patterns, inflammation and the metabolic syndrome // *Diabetes Metab.* 2013. Vol. 39. P. 99–110. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.diabet.2012.08.007>
  48. Shivappa N., Steck S.E., Hurley T.G., Hussey J.R., Hébert J.R. Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index // *Public Health Nutr.* 2014. Vol. 17. P. 1689–1696. DOI: <http://doi.org/10.1017/S1368980013002115>
  49. Морозов С.В. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь: роль факторов питания в патогенезе и лечении // *Вопросы питания.* 2013. Т. 82, № 5. С. 10–22. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00049>
  50. Nam S., Park B., Cho Y. et al. Different effects of dietary factors on reflux esophagitis and non-erosive reflux disease in 11,690 Korean subjects // *J. Gastroenterol.* 2016. Vol. 52, N 7. P. 818–829. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00535-016-1282-1>
  51. El-Serag H. Dietary intake and the risk of gastro-oesophageal reflux disease: a cross sectional study in volunteers // *Gut.* 2005. Vol. 54, N 1. P. 11–17. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.2004.040337>
  52. Коновалова М.Д., Морозов С.В., Исаков В.А. Особенности питания больных с различными формами гастроэзофагеальной рефлюксной болезни особенности питания больных с различными формами гастроэзофагеальной рефлюксной болезни // *Вопросы питания.* 2016. Т. 85, № 4. С. 35–45. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00049>
  53. Colombo P., Mangano M., Bianchi P., Penagini R. Effect of calories and fat on postprandial gastro-oesophageal reflux // *Scand. J. Gastroenterol.* 2002. Vol. 37, N 1. P. 3–5. DOI: <http://doi.org/10.1080/003655202753387266>
  54. Mohammed I., Nightingale P., Trudgill N.J. Risk factors for gastro-oesophageal reflux disease symptoms: a community study // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2005. Vol. 21, N 7. P. 821–827. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2005.02426.x>

55. Nandurkar S., Locke G.R. 3rd, Fett S. et al. Relationship between body mass index, diet, exercise and gastro-oesophageal reflux symptoms in a community // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2004. Vol. 20, N 5. P. 497–505. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2004.02156.x>
56. Terry P., Lagergren J., Wolk A. et al. Reflux-inducing dietary factors and risk of adenocarcinoma of the esophagus and gastric cardia // *Nutr. Cancer.* 2000. Vol. 38, N 2. P. 186–191. DOI: [http://doi.org/10.1207/S15327914NC382\\_7](http://doi.org/10.1207/S15327914NC382_7)
57. Morozov S., Kropochev V. Types and number of gastroesophageal reflux episodes correlate with nutritional patterns // *Neurogastroenterol. Motil.* 2019. Vol. 31, N S4. P. 23–24. DOI: <http://doi.org/10.1111/nmo.13671>
58. Sun X.H., Ke M.Y., Wang Z.F., Liu X.H. Effects of two test-meals on transient lower esophageal sphincter relaxation in patients with gastroesophageal reflux disease and mechanism of gastroesophageal reflux // *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao.* 2004. Vol. 26, N 6. P. 628–633.
59. Penagini R., Mangano M., Bianchi P.A. Effect of increasing the fat content but not the energy load of a meal on gastro-oesophageal reflux and lower oesophageal sphincter motor function // *Gut.* 1998. Vol. 42, N 3. P. 330–333. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.42.3.330>
60. Pehl C., Waizenhoefer A., Wendl B. et al. Effect of low and high fat meals on lower esophageal sphincter motility and gastroesophageal reflux in healthy subjects // *Am. J. Gastroenterol.* 1999. Vol. 94, N 5. P. 1192–1196. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1572-0241.1999.01064.x>
61. Nilsson M., Johnsen R., Ye W. et al. Lifestyle related risk factors in the aetiology of gastroesophageal reflux // *Gut.* 2004. Vol. 53. P. 1730–1735. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.2004.043265>
62. Морозов С.В., Исаков В.А., Коновалова М.Д. Влияние факторов питания на показатели закисления пищевода и количество гастроэзофагеальных рефлюксов у больных ГЭРБ // *Доказательная гастроэнтерология.* 2018. Т. 7, № 1. С. 75.
63. Морозов С.В., Коновалова М.Д., Исаков В.А. Взаимосвязь показателей фактического питания с количеством и типом гастроэзофагеальных рефлюксов // *Вопросы питания.* 2015. Т. 84, № S5. С. 55.
64. Borodina G., Morozov S. Children with gastroesophageal reflux disease consume more calories and fat compared to controls of same weight and age // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2020. Vol. 70, N 6. P. 808–814. DOI: <http://doi.org/10.1097/MPG.00000000000002652>
65. Бородина Г.В., Морозов С.В. Рацион больных ГЭРБ детского возраста характеризуется высоким потреблением энергии, белка и общего жира и низким содержанием полиненасыщенных жирных кислот // *Доказательная гастроэнтерология.* 2020. Т. 9, № 1. С. 52. DOI: <http://doi.org/10.17116/dokgastro20209012009>
66. Крочеч В.С., Морозов С.В., Ланцева М.А., Сасунова А.Н., Пилипенко В.И., Исаков В.А. Анализ паттернов питания у больных ГЭРБ: результаты пилотного исследования // *Терапевтический архив.* 2020. Т. 92, № 8. С. 66–72. DOI: <http://doi.org/10.26442/00403660.2020.08.000760>
67. Morozov S. Letter: dietary fibre benefits for the oesophagus – physical rather than metabolic action? // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2019. Vol. 49. P. 1367–1368. DOI: <http://doi.org/10.1111/apt.15233>
68. Morozov S., Isakov V., Konovalova M. Fiber-enriched diet helps to control symptoms and improves esophageal motility in patients with non-erosive gastroesophageal reflux disease // *World J. Gastroenterol.* 2018. Vol. 24, N 21. P. 2291–2299. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.v24.i21.2291>
69. Saberi-Firoozi M. Risk factors of gastroesophageal reflux disease in Shiraz, southern Iran // *World J. Gastroenterol.* 2007. Vol. 13, N 41. Article ID 5486. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.v13.i41.5486>
70. Nocon M., Labenz J., Willich S. Lifestyle factors and symptoms of gastro-oesophageal reflux – a population-based study // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2006. Vol. 23, N 1. P. 169–174. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2006.02727.x>
71. Kumar S., Sharma S., Norboo T. et al. Population based study to assess prevalence and risk factors of gastroesophageal reflux disease in a high altitude area // *Indian J. Gastroenterol.* 2010. Vol. 30, N 3. P. 135–143. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12664-010-0066-4>
72. Mostaghni A., Mehrabani D., Khademolhosseini F. et al. Prevalence and risk factors of gastroesophageal reflux disease in Qashqai migrating nomads, southern Iran // *World J. Gastroenterol.* 2009. Vol. 15, N 8. Article ID 961. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.15.961>
73. Morozov S., Isakov V. The Effect of Diet Composition change on high-resolution oesophageal manometry metrics in non-erosive gastroesophageal reflux disease patients // *Curr. Dev. Nutr.* 2020. Vol. 4, suppl. 2. P. 54. DOI: [http://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040\\_054](http://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040_054)
74. Kubo A., Levin T.R., Block G. et al. Dietary patterns and the risk of Barrett's esophagus // *Am. J. Epidemiol.* 2008. Vol. 167, N 7. P. 839–846. DOI: <http://doi.org/10.1093/aje/kwm381>
75. Bhatia S.J., Reddy D.N., Ghoshal U.C. et al. Epidemiology and symptom profile of gastroesophageal reflux in the Indian population: report of the Indian Society of Gastroenterology Task Force // *Indian J. Gastroenterol.* 2011. Vol. 30, N 3. P. 118–127. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12664-011-0112-x>
76. Keshteli A.H., Shaabani P., Tabibian S.R. et al. The relationship between fruit and vegetable intake with gastroesophageal reflux disease in Iranian adults // *J. Res. Med. Sci.* 2017. Vol. 22. P. 125. DOI: [http://doi.org/10.4103/jrms.JRMS\\_283\\_17](http://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_283_17)
77. Морозов С.В., Коновалова М.Д., Исаков В.А. Пищевые паттерны у пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью как инструмент поиска компонентов для создания функциональных пищевых продуктов // *Вопросы диетологии.* 2016. Т. 6, № 2. С. 5–13. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2016-2-5-13>
78. Пилипенко В.И., Балмашнова А.В. Особенности рационов больных с различными вариантами синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2018. Т. 158, № 10. С. 34–42. DOI: <http://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-158-10-34-42>
79. Пилипенко В.И., Исаков В.А., Морозов С.В. и др. Влияние пищевых паттернов на формирование различных вариантов синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке и эффективность проводимой терапии // *Терапевтический архив.* 2019. Т. 91, № 10. С. 82–90. DOI: <http://doi.org/10.26442/00403660.2019.10.000496>
80. Пилипенко В.И., Исаков В.А., Власова А.В. и др. Роль пищевого разнообразия рациона в формировании синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // *Вопросы питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 54–63. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10006>
81. Диетология : руководство. 2-е изд. / под ред. А.Ю. Барановского. Санкт-Петербург : Питер, 2006. 960 с.
82. Пилипенко В.И., Исаков В.А., Власова А.В., Ланцева М.А., Морозов С.В. Взаимосвязь способов тепловой кулинарной обработки пищи с наличием синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // *Вопросы питания.* 2020. Т. 89, № 3. С. 106–113. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10034>
83. Tucker K.L. Dietary patterns, approaches, and multicultural perspective // *Appl. Physiol. Nutr. Metab. Physiol.* 2010. Vol. 35, N 2. P. 211–218. DOI: <http://doi.org/10.1139/H10-010>
84. Kant A.K. Dietary patterns and health outcomes // *J. Am. Diet. Assoc.* 2004. Vol. 104, N 4. P. 615–635. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jada.2004.01.010>
85. Michels K.B., Schulze M.B. Can dietary patterns help us detect diet? Disease associations? // *Nutr. Res. Rev.* 2005. Vol. 18, N 2. P. 241–248. DOI: <http://doi.org/10.1079/NRR2005107>
86. Katz D.L., Meller S. Can we say what diet is best for health? // *Annu. Rev. Public Health.* 2014. Vol. 35. P. 83–103. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182351>

87. Borges C.A., Rinaldi A.E., Conde W.L. et al. Dietary patterns: a literature review of the methodological characteristics of the main steps of the multivariate analyzes // *Rev. Bras. Epidemiol.* 2015. Vol. 18, N 4. P. 837–857. DOI: <http://doi.org/10.1590/1980-5497201500040013>
88. Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Драпкина О.М. Эмпирические модели питания и их влияние на состояние здоровья в эпидемиологических исследованиях // *Вопросы питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 6–18. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10001>

## References

- Drossman D.A. Functional Gastrointestinal Disorders: History, Pathophysiology, Clinical Features and Rome IV. *Gastroenterology.* 2016; 150 (6): 1262–79. DOI: <http://doi.org/10.1053/j.gastro.2016.02.032>
- Sperber A.D., Drossman D.A., Quigley E.M. The global perspective on irritable bowel syndrome: a Rome Foundation-World Gastroenterology Organisation symposium. *Am J Gastroenterol.* 2012; 107 (11): 1602–9. DOI: <http://doi.org/10.1038/ajg.2012.106>
- Frazzoni L., Frazzoni M., de Bortoli N., et al. Critical appraisal of Rome IV criteria: hypersensitive esophagus does belong to gastroesophageal reflux disease spectrum. *Ann Gastroenterol.* 2018; 31 (1): 1–7. DOI: <http://doi.org/10.20524/aog.2017.0199>
- Gordon O.L. Chronic gastritis and so-called functional diseases of the stomach. Moscow: Medgiz, 1959: 298 p. (in Russian)
- The nutritiology and clinical dietology: national guide. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 656 p. DOI: <http://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-656> (in Russian)
- Jacobs D.R., Tapsell L.C. Food, not nutrients, is the fundamental unit in nutrition. *Nutr Rev* 2007; 65: 439–50. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00269.x>
- GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age–sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2015; 385: 117–71. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61682-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61682-2)
- Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol.* 2002; 13: 3–9. DOI: <http://doi.org/10.1097/00041433-200202000-00002>
- Yang Q., Zhang Z., Gregg E.W., Flanders W.D., Merritt R., Hu F.B. Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults. *JAMA Intern Med.* 2014; 174: 516–24. DOI: <http://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.13563>
- Jenkins D.J.A., Spence J.D., Giovannucci E.L., et al. Supplemental vitamins and minerals for CVD prevention and treatment. *J Am Coll Cardiol.* 2018; 71 (22): 2570–84. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.04.020>
- Alsharairi N.A. The effects of dietary supplements on asthma and lung cancer risk in smokers and non-smokers: a review of the literature. *Nutrients.* 2019; 11 (4): 725. DOI: <http://doi.org/10.3390/nu11040725>
- Miller E.R. 3rd, Pastor-Barriuso R., Dalal D., Riemersma R.A., Appel L.J., Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. *Ann Intern Med.* 2005; 142 (1): 37–46. DOI: <http://doi.org/10.7326/0003-4819-142-1-200501040-00110>
- Schwingshackl L., Boeing H., Stelmach-Mardas M., et al. Dietary supplements and risk of cause-specific death, cardiovascular disease, and cancer: a systematic review and meta-analysis of primary prevention trials. *Adv Nutr.* 2017; 8 (1): 27–39. DOI: <http://doi.org/10.3945/an.116.013516>
- Viennois E., Chassaing B. First victim, later aggressor: How the intestinal microbiota drives the pro-inflammatory effects of dietary emulsifiers? *Gut Microbes.* 2018; 9 (3): 1–4. DOI: <http://doi.org/10.1080/19490976.2017.1421885>
- U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. 2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th ed. December 2015. URL: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines> (date of access July 22, 2020)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2017. Guiding Principles for Developing Dietary Reference Intakes Based on Chronic Disease. Washington, D.C.: The National Academies Press. DOI: <http://doi.org/10.17226/24828>
- U.S. Department of Health and Human Services. NIH. 2020–2030 Strategic Plan for NIH Nutrition Research, May 2020. URL: <https://www.niddk.nih.gov/about-niddk/strategic-plans-reports/strategic-plan-nih-nutrition-research/> (date of access July 22, 2020)
- U.S. Department of Agriculture. US Department of Health & Human Services. Scientific report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee: advisory report to the Secretary of Health & Human Services and the Secretary of Agriculture. Washington, D.C.: US Department of Agriculture, US Department of Health; and Human Services, 2015. URL: <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/Scientific-Report-of-the-2015-Dietary-Guidelines-Advisory-Committee.pdf> (date of access July 22, 2020)
- Chemical composition of Russian food products. Handbook. Edited by Skurikhin I.M., V.A. Tutelyan. Moscow: DeLi print, 2002: 236 p. (in Russian)
- Nicklas T.A., Webber L.S., Thompson B., Berenson G. A multivariate model for assessing eating patterns and their relationship to cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr.* 1989; 49: 1320–7. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/49.6.1320>
- Hu F.B., Rimm E., Smith-Warner S.A., et al. Reproducibility and validity of dietary patterns assessed by a food frequency questionnaire. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69: 243–9. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/69.2.243>
- Barker M.E., McClean S.I., Stain J.J., Thompson K.A. Dietary behavior and health in Northern Ireland: an exploration of biochemical and haematological associations. *J Epidemiol Community Health.* 1992; 46: 151–6. DOI: <http://doi.org/10.1136/jech.46.2.151>
- Tutelyan V.A., Samsonov M.A. Handbook on dietology. 3rd ed., reprint and add. Moscow: Meditsina, 2003: 544 p. (in Russian)
- Hair J.F. Jr, Black W.C., Babin B.J. *Multivariate Data Analysis.* 7th ed., 2009.
- Tucker K.L., Dallal G.E., Rush D. Dietary patterns of elderly Boston-area residents defined by cluster analysis. *J Am Diet Assoc.* 1992; 92: 1487–91.
- Wirfält A.K., Jeffery R.W. Using cluster analysis to examine dietary patterns: nutrient intakes, gender, and weight status differ across food pattern clusters. *J Am Diet Assoc.* 1997; 97 (3): 272–9. DOI: [http://doi.org/10.1016/s0002-8223\(97\)00071-0](http://doi.org/10.1016/s0002-8223(97)00071-0)
- Akin J.S., Guilkey D.K., Popkin B.M., Fanelli M.T. Cluster analysis of food consumption patterns of older Americans. *J Am Diet Assoc.* 1986; 86: 616–24.
- Farchi G., Mariotti S., Menotti A., et al. Diet and 20-y mortality in two rural population groups of middle-aged men in Italy. *Am J Clin Nutr.* 1989; 50: 1095–103. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1095>
- Huijbregts P.P.C.W., Fesjens E.J.M., Kromhout D. Dietary patterns and cardiovascular risk factors in elderly men: the Zutphen Elderly Study. *Int J Epidemiol.* 1995; 24: 313–20. DOI: <http://doi.org/10.1093/ije/24.2.313>
- SENECA investigators. Food patterns of elderly Europeans. *Eur J Clin Nutr.* 1996; 50 (suppl): S86–100.
- Trichopoulos D., Lagiou P. Dietary patterns and mortality. *Br J Nutr.* 2001; 85: 133–4. DOI: <http://doi.org/10.1079/bjn.2000282>

32. Kant A.K. Indexes of overall diet quality: a review. *J Am Diet Assoc.* 1996; 96: 785–91. DOI: 10.1016/S0002-8223(96)00217-9
33. Kennedy E.T., Ohls J., Carlson S., Fleming K. The healthy eating index: design and applications. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95: 1103–8. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0002-8223\(95\)00300-2](http://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00300-2)
34. Pilipenko V.I., Isakov V.A., Zeygarnik M.V. A method of dietary assessment by comparison of eating patterns. *Voprosy dietologii [Problems of Dietology]*. 2016; 6 (3): 72–6. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2016-3-72-76> (in Russian)
35. The Food Guide Pyramid. *Homes and Garden Bulletin No. 252*. Washington, D.C.: US Department of Agriculture, Human Nutrition Information Service, 1992.
36. US Department of Agriculture US Department of Health and Human Services. *Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans*. *Homes and Garden Bulletin No. 232*. Washington, D.C.: US Printing Office, 2000.
37. Haines P.S., Siega-Riz A.M., Popkin B.M. The diet quality index revised: a measurement instrument for populations. *J Am Diet Assoc.* 1999; 99: 697–704. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0002-8223\(99\)00168-6](http://doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00168-6).
38. National Research Council – Committee on Diet and Health. *Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989.
39. Kant A.K., Schatzkin A., Harris T.B., et al. Dietary diversity and subsequent mortality in the First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study. *Am J Clin Nutr.* 1993; 57: 434–40. DOI: <http://doi.org/10.1093/ajcn/57.3.434>
40. Kant A.K., Schatzkin A., Ziegler R.G. Dietary diversity and subsequent cause-specific mortality in the NHANES I Epidemiologic Follow-up Study. *J Am Coll Nutr.* 1995; 14: 233–38. DOI: <http://doi.org/10.1080/07315724.1995.10718501>
41. McCann S.E., Randall E., Marshall J.R., et al. Diet diversity and risk of colon cancer in Western New York. *Nutr Cancer.* 1994; 21: 133–41. DOI: <http://doi.org/10.1080/01635589409514311>
42. Kant A.K., Schatzkin A., Graubard B.L., Schairer C. A prospective study of diet quality and mortality in women. *JAMA.* 2000; 283: 2109–15. DOI: <http://doi.org/10.1001/jama.283.16.2109>.
43. Wirth M.D., Hébert J.R., Shivappa N., et al. Anti-inflammatory Dietary Inflammatory Index scores are associated with healthier scores on other dietary indices. *Nutr Res.* 2016; 36 (3): 214–9. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.11.009>
44. Hebert J.R., Shivappa N., Wirth M.D., et al. Perspective: The Dietary Inflammatory Index (DII)-lessons learned, improvements made, and future directions. *Adv Nutr.* 2019; 10: 185–95. DOI: <http://doi.org/10.1093/advances/nmy071>
45. Lee H., Lee I.S., Choue R. Obesity, inflammation and diet. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr.* 2013; 16: 143–52. DOI: <http://doi.org/10.5223/pghn.2013.16.3.143>
46. Libby P. Inflammatory mechanisms: the molecular basis of inflammation and disease. *Nutr Rev.* 2007; 65: S140–6. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00352.x>
47. Ahluwalia N., Andreeva V.A., Kesse-Guyot E., Hercberg S. Dietary patterns, inflammation and the metabolic syndrome. *Diabetes Metab.* 2013; 39: 99–110. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.diabet.2012.08.007>
48. Shivappa N., Steck S.E., Hurley T.G., Hussey J.R., Hebert J.R. Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index. *Public Health Nutr.* 2014; 17: 1689–96. DOI: <http://doi.org/10.1017/S1368980013002115>
49. Morozov S.V. Gastroesophageal reflux disease: the role of nutritional patterns in pathogenesis and treatment. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2013; 82 (5): 10–22. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00049> (in Russian)
50. Nam S., Park B., Cho Y., et al. Different effects of dietary factors on reflux esophagitis and non-erosive reflux disease in 11,690 Korean subjects. *J Gastroenterol.* 2016; 52 (7): 818–29. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00535-016-1282-1>
51. El-Serag H. Dietary intake and the risk of gastro-oesophageal reflux disease: a cross sectional study in volunteers. *Gut.* 2005; 54 (1): 11–7. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.2004.040337>
52. Konovalova M.D., Morozov S.V., Isakov V.A. Nutritional status of patients with different types of gastroesophageal reflux disease. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 85 (4): 35–45. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2016-00049> (in Russian)
53. Colombo P., Mangano M., Bianchi P., Penagini R. Effect of calories and fat on postprandial gastro-oesophageal reflux. *Scand J Gastroenterol.* 2002; 37 (1): 3–5. DOI: <http://doi.org/10.1080/003655202753387266>
54. Mohammed I., Nightingale P., Trudgill N.J. Risk factors for gastro-oesophageal reflux disease symptoms: a community study. *Aliment Pharmacol Ther.* 2005; 21 (7): 821–7. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2005.02426.x>
55. Nandurkar S., Locke G.R. 3rd, Fett S., et al. Relationship between body mass index, diet, exercise and gastro-oesophageal reflux symptoms in a community. *Aliment Pharmacol Ther.* 2004; 20 (5): 497–505. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2004.02156.x>
56. Terry P., Lagergren J., Wolk A., et al. Reflux-inducing dietary factors and risk of adenocarcinoma of the esophagus and gastric cardia. *Nutr Cancer.* 2000; 38 (2): 186–91. DOI: [http://doi.org/10.1207/S15327914NC382\\_7](http://doi.org/10.1207/S15327914NC382_7).
57. Morozov S., Kropochev V. Types and number of gastroesophageal reflux episodes correlate with nutritional patterns. *Neurogastroenterol Motil.* 2019; 31 (S4): 23–4. DOI: <http://doi.org/10.1111/nmo.13671>
58. Sun X.H., Ke M.Y., Wang Z.F., Liu X.H. Effects of two test-meals on transient lower esophageal sphincter relaxation in patients with gastroesophageal reflux disease and mechanism of gastroesophageal reflux. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao.* 2004; 26 (6): 628–33.
59. Penagini R., Mangano M., Bianchi P.A. Effect of increasing the fat content but not the energy load of a meal on gastro-oesophageal reflux and lower oesophageal sphincter motor function. *Gut.* 1998; 42 (3): 330–3. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.42.3.330>
60. Pehl C., Waizenhoefer A., Wendl B., et al. Effect of low and high fat meals on lower esophageal sphincter motility and gastroesophageal reflux in healthy subjects. *Am J Gastroenterol.* 1999; 94 (5): 1192–6. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1572-0241.1999.01064.x>
61. Nilsson M., Johnsen R., Ye W., et al. Lifestyle related risk factors in the aetiology of gastroesophageal reflux. *Gut.* 2004; 53: 1730–5. DOI: <http://doi.org/10.1136/gut.2004.043265>
62. Morozov S.V., Isakov V.A., Konovalova M.D. Influence of nutrition factors on esophageal acid exposure time and the number of gastroesophageal reflux in patients with GERD. *Dokazatel'naya gastroenterologiya [Evidence-Based Gastroenterology]*. 2018; 7 (1): 75. (in Russian)
63. Morozov S.V., Konovalova M.D., Isakov V.A. Correlation of actual nutrition indicators with the number and type of gastroesophageal reflux. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2015; 84 (S5): 55. (in Russian)
64. Borodina G., Morozov S. Children with gastroesophageal reflux disease consume more calories and fat compared to controls of same weight and age. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2020; 70 (6): 808–14. DOI: <http://doi.org/10.1097/MPG.0000000000002652>
65. Borodina G.V., Morozov S.V. The diet of children with GERD is characterized by high consumption of energy, protein and total fat and low content of polyunsaturated fatty acids. *Dokazatel'naya gastroenterologiya [Evidence-Based Gastroenterology]*. 2020; 9 (1): 52. DOI: <http://doi.org/10.17116/dokgastro20209012009> (in Russian)
66. Kropochev V.S., Morozov S.V., Lantseva M.A., Sasunova A.N., Pilipenko V.I., Isakov V.A. Food patterns in Russian patients with gastroesophageal reflux disease: the results of pilot comparative study. *Terapevticheskiy arkhiv [Therapeutic Archive]*. 2020; 92 (8): 66–72. DOI: <http://doi.org/10.26442/00403660.2020.08.000760> (in Russian)
67. Morozov S. Letter: dietary fibre benefits for the oesophagus – physical rather than metabolic action? *Aliment Pharmacol Ther.* 2019; 49: 1367–8. DOI: <http://doi.org/10.1111/apt.15233>
68. Morozov S., Isakov V., Konovalova M. Fiber-enriched diet helps to control symptoms and improves esophageal motility in patients with non-erosive gastroesophageal reflux disease. *World J Gastro-*

- enterol. 2018; 24 (21): 2291–9. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.v24.i21.2291>
69. Saberi-Firoozi M. Risk factors of gastroesophageal reflux disease in Shiraz, southern Iran. *World J Gastroenterol.* 2007; 13 (41): 5486. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.v13.i41.5486>
  70. Nocon M., Labenz J., Willich S. Lifestyle factors and symptoms of gastro-oesophageal reflux – a population-based study. *Aliment Pharmacol Ther.* 2006; 23 (1): 169–74. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2006.02727.x>
  71. Kumar S., Sharma S., Norboo T., et al. Population based study to assess prevalence and risk factors of gastroesophageal reflux disease in a high altitude area. *Indian J Gastroenterol.* 2010; 30 (3): 135–43. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12664-010-0066-4>
  72. Mostaghni A., Mehrabani D., Khademolhosseini F., et al. Prevalence and risk factors of gastroesophageal reflux disease in Qashqai migrating nomads, southern Iran. *World J Gastroenterol.* 2009; 15 (8): 961. DOI: <http://doi.org/10.3748/wjg.15.961>
  73. Morozov S., Isakov V. The Effect of Diet Composition change on high-resolution oesophageal manometry metrics in non-erosive gastroesophageal reflux disease patients. *Curr Dev Nutr.* 2020; 4 (2): 54. DOI: [http://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040\\_054](http://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040_054)
  74. Kubo A., Levin T.R., Block G., et al. Dietary patterns and the risk of Barrett's esophagus. *Am J Epidemiol.* 2008; 167 (7): 839–46. DOI: <http://doi.org/10.1093/aje/kwm381>
  75. Bhatia S.J., Reddy D.N., Ghoshal U.C., et al. Epidemiology and symptom profile of gastroesophageal reflux in the Indian population: report of the Indian Society of Gastroenterology Task Force. *Indian J Gastroenterol.* 2011; 30 (3): 118–27. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12664-011-0112-x>
  76. Keshteli A.H., Shaabani P., Tabibian S.R., et al. The relationship between fruit and vegetable intake with gastroesophageal reflux disease in Iranian adults. *J Res Med Sci.* 2017; 22: 125. DOI: [http://doi.org/10.4103/jrms.JRMS\\_283\\_17](http://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_283_17)
  77. Morozov S.V., Konovalova M.D., Isakov V.A. Nutritional patterns in gastroesophageal reflux disease patients as an instrument for the development of functional foods. *Voprosy dietologii [Problems of Dietology]*. 2016; 6 (2): 5–13. DOI: <http://doi.org/10.20953/2224-5448-2016-2-5-13>. (in Russian).
  78. Pilipenko V.I., Balmashnova A.V. Comparison of food rations in different types of small intestinal bacterial overgrowth syndrome. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya [Experimental and Clinical Gastroenterology]*. 2018; 158 (10): 34–42. DOI: <http://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-158-10-34-42> (in Russian)
  79. Pilipenko V.I., Isakov V.A., Morozov S.V., et al. Association of food patterns with different forms of small intestinal bacterial overgrowth syndrome and treatment efficacy. *Terapevticheskiy arkhiv [Therapeutic Archive]*. 2019; 91 (10): 82–90. DOI: <http://doi.org/10.26442/00403660.2019.10.000496> (in Russian)
  80. Pilipenko V.I., Isakov V.A., Vlasova A.V., Naidenova M.A., Morozov S.V. The role of dietary diversity in the formation of syndrome intestinal bacterial overgrowth. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2020; 89 (1): 54–63. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10006> (in Russian)
  81. *Dietology: Handbook.* 2nd ed. In: A.Yu. Baranovskiy (ed.). Saint Petersburg: Piter, 2006: 960 p. (in Russian)
  82. Pilipenko V.I., Isakov V.A., Vlasova A.V., Lantseva M.A., Morozov S.V. Association of thermal food processing methods and small intestinal bacterial overgrowth syndrome. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2020; 89 (3): 106–13. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10034> (in Russian)
  83. Tucker K.L. Dietary patterns, approaches, and multicultural perspective. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol.* 2010; 35 (2): 211–8. DOI: <http://doi.org/10.1139/H10-010>
  84. Kant A.K. Dietary patterns and health outcomes. *J Am Diet Assoc.* 2004; 104 (4): 615–35. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jada.2004.01.010>
  85. Michels K.B., Schulze M.B. Can dietary patterns help us detect diet? Disease associations? *Nutr Res Rev.* 2005; 18 (2): 241–8. DOI: <http://doi.org/10.1079/NRR2005107>
  86. Katz D.L., Meller S. Can we say what diet is best for health? *Annu Rev Public Health.* 2014; 35: 83–103. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182351>
  87. Borges C.A., Rinaldi A.E., Conde W.L., et al. Dietary patterns: a literature review of the methodological characteristics of the main steps of the multivariate analyzes. *Rev Bras Epidemiol.* 2015; 18 (4): 837–57. DOI: <http://doi.org/10.1590/1980-5497201500040013>
  88. Maksimov S.A., Karamnova N.S., Shalnova S.A., Drapkina O.M. Empirical dietary patterns and their influence on health in epidemiological studies. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2020; 89 (1): 6–18. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10001> (in Russian)

**Для корреспонденции**

Ревякина Вера Афанасьевна (Vera A. Revyakina) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением аллергологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21  
Телефон: (499) 794-36-12  
E-mail: 5356797@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1149-7927>

Ревякина В.А.

## Проблема пищевой аллергии на современном этапе

The problem of food allergies at the present stage

Revyakina V.A.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology, and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Рост числа больных аллергическими заболеваниями, в основе которых лежит пищевая аллергия, стал одной из ведущих проблем XXI в. Расширение спектра пищевых аллергенов, ответственных за развитие пищевой аллергии, ставит вопрос о повышении знаний в этой области для практикующих врачей. В статье приведены данные о причинно-значимых пищевых аллергенах и пищевых добавках, вызывающих развитие пищевой аллергии, а также сведения о главных пищевых белках и их компонентах, участвующих в формировании перекрестной реактивности. Приводятся современные методы молекулярной диагностики и алгоритм диагностики пищевой аллергии и пищевой непереносимости.*

**Ключевые слова:** пищевая аллергия, пищевые аллергены, диагностика

*The increase in the number of patients with allergic diseases, which are caused by food allergy, has become one of the leading problems of the XXI century. Expanding the spectrum of food allergens responsible for the development of food allergies raises the question of increasing knowledge in this area for practitioners. The article presents data on causally significant food allergens and food additives that cause the development of food allergies, as well as information on the main food proteins and their components involved in the formation of cross-reactivity. Modern methods of molecular diagnostics and an algorithm for diagnosing food allergies and food intolerances are presented.*

**Keywords:** food allergy, food allergens, food additives, diagnostics

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие конфликтов интересов.

**Для цитирования:** Ревякина В.А. Проблема пищевой аллергии на современном этапе // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 186–192. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10052

**Статья поступила в редакцию** 04.06.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interest.** Author declares no conflict of interest.

**For citation:** Revyakina V.A. The problem of food allergies at the present stage. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 186–92.

DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10052 (in Russian)

**Received** 04.06.2020. **Accepted** 29.07.2020.

**А**ктуальность проблемы пищевой аллергии (ПА) на современном этапе подтверждается принятыми во многих странах мира национальными документами (программами), основной целью которых является просвещение практикующих врачей о последних достижениях в области ее диагностики, терапии и профилактики [1–5]. В этих документах подчеркивается важность разработки более точных диагностических методов (молекулярной диагностики) и поиск биомаркеров ПА для предупреждения развития тяжелых клинических проявлений болезни и улучшения качества жизни пациентов [1–5]. Столь высокая значимость данной проблемы связана с тем, что за последние годы заболеваемость аллергическими болезнями, в том числе и ПА, существенно возросла во всем мире, а среди причин жизнеугрожающих состояний (анафилаксии) пищевые продукты/аллергены стали занимать одно их ведущих мест [6–8]. ПА часто сопровождается такими заболеваниями, как бронхиальная астма, атопический дерматит, ангиоотек, крапивница. У больных с этими заболеваниями высока вероятность развития острых неотложных состояний, требующих интенсивной и/или реанимационной помощи, что увеличивает затраты на систему здравоохранения. Растет число пациентов с эозинофильными гастроинтестинальными проявлениями ПА, вызывающими наибольшие трудности в диагностике и назначении адекватного лечения. Увеличивается число психосоматических реакций, связанных с приемом определенных пищевых продуктов и характеризующихся появлением неспецифических симптомов (головная боль, раздражительность, депрессия), а также пищевая аверсия у школьников в виде отвращения к пищевым продуктам на подсознательном уровне. Появляются сообщения о нежелательных реакциях, возникающих на сладкие продукты и напитки, различные пищевые добавки (особенно искусственные). Все это требует проведения дифференциальной диагностики с ПА и назначения адекватной терапии, направленной на достижение долгосрочной ремиссии и профилактику тяжелого течения болезни [9, 10].

Высока вероятность развития аллергических реакций на скрытые аллергены в пищевых продуктах, о которых пациент не имеет или не может получить достоверную информацию. Опасность также представляют лекарственные препараты и косметические средства, которые содержат пищевые аллергены в качестве вспомогательных веществ [9, 10]. Поэтому во многих странах принято законодательство по маркировке пищевых продуктов и лекарственных средств. В настоящее время официально обозначены 14 пищевых аллергенов/антигенов, которые подлежат обязательной декларации. К ним относятся альбумин, казеин, соя, лизоцим, пшеничный или кукурузный крахмал, яйцо, орехи (фундук, грецкие орехи), арахис, кунжут, лактоза, сельдерей, диоксид серы, сульфиты [11]. Такая информация помогает больным ПА избежать аллергических реакций на пищевые продукты, лекарственные препараты или косметические средства.

Таким образом, новые данные о потенциальных пищевых аллергенах позволят регулировать частоту нежелательных реакций и предупредить развитие системных аллергических реакций, угрожающих жизни человека. Это поможет существенно снизить экономическую нагрузку на систему здравоохранения.

## Определение и классификация

На современном этапе развития ПА характеризуется как неблагоприятная (побочная) реакция, связанная со специфическим иммунным ответом организма на аллергенные пищевые продукты [12]. Основу ПА составляют различные иммунопатологические механизмы: IgE-опосредуемые, не-IgE-зависимые (клеточно-опосредованные), а также смешанные формы иммунных реакций. При этом поражаются различные органы и системы: кожа, пищеварительный и респираторный тракт. В патологический процесс могут вовлекаться нервная, эндокринная, сердечно-сосудистая системы.

Возрастные особенности этиологической структуры и течения клинических проявлений ПА нашли отражение в следующей рабочей классификации (табл. 1).

## Пищевые аллергены

В современную базу аллергенов, разработанную Международным союзом иммунологических обществ, входит более 400 аллергенов ([http:// www.allergen.org](http://www.allergen.org)). Теоретически любой пищевой продукт может быть причиной аллергической реакции.

К пищевым аллергенам относят пищевые продукты животного и растительного происхождения, а также пищевые добавки. С позиций современной молекулярной диагностики важно определить компоненты (фракции) белков, обладающие наиболее высокими аллергенными свойствами, ответственные за развитие транзиторной (преходящей) или персистирующей (длительной) ПА, а также выявить гомологичные белки, обеспечивающие перекрестную реактивность между различными пищевыми и непищевыми белками.

Потенциальными пищевыми аллергенами животного происхождения являются коровье молоко, яйцо, рыба, морепродукты [5].

*Коровье молоко* – один из ведущих аллергенов у детей раннего возраста. Молоко содержит 30–35 г/л белков, среди которых выделяют сывороточные белки ( $\alpha$ -лактальбумин,  $\beta$ -лактоглобулин) и казеины ( $\alpha_s1$ -,  $\alpha_s2$ -,  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеины). Они имеют линейные и конформационные эпитопы, обладающие различными физико-химическими и аллергенными свойствами. Обычная промышленная переработка не удаляет белки молока. Термическая обработка преимущественно влияет на конформационную структуру белков молока (в основном сывороточных), за счет чего уменьшается их аллергенность. Линейные эпитопы казеинов, наоборот, термо-

Таблица 1. Рабочая классификация пищевой аллергии в зависимости от возраста, этиологии и механизмов ее развития

Table 1. Working classification of food allergy depending on age, etiology and mechanisms of its development

Клинические проявления <i>Clinical manifestations</i>	Возраст <i>Age</i>	Основные причинно-значимые пищевые продукты <i>Main causative foods</i>	Механизмы развития <i>Development mechanisms</i>
Гастроинтестинальные проявления	Новорожденные и дети раннего возраста	Коровье молоко, глютенсодержащие продукты, соя, яйцо, некоторые овощи	IgE- и не-IgE-опосредованные реакции
Атопический дерматит, ассоциированный с пищевой аллергией	Дети дошкольного возраста	Коровье молоко, глютенсодержащие продукты, соя, яйцо, некоторые овощи	В основном IgE-опосредованные реакции
Крапивница/ангиоотек по немедленному типу	Дети, взрослые		IgE-опосредованные реакции
Респираторные проявления (ринорея, зуд в полости носа, чихание или заложенность носа, бронхоспазм, кашель)	Дети, взрослые	Коровье молоко, соя, яйцо, некоторые фрукты	IgE-опосредованные реакции
Пищевая анафилаксия, индуцированная физической нагрузкой	Дети школьного возраста, взрослые	Рыба, морепродукты, арахис, орехи	IgE-опосредованные реакции
Анафилаксия	Дети, взрослые	Любой продукт	IgE-опосредованные реакции
Оральный аллергический синдром	Дети и взрослые	Фрукты, имеющие перекрестную реактивность с пыльцой растений	IgE-опосредованные реакции

стабильны, и термическое воздействие не влияет на их аллергенность. В незначительных количествах в молоке содержится бычий сывороточный альбумин – главный аллерген говядины, который по своим физическим и иммунологическим свойствам имеет сходство с альбумином сыворотки крови человека. Имеющие аллергенные свойства иммуноглобулины и лактоферрин присутствуют в коровьем молоке в небольших количествах.

Определение аллергенспецифических IgE-антител к цельному молочному белку и к его аллергенным фракциям имеет принципиальное значение для назначения персонализированной диетотерапии пациентам с аллергией к белкам коровьего молока. Выявление индивидуальной чувствительности к аллергенным фракциям белка коровьего молока дает возможность выбора высокогидролизованной лечебной смеси по субстрату гидролиза: сывороточного или казеинового. Определение аллергенспецифических IgE-антител к сывороточным белкам и казеину также имеет большое значение для прогноза развития и течения (персистирующей или транзиторной) ПА. Так, по нашим данным, у детей с аллергией к сывороточным белкам молока чаще развивалась оральная толерантность по сравнению с пациентами с повышенной чувствительностью к казеину (75,0 против 33,0%,  $p < 0,01$ ). В исследовании S. Yavuz и соавт. показано, что у детей с уровнями аллергенспецифических IgE  $< 6$  МЕ/л и генотипом GG гена *STAT6* быстрее наступала ремиссия молочной аллергии, чем у детей с уровнями аллергенспецифических IgE  $> 6$  МЕ/л и генотипом AA + AG ( $p < 0,001$ ) [13]. Поэтому для более точного прогноза течения ПА рекомендуется комплексное определение уровней аллергенспецифических IgE-антител к фракциям молочного белка и исследование полиморфизмов гена *STAT6* [14, 15].

Распространенным пищевым аллергеном у детей раннего возраста является *куриное яйцо*. Оно содержит 23 белка, главными мажорными аллергенами которого являются овомукоид (Gal d 1), овальбумин (Gal d 2), овотрансферрин (Gal d 3), яичный лизоцим (Gal d 4) и  $\alpha$ -ливетин (Gal d 5). Овомукоид обладает наибольшей устойчивостью к нагреванию и расщеплению протеолитическими ферментами, он отвечает за развитие персистирующей ПА. Отмечено, что при повышенных уровнях аллергенспецифических IgE к овомукоиду наблюдаются аллергические реакции на вареное яйцо [14–17]. Среди белков яичного желтка наиболее высокоаллергенным считается  $\alpha$ -ливетин. При этом большинство людей с аллергией на яйцо хорошо переносят желток. Поэтому при элиминации яиц из рациона питания следует учитывать индивидуальную чувствительность к его аллергенным компонентам. Целью диагностики должна стать идентификация тех компонентов белка яйца, к которым у пациента имеется толерантность.

*Рыба и морепродукты* (моллюски и ракообразные) – распространенная причина ПА, особенно пищевой анафилаксии. К ракообразным относятся креветки, крабы, лобстеры, раки, омары, моллюски кальмары, гребешки, улитки, устрицы, мидии. Аллергические реакции на рыбу стойкие, с возрастом практически не исчезают, и толерантность при этом не развивается. Главным аллергеном рыбы является парвальбумин, а моллюсков – тропомиозин. Данные белки обладают высокой термоустойчивостью. Этим можно объяснить возникновение аллергических перекрестных реакций на любую рыбу и на вдыхание паров при приготовлении пищи. Встречаются редкие случаи избирательной аллергии на рыбу (например, на один вид рыбы) [14].

К пищевым аллергенам растительного происхождения относятся злаки (пшеница, ячмень, рожь, овес, кукуруза, сорго, просо, рис); овощи (морковь, сельдерей, петрушка, укроп, томат, картофель, перец, баклажан); фрукты (киви, банан, апельсины, мандарины, лимон, яблоко, персик); ягоды (земляника, клубника, арбуз); бобовые (арахис, соевые бобы, зеленый горошек); орехи (лесной орех, каштан, кокос). Основными источниками пищевых аллергенов растительного происхождения являются PR-белки (белки защиты), липидтранспортные белки (LTP); профилины, или актинсвязывающие белки; проламины; резервные белки семян и белки хранения (запаса); а также углеводные детерминанты (CCD) [1].

Наиболее аллергенными свойствами обладает *пшеница*. Она содержит ряд белков: альбумины, глобулины, глютен (клейковина), который состоит из глиадина и глютенина. Основные аллергенные белки пшеницы – глиадин (проламиноновый белок) и глютенин (глютелиновый белок). Проламины злаков имеют свои обозначения: у ржи (секалины), ячменя (гордеины), кукурузы (зеины), овса (авсенины). Белки пшеницы могут вызывать кожные и гастроинтестинальные проявления аллергии. Описаны случаи гиперчувствительности к гидролизованым белкам пшеницы, которые входят в состав пищевых продуктов, а также некоторых косметических средств (мыло, шампунь и т.п.). Большинство больных с аллергией на пшеницу переносят другие злаки, например рис и кукурузу, из-за отсутствия компонентов, не реагирующих перекрестно с аллергенами пшеницы. Отмечена высокая перекрестная реактивность между экстрактом ячменя и пшеницы [14].

*Соя* широко используется в пищевой промышленности и является частой причиной развития аллергических реакций у детей и взрослых [5]. Главным аллергеном сои является белок Gly m 4, ответственный за развитие кожных и гастроинтестинальных симптомов, тяжелого орального синдрома и анафилаксии. У пациентов с аллергией к сое может развиваться аллергическая реакция на пыльцу березы из-за перекрестной реактивности между аллергенами Gly m 4 и Bet v 1 (березы), а также с аллергеном арахиса Ara h 8 [14].

*Соя* – частый скрытый аллерген в пищевых и непивных продуктах. Может содержаться в кондитерских изделиях, мясных полуфабрикатах, колбасах, лекарственных средствах, косметических изделиях.

*Арахис и орехи* (миндаль, бразильский орех, кешью, грецкие орехи, пекан, фисташки) – одна из ведущих причин системных аллергических реакций в виде анафилаксии, крапивницы и ангиотека. Белки арахиса и орехов термостабильны, и при термической обработке, наоборот, их аллергенность увеличивается. Арахис содержит 13 аллергенов, среди которых Ara h 1, Ara h 2 и Ara h 3 обладают наиболее аллергенными свойствами. Достаточно часто возникает перекрестная реактивность между аллергенными компонентами арахиса и аллергенами растений (березы, ольхи), фруктов (особенно персик). У детей с повышенной чувствительностью к белковому компо-

ненту арахиса (Ara h 8) могут наблюдаться легкие клинические проявления ПА. Главным аллергеном грецкого ореха является Jug r 1, который имеет перекрестную реактивность с другими орехами и кунжутом [18].

Среди зонтичных культур наиболее аллергенными являются *морковь и сельдерей*, которые могут быть причиной перекрестных реакций с аллергенами пыльцы березы или полыни.

Среди пасленовых культур следует выделить *картофель и томат*, способные вызывать аллергические реакции за счет содержания гликированных аллергенов. Главными аллергенами картофеля являются пататины (Sola t 1 и Sola t 2), а в томате – вакуолярная β-фруктофуранозидаза или инвертаза (сахараза), появление которой связано с созреванием плодов [19].

Из фруктов наиболее аллергенными свойствами обладают белки (Act d 1 -Act d 13) *киви*, которые могут вызывать как изолированную IgE-опосредованную реакцию, так и перекрестную аллергию у пациентов с повышенной чувствительностью к пыльце березы, трав и латексу [14].

Основными аллергенами *винограда* являются липид-транспортные белки (LTP), эндохитиназа, тауматинподобные белки, которые могут быть гомологичны некоторым протеинам фруктов (персик, вишня, яблона) [14]. Аллергия на виноград возможна у ряда пациентов с повышенной чувствительностью к полыни, после употребления белого или красного вина, иногда у пациентов с аллергией на латекс [20]. Она может быть избирательной, только к определенному сорту винограда, а может проявляться на любой сорт винограда. Неблагоприятные реакции на вина могут быть результатом присутствия других компонентов (сульфитов, диоксида серы, гистамина или спирта), что требует дифференциальной диагностики истинных и псевдоаллергических реакций. Аллергические реакции на виноград проявляются в виде орального аллергического синдрома, крапивницы, ангиотека. Выраженный метеоризм у ряда больных, возникающий после приема винограда, часто связан с наличием в нем фруктозы [20].

*Мед пчелиный* относится к высокоаллергенным продуктам, так как содержит цветочный нектар из пыльцы трав и деревьев. Причиной аллергических реакций на мед является перекрестная реактивность между компонентами пыльцы различных растений и пищевых продуктов. Чаще всего такая реакция отмечается у больных с аллергией на полынь и амброзию [13]. Сама пчелиная пыльца может быть загрязнена грибами *Aspergillus* и *Cladosporium* spp., которые способны стать причиной серьезных аллергических реакций у пациентов с повышенной чувствительностью к этим аллергенам [14].

Аллергические реакции может вызывать *пиво* за счет ячменного солода, хмеля, зерновых культур (пшеницы, кукурузы, риса), а также пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и пивных дрожжей низового брожения *Saccharomyces carlsbergensis*, используемых при производстве пива. Описаны случаи крапивницы и ангиотека при употреблении пива

Мясо – важный источник белка. Аллергические реакции на мясо млекопитающих встречаются не так часто. В основном они связаны с употреблением говядины, главными аллергенами которой являются сывороточный альбумин (Bosd 6) и иммуноглобулин IgG (Bosd 7), и большинство описанных реакций на говядину возникает у детей с аллергией на коровье молоко. В литературе последних лет появились сообщения о новых вариантах аллергических реакций на мясо, которые возникают у взрослых и связаны с перекрестной аллергией между мясом различных млекопитающих. Так, у пациентов с аллергической реакцией на свинину обнаружены высокие уровни аллергенспецифических IgE антител к сывороточному альбумину кошек Fel d 2. Перекрестная реактивность между сывороточным альбумином свинины (Suss PSA) и кошки (Fel d 2) приводит к развитию синдрома кошка–свинина, т.е. у сенсibilизированных к кошкам больных могут наблюдаться аллергические реакции при употреблении свинины [14]. Позднее было установлено, что у лиц с высокими уровнями IgE-антител к олигосахариду галактоза- $\alpha$ -1,3-галактоза (alpha-gal) отмечаются замедленные аллергические реакции через 2–6 ч после употребления мяса [13]. Этот олигосахарид, связанный с группами крови млекопитающих, не относящихся к приматам, присутствует во всех тканях и органах, включая красное мясо [14, 15], а также в слюне клещей *Amblyomma americanum* (США), *Ixodes holocyclus* (Австралия) и *Ixodes ricinus* (Европа). При укусе этих клещей возможно формирование сенсibilизации к alpha-gal, которая проявляется как аллергия к мясу [21].

Важную роль в развитии неблагоприятных реакций на мясо играют сопутствующие факторы (например, физические упражнения), количество съеденного мяса, содержание в нем других возможных аллергенов и т.п. [14]. Так, потребление вечером большого количества мяса повышает сократительную способность кишечника и тем самым влияет на абсорбцию аллергенов [14]. Описаны случаи, когда причиной анафилактики после приема мяса были антибиотики (пенициллин, тетрациклин, стрептомицин). У некоторых пациентов с аллергией на мясо отмечена реакция на бычий или свиной желатин. Из-за содержания alpha-gal в коллоидных растворах желатина у пациентов с аллергией на красное мясо может развиться перекрестная реакция на ряд лекарственных препаратов.

**Шоколад** – один из частых продуктов, вызывающих аллергические реакции у детей в виде атопического дерматита, крапивницы, ангиоотека. Составляющие основу шоколада какао-масло, какао-порошок и сахар при индивидуальной непереносимости могут вызывать аллергические реакции. Однако чаще всего аллергенами в шоколаде являются различные добавки, включая пищевые, и заменители. Это соевое, арахисовое, пальмовое, кокосовое масла, арахис, орехи, ароматизаторы, соевый лецитин, глютен пшеницы, сухофрукты, изюм, курага. В шоколад также добавляют молоко, которое является частой причиной аллергии у детей. Сильным

аллергеном в шоколаде считается хитин, который попадает в него в процессе переработки какао-бобов. Менее аллергенным для больного считается горький шоколад без орехов и сухофруктов. Он содержит 50–95% какао-бобов при минимальной концентрации других добавок.

Аллергические реакции могут вызвать некоторые **пищевые добавки**, в том числе **красители**, содержащие белки:

- аннато (E-160b, биксин, норбиксин) – краситель, придающий оранжевую либо желтую окраску йогуртам, пудингам, сырам, маргарину, сливочному маслу;
- кармин – краситель, который добавляют в колбасные изделия, мясные консервы, прохладительные напитки, конфеты, леденцы;
- желатин, применяемый в производстве различных пищевых продуктов, лекарственных форм в виде капсул, в косметике и т.п. [14].

Побочные реакции на искусственные красители (тартазин), усилители вкуса и консерванты (глутаматы и сульфиты) часто протекают по механизмам псевдоаллергических реакций, и их обозначают как пищевая непереносимость. Они могут быть вызваны медиаторами (гистамин, лейкотриены, простагландины и другие цитокины), которые высвобождаются из клеток – мишеней аллергии неспецифическим путем. Развитие псевдоаллергической реакции на пищевые продукты связано также с чрезмерным употреблением пищевых продуктов, богатых гистамином, тирамином, гистаминолибераторами или при избыточном образовании гистамина из пищевого субстрата. Увеличение концентрации гистамина в крови при псевдоаллергических реакциях может быть при его повышенном всасывании при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, или повышенном высвобождении гистамина из клеток-мишеней, или при нарушении его инактивации.

Пищевая непереносимость может возникать из-за врожденных и приобретенных ферментопатий. Примерами могут служить непереносимость лактозы и фруктозы. Большинство клинических проявлений пищевой непереносимости трудно отличить от истинной ПА. При пищевой непереносимости симптомы появляются постепенно, сохраняются длительно, а результаты специфических IgE-тестов при этом отрицательные [22]. У некоторых людей могут наблюдаться психогенные реакции на прием пищи.

Диагноз ПА ставят на основании анализа данных анамнеза, истории болезни и аллергологического обследования пациента. Диагностика проводится для выявления, подтверждения или исключения причинно-значимых пищевых аллергенов. Точный диагноз ПА чрезвычайно важен для подбора безопасной и рациональной элиминационной диеты. При отсутствии диагноза очень сложно правильно назначить адекватное лечение, оценить риски и прогноз развития ПА. Кроме того, необоснованная элиминация многих пищевых продуктов с неправильным рационом питания повышает риски развития дефицитных состояний, особенно белково-энергетической недостаточности.

Поэтому диагностика ПА основывается на комплексе клинических и лабораторных методов исследования. Клинические методы включают сбор общего и аллергологического анамнеза, анализ истории болезни, оценку симптомов болезни, кожные (скарификационные или Prick-тест) и провокационные (по строгим показаниям) тесты, пробную элиминационную диету сроком 7–10 дней, а лабораторные – определение уровней специфических IgE-антител к пищевым аллергенам с помощью тест-систем Immulite или ImmunoCAP, позволяющих с большой долей вероятности выявить виновный пищевой продукт. В последние годы активно внедряется метод компонентной (молекулярной) диагностики ImmunoCAP Solid Phase Allergen Chip (ISAC), который считается наиболее информативным лабораторным методом диагностики аллергии. Чипы, используемые в ImmunoCAP ISAC, способны определять аллергенспецифические IgE-антитела к причинно-значимым пищевым аллергенам, а также перекрестно реагирующие со структурно идентичными аллергенами различных биологических молекул. Например, с помощью этого метода можно определить в крови пациента мажорный аллерген пыльцы березы (Bet v 1) и структурно гомологичные с ним аллергенные белки пыльцы ольхи (Aln g 1), лесного ореха (Cor a 1), яблока (Mal d 1), персика (Pru p 1), сои (Gly m 4), арахиса (Ara h 8), сельдерея (Apr g 1), моркови (Dau c 1) и киви (Act d 8). Или у пациентов с повышенным уровнем аллергенспецифических IgE к казеину молока (Bos d 8) одновременно можно выявить аллергенспецифические IgE к овомукоиду яйца (Gal d 1) или Ara h 2 арахиса, к которым у пациента могут развиваться аллергические реакции [14, 22]. При диагностике ПА необходимо учитывать также воздействие сопутствующих заболеваний и кофакторов (физическая нагрузка, прием нестероидных противовоспалительных препаратов, инфекции и т.п.). В ходе наблюдения за больным оценивается течение болезни (сформируется ли толерантность или будет высокий риск тяжелой аллергической реакции и/или анафилаксии при повторном введении причинно-значимого пищевого аллергена). Следует помнить, что отрицательные результаты аллергологического обследования не исключают вероятность болезни, а положительные не всегда подтверждают диагноз.

Таким образом, внедрение новых методов молекулярной диагностики повышает возможности точной диагностики ПА и назначения персонализированной диеты и фармакотерапии.

## Лечение

Лечение ПА – трудная и сложная проблема. Она требует определенных знаний у практикующих врачей и самих пациентов. Просвещение больных ПА – одна из главных составляющих звеньев комплексной терапии. Это повышает приверженность к лечению и обеспечи-

вает контроль над течением болезни. Помимо этого, пациент с ПА должен внимательно изучать этикетку продуктов с полным составом их ингредиентов. В настоящее время в соответствии с законодательством многих стран мира производители должны указывать на упаковке продуктов 14 основных пищевых аллергенов. В Европейском союзе помимо 8 основных аллергенов обязательной является маркировка кунжута, сельдерея, горчицы, соевых бобов, диоксида серы, сульфитов (при уровнях этих консервантов >10 мг/л). В то же время многие пищевые продукты могут содержать коровье молоко, яйцо или орехи без указания на этикетках продукта. А при употреблении всего 1 мг арахиса, 1 мг яйца, 0,02 мл молока, 5 мг рыбы и 1 мг горчицы сохраняется высокий риск развития системных аллергических реакций [1].

Основным принципом лечения ПА является элиминационная диета с исключением причинно-значимого пищевого аллергена. Диета строится по индивидуальному плану в соответствии с клиническими проявлениями ПА, спектром сенсibilизации, возрастом, пищевым статусом ребенка, функциональным состоянием органов пищеварения, а также с учетом предшествующего рациона питания. В настоящее время назначают персонализированные диеты, основанные на элиминации конкретного пищевого аллергена и его высокоаллергенного компонента. При построении элиминационных диет следует учитывать возможные перекрестные реакции к разным группам пищевых продуктов и группам аллергенов.

Для вскармливания детей первого года жизни из группы риска развития атопии следует использовать особые профилактические смеси на основе умеренного гидролиза молочных белков [1]. Гипоаллергенная молочная смесь, предназначенная для профилактики аллергии, должна обеспечивать формирование у ребенка толерантности к белкам коровьего молока. Аллергенность смеси при этом должна быть снижена, но до определенного уровня, позволяющего сохранить достаточное количество так называемых толерогенных пептидов. Другими словами, глубина гидролиза белка в профилактической смеси должна быть специально подобрана. Профилактические смеси для детей с риском развития атопии необходимы для формирования оральной толерантности. Пищевая толерантность в норме может быть сформирована и у здорового ребенка при вскармливании смесями на основе цельного белка, поскольку цельный белок содержит в том числе пептиды толерогенной фракции.

Таким образом, полиморфизм клинических проявлений и сложность механизмов развития ПА, гетерогенность сенсibilизации к различным пищевым белкам и неодинаковый ответ на проводимую диетотерапию, а также особенности иммунного ответа ребенка диктуют необходимость индивидуального (персонализированного) подхода к назначению дието- и фармакотерапии.

## Литература

- EAACI Food Allergy and Anaphylaxis Guidelines: diagnosis and management of food allergy // *Allergy*. 2014. Vol. 69, N 8. P. 276.
- Japanese guidelines for allergy, 2017. DOI: <http://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.alit.2017.02.001>
- Complementary Feeding: a position paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2017. Vol. 64, N 1. P. 119–132. DOI: <http://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>
- Guidelines for the in the United States: report of the NIAID-Sponsored Expert Panel // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2010. Vol. 126. P. 6.
- Клинические рекомендации Министерства здравоохранения. Пищевая аллергия у детей, 2019.
- Tham E.H., Leung D.Y.M. How different parts of the world provide new insights into food allergy // *Allergy Asthma Immunol. Res.* 2018. Vol. 10, N 4. P. 290–299. DOI: <http://doi.org/10.4168/air.2018.10.4.290>
- Leung A.S.Y., Wong G.W.K., Tang M.L.K. Food allergy in the developing world // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2018. Vol. 141, N 1. P. 76–78.e1. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.11.008>
- Sicherer S.H., Sampson H.A. Food allergy: a review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2018. Vol. 141, N 1. P. 41–58. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.11.003>
- Allergy, Immunity and Tolerance in Early Childhood. Elsevier, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-420226-9.00001-2>
- Мачарадзе Д.Ш. Пищевая аллергия у детей и взрослых: клиника, диагностика, лечение. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 392 с.
- EAACI Global Atlas of Allergy, 2014. 388 p.
- Sampson H., Aceves S., Bock A. et al. Food allergy: a practice parameter update – 2014 // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2014. Vol. 134. P. 1016–1025.e43. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.05.013>
- Yavuz S., Buyuktiryaki B., Sahiner U. et al. Factors that predict the clinical reactivity and tolerance in children with cow's milk allergy // *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2013. Vol. 110. P. 284–289. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anai.2013.01.018>
- EAACI Molecular Allergology. User's Guide, 2016. 382 p.
- Fiocchi A., Schünemann H., Brozek A. Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA): a summary report // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2010. Vol. 126. P. 1119–1128. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2010.10.011>
- D'Urbano L., Pellegrino K., Artesani M. et al. Performance of a component-based allergen-microarray in the diagnosis of cow's milk and hen's egg allergy // *Clin. Exp. Allergy*. 2010. Vol. 40. P. 1561–1570. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2010.03568.x>
- Hasan S., Wells R., Davis C. Egg hypersensitivity in review // *Allergy Asthma Proc.* 2013. Vol. 34. P. 26–32. DOI: <http://doi.org/10.2500/aap.2013.34.3621>
- Asarnoj A., Nilsson C., Lidholm J. et al. Peanut component Ara h 8 sensitization and tolerance to peanut // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2012. Vol. 130. P. 468–472. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2012.05.019>
- Asero R. Tomato allergy: clinical features and usefulness of current routinely available diagnostic methods // *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 2013. Vol. 23. P. 37–42.
- Wigand P., Blettner M., Saloga J., Decker H. Prevalence of wine intolerance: results of a survey from Mainz, Germany // *Dtsch. Arztebl. Int.* 2012. Vol. 109. P. 437–444. DOI: <http://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0437>
- Scott P., Thomas A., Platts-Mills E. Delayed anaphylaxis to red meat in patients with IgE specific for galactose alpha-1,3-galactose (alpha-gal) // *Curr. Allergy Asthma Rep.* 2013. Vol. 13, N 1. P. 72–77. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0315-y>
- Turnbull J., Adams H., Gorard D. The Diagnosis and management of food allergy and food intolerances // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2015. Vol. 41. P. 3–25. DOI: <http://doi.org/10.1111/apt.12984>

## References

- EAACI Food Allergy and Anaphylaxis Guidelines: diagnosis and management of food allergy. *Allergy*. 2014; 69 (8): 276.
- Japanese guidelines for allergy, 2017. DOI: <http://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.alit.2017.02.001>
- Complementary Feeding: a position paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2017; 64 (1): 119–32. DOI: <http://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>
- Guidelines for the in the United States: report of the NIAID-Sponsored Expert Panel. *J. Allergy Clin Immunol.* 2010; 126: 6.
- Clinical Recommendations of the Ministry of Health. Food allergies in children, 2019. (in Russian)
- Tham E.H., Leung D.Y.M. How different parts of the world provide new insights into food allergy. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2018; 10 (4): 290–9. DOI: <http://doi.org/10.4168/air.2018.10.4.290>
- Leung A.S.Y., Wong G.W.K., Tang M.L.K. Food allergy in the developing world. *J. Allergy Clin Immunol.* 2018; 141 (1): 76–8.e1. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.11.008>
- Sicherer S.H., Sampson H.A. Food allergy: a review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management. *J. Allergy Clin Immunol.* 2018; 141 (1): 41–58. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.11.003>
- Allergy, Immunity and Tolerance in Early Childhood. Elsevier, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-420226-9.00001-2>
- Macharadze D.Sh. Food allergy in children and adults: clinic, diagnosis, treatment. Moscow: GEOTAR-Media, 2016: 392 p. (in Russian)
- EAACI Global Atlas of Allergy, 2014: 388 p.
- Sampson H., Aceves S., Bock A., et al. Food allergy: a practice parameter update – 2014. *J. Allergy Clin Immunol.* 2014; 134: 1016–25.e43. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.05.013>
- Yavuz S., Buyuktiryaki B., Sahiner U., et al. Factors that predict the clinical reactivity and tolerance in children with cow's milk allergy. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2013; 110: 284–9. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anai.2013.01.018>
- EAACI Molecular Allergology. User's Guide, 2016: 382 p.
- Fiocchi A., Schünemann H., Brozek A. Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA): a summary report. *J. Allergy Clin Immunol.* 2010; 126: 1119–28. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2010.10.011>
- D'Urbano L., Pellegrino K., Artesani M., et al. Performance of a component-based allergen-microarray in the diagnosis of cow's milk and hen's egg allergy. *Clin Exp Allergy.* 2010; 40: 1561–70. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2010.03568.x>
- Hasan S., Wells R., Davis C. Egg hypersensitivity in review. *Allergy Asthma Proc.* 2013; 34: 26–32. DOI: <http://doi.org/10.2500/aap.2013.34.3621>
- Asarnoj A., Nilsson C., Lidholm J., et al. Peanut component Ara h 8 sensitization and tolerance to peanut. *J. Allergy Clin Immunol.* 2012; 130: 468–72. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jaci.2012.05.019>
- Asero R. Tomato allergy: clinical features and usefulness of current routinely available diagnostic methods. *J. Investig. Allergol. Clin Immunol.* 2013; 23: 37–42.
- Wigand P., Blettner M., Saloga J., Decker H. Prevalence of wine intolerance: results of a survey from Mainz, Germany. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2012; 109: 437–44. DOI: <http://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0437>
- Scott P., Thomas A., Platts-Mills E. Delayed anaphylaxis to red meat in patients with IgE specific for galactose alpha-1,3-galactose (alpha-gal). *Curr Allergy Asthma Rep.* 2013; 13 (1): 72–7. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0315-y>
- Turnbull J., Adams H., Gorard D. The Diagnosis and management of food allergy and food intolerances. *Aliment Pharmacol Ther.* 2015; 41: 3–25. DOI: <http://doi.org/10.1111/apt.12984>

**Для корреспонденции**

Строкова Татьяна Викторовна – доктор медицинских наук, профессор РАН, заведующий отделением педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», заведующий кафедрой гастроэнтерологии и диетологии ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России  
 Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21  
 Телефон: (499) 794-35-08  
 E-mail: strokova\_t.v@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0762-0873>

Строкова Т.В.<sup>1, 2</sup>, Багаева М.Э.<sup>1, 2</sup>, Zubovich A.I.<sup>1</sup>, Павловская Е.В.<sup>1</sup>, Таран Н.Н.<sup>1, 2</sup>, Тин И.Ф.<sup>1</sup>, Матинян И.А.<sup>1</sup>, Дремучева Т.А.<sup>1</sup>, Кутырева Е.А.<sup>1</sup>, Васильева Е.А.<sup>1</sup>

## Питание и орфанные заболевания

### Nutrition and orphan diseases

Strokova T.V.<sup>1, 2</sup>, Bagaeva M.E.<sup>1, 2</sup>, Zubovich A.I.<sup>1</sup>, Pavlovskaya E.V.<sup>1</sup>, Taran N.N.<sup>1, 2</sup>, Tin I.F.<sup>1</sup>, Matinyan I.A.<sup>1</sup>, Dremucheva T.A.<sup>1</sup>, Kutyreva E.A.<sup>1</sup>, Vasil'eva E.A.<sup>1</sup>

- <sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117198, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation
- <sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), 117997, Moscow, Russian Federation

*Диагностика и лечение орфанных (редких) заболеваний является важной проблемой современной педиатрии в связи с разнообразными клиническими проявлениями и тяжелым течением данной группы болезней. К развитию орфанной патологии приводят наследственно обусловленные нарушения обмена с накоплением, отсутствием или недостаточным синтезом одного или нескольких метаболитов. Отсутствие своевременной диагностики и терапии у пациентов с такими заболеваниями сопровождается неблагоприятным прогнозом. При многих орфанных заболеваниях основным методом лечения является диетотерапия. Она должна основываться на детальном изучении пищевого статуса и быть персонализированной. Индивидуальный подход к диетотерапии позволяет добиться улучшения общего состояния пациента и повысить эффективность других видов лечения, что является необходимым условием для достижения стойкой компенсации метаболических нарушений, снижения*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность за помощь в организации и проведении медико-генетического обследования пациентов с орфанной патологией сотрудникам ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова» (директор – д-р мед. наук, чл.-корр. РАН С.И. Куцев), лаборатории наследственных болезней обмена веществ (заведующий – д-р мед. наук Е.Ю. Захарова).

**Для цитирования:** Строкова Т.В., Багаева М.Э., Zubovich A.I., Павловская Е.В., Таран Н.Н., Тин И.Ф., Матинян И.А., Дремучева Т.А., Кутырева Е.А., Васильева Е.А. Питание и орфанные заболевания // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 193–202. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10053

**Статья поступила в редакцию** 25.05.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgements.** Authors are grateful to staff of Research Centre for Medical Genetics and Hereditary Metabolic Diseases Laboratory for support in genetic evaluation of patients with orphan pathology.

**For citation:** Strokova T.V., Bagaeva M.E., Zubovich A.I., Pavlovskaya E.V., Taran N.N., Tin I.F., Matinyan I.A., Dremucheva T.A., Kutyreva E.A., Vasil'eva E.A. Nutrition and orphan diseases. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 193–202. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10053 (in Russian)

**Received** 25.05.2020. **Accepted** 29.07.2020.

риска развития осложнений и улучшения качества жизни. В статье суммирован опыт лечения детей с орфанными заболеваниями в отделении педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии Федерального исследовательского центра питания и биотехнологии. С 2008 г. в отделении наблюдаются 444 ребенка с нарушениями обмена углеводов, липидов, а также с более редко встречающимися заболеваниями: тирозинемией, дефицитом лизосомной кислой липазы, фруктоземией, нарушениями цикла мочевины, недостаточностью  $\alpha_1$ -антитрипсина и др. Представлены результаты обследования и лечения детей с болезнями накопления гликогена ( $n=131$ ), фруктоземией ( $n=18$ ), наследственными нарушениями обмена липидов ( $n=118$ ) и другими редкими заболеваниями. Мониторинг пищевого статуса позволяет своевременно корректировать терапию в зависимости от характера и тяжести патологического процесса, способствует благоприятному течению заболевания.

**Ключевые слова:** орфанные заболевания, диетотерапия, болезни накопления гликогена, пищевой статус

*Diagnosis and treatment of orphan (rare) diseases is an important problem of modern pediatrics due to multivarious clinical signs and severe course of this pathology. Orphan diseases are associated with accumulation, absence or insufficient synthesis of one or several metabolites in the organism. The absence of early diagnostics and treatment of patients with such diseases leads to bad prognosis. A diet is the main treatment method of many orphan diseases. A diet must be personalized and base on thorough examination of nutritional status. Individual diet therapy promotes an improvement of patient's status and enhances an effect of other forms of treatment for compensation of metabolic disorders, decrease of complication risk and increase of life quality. The article summarizes the experience of treatment of children with orphan diseases in the Department of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition of Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety. 444 patients with inherited disorders of carbohydrate metabolism, lipid metabolism and more rare diseases (tyrosinemia, lysosomal acid lipase deficit, fructosemia, urea cycle disturbances,  $\alpha_1$ -antitrypsin insufficiency etc.) have been evaluated in the Department since 2008. The results of the examination and treatment of children with glycogen storage diseases ( $n=131$ ), fructosemia ( $n=18$ ), inherited disturbances of lipid metabolism ( $n=118$ ) and other rare diseases are represented in the paper. The monitoring of nutritional status can help to correct therapy depending on character and severity of pathological process for benign course of the disease.*

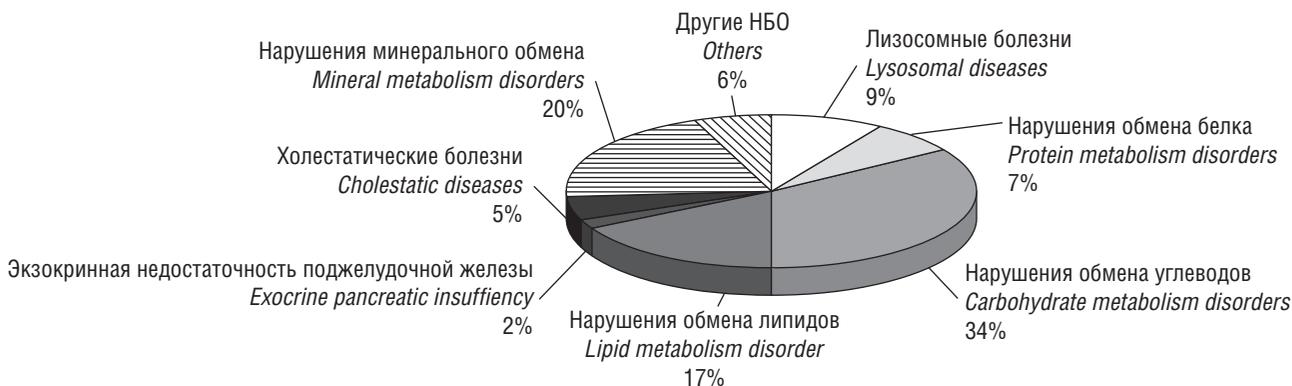
**Keywords:** orphan diseases, diet therapy, glycogen storage disease, nutritional status

Одной из важнейших проблем современной диетологии является оптимизация диетологических подходов к лечению тяжелых орфанных болезней, дебютирующих в раннем возрасте. К развитию орфанной патологии приводят наследственно обусловленные нарушения обмена с накоплением, отсутствием или недостаточным синтезом одного или нескольких метаболитов. При многих орфанных заболеваниях диетотерапия имеет решающее значение, являясь основным методом лечения. Отделение педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, организованное в 2008 г., специализируется на оказании медицинской помощи детям с редкими наследственными заболеваниями, протекающими с поражением желудочно-кишечного тракта. Данные болезни представляют собой обширную группу моногенных заболеваний, возникающих в результате мутаций структурных генов, под контролем которых осуществляется синтез различных функциональных белков организма. Большинство наследственных метаболических болезней наследуются по аутосомно-рецессивному типу, часть из них имеет

X-сцепленный тип наследования. С момента открытия отделения в динамике обследованы 444 ребенка с различными наследственными болезнями обмена веществ (см. рисунок).

Сотрудники отделения имеют большой опыт ведения пациентов с болезнями накопления гликогена, болезнью Вильсона, нарушениями липидного обмена, а также с более редко встречающимися заболеваниями: тирозинемией, дефицитом лизосомной кислой липазы, фруктоземией, нарушениями цикла мочевины, недостаточностью  $\alpha_1$ -антитрипсина и др.

Разнообразие клинических форм, связанные с этим трудности диагностики, тяжесть течения заболеваний, приводящих в большинстве случаев к инвалидизации больных, диктуют необходимость разработки новых подходов к диагностике, лечению и реабилитации этой группы больных. Особую важность приобретает диетотерапия. Для адекватного построения рациона необходимо знать патогенетические особенности течения заболевания, нужна углубленная оценка пищевого статуса с использованием современных диагностических методов, включающих детальный анализ антропоме-



Этиологическая структура обследованных детей с наследственными болезнями обмена веществ (НБО)

*Etiological structure of the examined children with hereditary metabolic diseases*

трических показателей, фактического питания с учетом вкусовых привычек, исследование биохимических показателей, витаминного статуса, компонентного состава тела и основного обмена энергии и макронутриентов. На основании результатов обследования для пациентов с орфанной патологией разрабатывают индивидуальную программу терапии, включающую как лечение основного заболевания, так и коррекцию выявленных нарушений пищевого статуса.

Среди наследственных заболеваний с **нарушением углеводного обмена** в отделение были госпитализированы дети с гликогеновой болезнью, фруктоземией, галактоземией, а также с фруктозо-1,6-бифосфатазной недостаточностью.

### Болезни накопления гликогена

Болезни накопления гликогена (БНГ) – группа наследственных болезней углеводного обмена, в основе патогенетических механизмов которых лежит дефект генов, кодирующих ферменты – регуляторы основных процессов гликогенеза и гликогенолиза [1]. Гликоген является источником энергии и резервом углеводов в организме и содержится во всех клетках. Он представляет собой разветвленный гомополимер глюкозы, в котором ее остатки соединены в линейных участках  $\alpha$ -1,4-гликозидной связью, а в точках ветвления –  $\alpha$ -1,6-гликозидными связями. Строение гликогена делает его легко доступным для ферментов, контролирующих последовательность его распада и синтеза [2]. По различным оценкам, распространенность БНГ варьирует от 1:20 000 до 1:300 000 в различных странах мира [3].

Современная классификация БНГ основана на определении биохимического дефекта, обуславливающего развитие клинической картины заболевания [1]. При различных типах гликогенозов нарушено использование гликогена для поддержания уровня глюкозы в крови, вследствие чего общим симптомом является гипогликемия в постабсорбтивный период (период с момента

завершения пищеварения до следующего приема пищи) [4–6]. Синтез гликогена осуществляется из глюкозы в различных органах и тканях. Глюкоза хранится в виде гликогена в цитоплазме печени, мышечной клеточной ткани и в небольших количествах в тканях мозга. Гликоген в печени действует как депо, которое поддерживает гомеостаз глюкозы в крови, а гликоген в скелетных мышцах обеспечивает энергию для мышц во время интенсивной нагрузки [6]. Распад гликогена до глюкозы осуществляется под влиянием гормональных изменений при участии ряда ферментов и не требует энергетических затрат.

Основным следствием генетических дефектов ферментных систем, отвечающих в организме человека за углеводный обмен, является избыточное накопление гликогена в печени, мышцах, в том числе сердечной, почках, что приводит к дисфункции этих органов. Мутации в генах, кодирующих ферменты в пути распада гликогена, приводят к развитию печеночных форм БНГ (I, III, IV, VI и IX типы). Для тяжелых форм БНГ (Ia, Ib, III тип) характерны гепатомегалия, «кукольная» внешность, низкий рост. В крови обнаруживают гипогликемию через 4–6 ч после приема пищи, лактат-ацидоз, гиперурикемию и гипертриглицеридемию, синдром цитолиза. Патогенез одного из основных симптомов БНГ-гипогликемии заключается в том, что при дефекте фермента глюкозо-6-фосфориллазы становится невозможным процесс дефосфорилирования глюкозо-6-фосфата в глюкозу. На фоне течения БНГ в связи с хроническим метаболическим ацидозом истощается натрий-бикарбонатная буферная система, и для нейтрализации катионов кислот организм использует депо кальция и фосфатов костной ткани, что приводит к нарушению минерализации костной ткани (остеопении, остеопорозу) и разрушению эмали зубов [7, 8].

Оценке пищевого статуса при БНГ посвящено несколько работ зарубежных авторов. Так, в исследовании, проведенном в Бразилии, показано, что 16 из 21 пациента имели избыточную массу тела и ожирение. Средняя величина Z-score индекса массы тела была +2,19

(от +1,5 до +2,8). У 4 из 21 ребенка отмечалось отставание в росте, у одного из них – значительное ( $Z$ -score < -3). Средний показатель  $Z$ -score роста составил -1,16 (от -1,76 до -0,58) [3]. Низкорослость пациентов старше 18 лет и задержка темпов роста у детей является характерным признаком БНГ I типа и имеет большое диагностическое значение [9]. Задержке роста могут способствовать гормональные нарушения, метаболический ацидоз и высокое содержание лактата в крови [3].

В отделении педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии в течение многих лет проводится изучение пищевого статуса детей с печеночными формами БНГ. Под наблюдением находятся 131 пациент в возрасте от 6 мес до 18 лет.

При анализе антропометрических данных обращает на себя внимание высокий процент ожирения в группах детей с I (24,0%) и III (26,3%) типами заболевания. Задержка роста зарегистрирована у 22,0% пациентов с БНГ, чаще при I (28,0%) и IX (25,7%) типах заболевания; выраженная задержка роста ( $Z$ -score роста к возрасту < -3) отмечена в 16,0 и 10,3% случаев соответственно. Исследование состава тела у детей с БНГ показало, что более чем у половины пациентов наблюдается снижение количества минеральных веществ. У 1/3 детей отмечался дефицит общей воды организма и массы скелетной мускулатуры. Показатели жировой массы были выше у детей с I типом БНГ. Анализ параметров основного обмена у детей с БНГ позволил выявить особенности метаболизма энергии и макронутриентов при данной патологии: у большинства пациентов отмечены изменения энерготрат покоя, уменьшение скорости окисления углеводов и компенсаторное увеличение скорости окисления жиров, снижение скорости окисления белка [10].

Изучение обеспеченности витаминами детей с БНГ показало, что уровень витаминов С, Е, В<sub>12</sub> и фолиевой кислоты находился в пределах нормы. У большинства детей с БНГ наблюдалось снижение содержания витамина D в сыворотке крови, которое имело сезонный характер: уровень витамина D достигал нормальных значений в летний период и имел выраженную тенденцию к снижению в осенне-зимний и весенний периоды. В моче отмечалось снижение содержания витамина В<sub>6</sub>, которое может быть обусловлено как недостаточным содержанием витамина в рационе, так и дефицитом витамина В<sub>2</sub>, который принимает участие в обмене пиридоксина. Вероятной причиной недостаточности никотиновой кислоты могут служить особенности питания пациентов с БНГ, диета которых является преимущественно высокоуглеводной, богатой зерновыми культурами при сравнительно низком количестве белка животного происхождения. У детей с БНГ обнаружен наиболее выраженный дефицит витамина В<sub>2</sub> (73%) в плазме крови и, как следствие, максимальный процент случаев недостаточности витаминов В<sub>2</sub> (75%) и В<sub>6</sub> (87%), оцениваемой по экскреции их метаболитов с мочой у пациентов с I типом БНГ. Данные показатели отражают недостаточную обеспеченность

витаминами группы В у пациентов с I типом, который характеризуется наиболее тяжелыми клиническими проявлениями [11].

Непрерывное мониторирование гликемии осуществляется с помощью длительного (не менее 1–5 сут) измерения концентрации глюкозы в крови с временными промежутками не более 5 мин. Метод позволяет снизить риск развития гипогликемических состояний за счет коррекции режима питания. Данный способ контроля уровня гликемии особенно важен при расширении рациона питания, при определении частоты ночных кормлений, поскольку ночное время является критическим периодом для появления гипогликемий, для индивидуализации режима питания, назначения оптимальной дозы и кратности введения кукурузного крахмала.

Результаты непрерывного мониторирования концентрации глюкозы свидетельствуют о снижении уровня гликемии у 94,1% больных. Более выраженная гипогликемия отмечается в ночные часы. Резкое снижение уровня глюкозы сопряжено с риском развития угрожаемых для жизни пациента состояний, что требует оказания своевременной медицинской помощи [12].

Современная диетотерапия при БНГ базируется на принципах строгого контроля энергетической ценности диеты, количества белка, жира, углеводов, пищевых волокон, адекватного содержания витаминов, макро- и микроэлементов. Преимущественно используются продукты и блюда с низким гликемическим индексом (кукурузный крахмал, макаронные изделия). Ограничиваются продукты, содержащие сахарозу, фруктозу и галактозу. Важное значение имеет правильный расчет интервалов времени между приемами пищи. Тактика ведения пациентов с БНГ, включающая мониторинг ключевых показателей пищевого статуса, клинических и биохимических параметров крови, определяется типом заболевания и характером его течения.

Цель диетотерапии – поддержание нормогликемии, достижение адекватных показателей физического развития.

Согласно международным данным, при I типе заболевания рекомендуется потребление жиров в количестве до 20–25% суточной калорийности, снижение количества белка до 10–15% с учетом ренальных осложнений и нарушения функции почек на фоне основного заболевания, углеводы составляют 60–70% суточной калорийности рациона. При БНГ III, VI–IX типов на долю углеводов приходится 55–65% суточной калорийности, жиры составляют 20–25%, белок 15–20% [13]. В недавних исследованиях сообщается о случаях положительной динамики течения заболевания на фоне низкоуглеводной высокожировой диеты (содержание жиров – до 70% суточной калорийности) с высокой квотой белка (25%) у пациентов с III типом БНГ [14, 15]. В целом ряде исследований отмечается снижение уровня триглицеридов, активности трансаминаз на фоне введения пациентам среднепочечных триглицеридов [16–18]. Рассматривается предположение о ведущей роли высокого процентного содержания углеводов в формировании гиперлипидемии [19].

Для поддержания нормогликемии между приемами пищи необходимо назначение сырого кукурузного крахмала в индивидуальной дозировке с учетом возраста, антропометрических данных и уровня гликемии. Отсутствие термической обработки кукурузного крахмала определяет его медленное расщепление в кишечнике под действием панкреатической амилазы до глюкозы. У пациентов в возрасте до 3 лет максимальная доза кукурузного крахмала – около 1,6 г на 1 кг массы тела (каждые 3–4 ч круглосуточно), а для пациентов дошкольного и школьного возраста – до 1,7–2,5 г/кг (каждые 4–6 ч). Данный подход позволяет избежать круглосуточного кормления, но при тяжелом течении заболевания и при неконтролируемом использовании крахмала у пациентов повышается риск развития избыточной массы тела и саркопенического ожирения [20, 21]. Оптимальным уровнем гликемии на фоне диетотерапии кукурузным крахмалом считаются показатели более 70 мг/дл (4 ммоль/л) [22]. Энергетическая ценность получаемого крахмала должна составлять 30% суточной калорийности рациона питания.

Полученные нами различия между разными типами БНГ при проведении исследования непрямого калориметрии, оценке композиционного состава и витаминного статуса позволили разработать и доказать эффективность химического состава и процентного соотношения количеств потребляемых жиров и углеводов (см. таблицу). Энергетическая ценность рациона соответствовала нормам физиологической потребности.

Всем пациентам вне зависимости от типа заболевания рекомендуется включение в ежедневный рацион питания растительных (льняное, кедровое, оливковое) и животных (сливочное) масел согласно нормам лечебного питания диеты с механическим и химическим щажением для детей от 1 до 18 лет с целью обогащения рациона жирорастворимыми витаминами Е и А. Содержание белка в рационе питания было снижено и составило 12,5 и 17,5% суточной калорийности рациона при I и III, VI–IX типах соответственно.

Применение специализированного рациона питания, модифицированного по макро- и микронутриентному составу в зависимости от типа заболевания, снижение дозы кукурузного крахмала в дневные часы и при необходимости увеличение числа ночных кормлений у пациентов с БНГ сопровождается нормализацией гликемии, динамики физического развития и параметров основного обмена.

## Фруктоземия

Наследственная непереносимость фруктозы (фруктоземия) – аутосомно-рецессивное заболевание, которое обусловлено мутацией гена альдолазы В, приводящей к недостаточности данного печеночного фермента, участвующего в метаболизме фруктозы. Частота встречаемости варьирует от 1:23 000 до 1:40 000 в различных популяциях [23]. Следствием генетической недостаточности альдолазы В является накопление фруктозо-1-фосфата, который ингибирует активность фосфоглюкомутазы, что вызывает торможение распада гликогена на этапе глюкозо-1-фосфата. Накопление фруктозо-1-фосфата и глюкозо-1-фосфата в печени приводит к угнетению процесса глюконеогенеза, развитию гипогликемии, лактат-ацидозу, усилению мобилизации липидов и сопровождается поражением печени, почек и тонкой кишки с развитием острой или хронической интоксикации [4].

Различают инфантильную и позднеинфантильную формы заболевания. При *инфантильной* форме начало заболевания острое, ассоциировано с введением в пищу продуктов, содержащих фруктозу или сахарозу. После еды у ребенка развивается приступ тяжелой гипогликемии, который при отсутствии терапии прогрессирует до стадии комы. В дальнейшем при приеме фруктов развивается клиническая картина поражения печени: иктеричность кожи и склер, гепатомегалия, синдром цитолиза, гипербилирубинемия. При отсутствии лечения на первом году жизни наступает летальный исход. *Позднеинфантильная* форма фруктоземии характеризуется более благоприятным течением и развивается в первые годы жизни. Отмечаются гипотрофия, повышенная возбудимость, вялость, гепатомегалия, иногда отеки, асцит, развитие почечной недостаточности. При приеме фруктов, сладкой пищи развивается гипогликемический криз.

Основным методом лечения детей с фруктоземией является физиологически полноценная диета со строгим исключением из рациона фруктозы и сахарозы. Не допускается применение лекарственных препаратов или биологически активных добавок к пище, содержащих фруктозу или сахарозу. При наличии осложненного лечения симптоматическое. При своевременной диагностике, раннем начале диетотерапии и адекватной коррекции симптомов постепенно нормализуются биохимические показатели, параметры физического

Потребность в основных пищевых веществах у детей с гликогеновой болезнью

*The need for basic nutrients for children with glycogen storage disease*

Тип гликогеновой болезни <i>Glycogen storage disease type</i>	% суточной калорийности <i>% of daily energy intake</i>		
	белок <i>protein</i>	жиры <i>fats</i>	углеводы <i>carbohydrates</i>
I	12,5	17,5	70
III	17,5	27,5	55
VI–IX	17,5	30	52,5

и нервно-психического развития ребенка, обеспечивается благоприятный прогноз. Без проведения диетотерапии болезнь постепенно прогрессирует, приводя к циррозу печени и летальному исходу в возрасте до 5–7 лет [4].

Под нашим наблюдением находились 18 детей с наследственной непереносимостью фруктозы в возрасте 3–17 лет. У большинства детей диагностирована инфантильная форма заболевания с дебютом в 4–6 мес. В клинической картине обращала на себя внимание гепатомегалия, в биохимическом анализе крови – синдром цитолиза, повышение активности лактатдегидрогеназы, гипогликемия, лактат-ацидоз. У всех больных диагноз фруктоземии был подтвержден генетически. На фоне диетотерапии с исключением из рациона питания фруктозы и сахарозы наблюдалось исчезновение гипогликемии, цитолиза и ацидоза, но сохранялась незначительная гепатомегалия.

К наследственным **заболеваниям, требующим значительной коррекции белкового компонента рациона**, относятся тирозинемия, лизинурическая непереносимость белка, фенилкетонурия.

## Тирозинемия

*Тирозинемия* (МКБ-10: E70.2) объединяет группу гетерогенных заболеваний, в основе которых лежит нарушение активности ферментов, ответственных за метаболизм тирозина [24]. Наиболее частая ее форма – *тирозинемия I типа* – встречается с частотой 1 случай на 100 тыс. новорожденных; она была описана M. Vaber и соавт. в 1956 г. [25, 26]. Тип наследования – ауто-сомно-рецессивный, вследствие первичного дефекта печеночной фумарилацетоацетатгидролазы (FAH), в результате чего в организме накапливается аномальный метаболит сукцинилацетон [27]. При тирозинемии I типа в случае наличия в организме функциональной активности малеилацетоацетатизомеразы образование сукцинилацетона происходит из малеилацетоуксусной кислоты в обход стадии образования фумарилацетоуксусной кислоты. Сукцинилацетон высокотоксичен, и его действие связано с нарушением транспортной функции и активности ферментов печени, в частности избыточной активацией как п-гидроксифенилпируватдиоксигеназы (p-OHPPAD), так и дегидратазы S-аминолевулиновой кислоты. С повышением активности этого фермента связывают эпизоды порфирии с желтухой.

Основными клиническими проявлениями острой формы болезни являются специфический «капустный» запах от тела ребенка, желтуха, гепатомегалия или гепатоспленомегалия, рвота, диарея, обезвоживание, гипотрофия, задержка физического развития, лихорадка, мышечная гипотония, коагулопатия. При присоединении инфекционных заболеваний возрастает риск развития острых печеночных кризов, асцита, желудочно-кишечных кровотечений. При отсутствии лечения прогноз неблагоприятный. Смерть наступает

в возрасте до 1 года от печеночной недостаточности, цирроза, карциномы печени или кровотечений. Хроническая форма отличается от острой более поздней клинической манифестацией и менее тяжелым течением, присоединением симптомов поражения периферической нервной системы (острые приступы полинейропатии), у части пациентов выявляется гипертрофическая кардиомиопатия.

Биохимические критерии диагностики:

1) в крови повышены концентрация тирозина (в 20–50 раз) и  $\alpha$ -фетопротейна, гипербилирубинемия, синдром цитолиза на фоне гипераминоацидемии, гипохолестеринемии;

2) в моче отмечается резкое повышение сукцинилацетона и тирозина на фоне гипераминоацидурии, накопление парагидроксифениллактата, парагидроксифенилпирувата, парагидроксифенилацетата.

Базовой составляющей лечения является диетотерапия с ограничением тирозина и фенилаланина. Для предотвращения продукции фумарилацетоацетата используют препарат нитизинон, предотвращающий острые эпизоды гипербилирубинемии и способствующий замедлению прогрессирования цирроза печени и синдрома Фанкони.

Перечисленные симптомы быстро купируются при ограничении фенилаланина и тирозина в рационе больных до уровня, отвечающего минимальной физиологической потребности. При составлении рациона важно учитывать, что слишком низкое потребление фенилаланина и тирозина или полное их исключение из питания так же вредно, как их избыток, поскольку при этом не обеспечиваются пластические потребности растущего организма ребенка, следствием чего может быть задержка физического развития, снижение иммунологической сопротивляемости организма. Поэтому диетотерапия должна проводиться под регулярным контролем концентраций фенилаланина и тирозина в крови. При расчете питания и составлении рациона следует руководствоваться физиологическими потребностями в энергии в соответствии с возрастом и ориентировочными величинами потребности в фенилаланине и тирозине в данный возрастной период.

Для организации сбалансированного лечебного рациона детям с тирозинемией необходимо использование в питании специализированных продуктов на основе смеси аминокислот без фенилаланина и тирозина, а также безбелковых пищевых продуктов на основе растительных крахмалов. Обогащение рациона специализированными низкобелковыми или безбелковыми продуктами помогает расширить рацион и значительно улучшить качество жизни ребенка.

## Нарушение цикла мочевины

Нарушения цикла мочевины – группа наследственных нарушений метаболизма с накоплением аммиака и других промежуточных продуктов обмена белков, имеющих

нейротоксический и гепатотоксический эффект с высоким риском неблагоприятного прогноза и летального исхода.

Цикл метаболизма мочевины – это цепь биохимических реакций, в процессе которых азот превращается в мочевины для последующего выведения из организма. Роль цикла метаболизма мочевины – преобразование остаточного (небелкового) азота в мочевины, а также синтез аргинина (2-амино-5-гуанидинвалериановая кислота). Одним из конечных продуктов распада белка в тканях организма и кишечнике, содержащих остаточный азот, является аммиак. После транспортировки в печень он перерабатывается в мочевины, которая транспортируется в почки с кровью и выделяется с мочой [27].

Дети, родившиеся с нарушениями цикла мочевины, часто умирают в раннем возрасте до постановки диагноза. Примерно 20% всех случаев синдрома внезапной смерти могут быть связаны с наследственными нарушениями обмена веществ, в том числе с нарушениями цикла мочевины. Частота встречаемости этой патологии составляет 1 случай на 10 000–20 000 новорожденных. Лидирующее место в структуре нарушений цикла мочевины занимает дефицит орнитинкарбамоил синтетазы, регистрирующийся у 1:14 000 детей. Данный вид обменного нарушения сцеплен с полом и развивается у мальчиков. Дефициты Н-ацилглутамат синтетазы (NAGS), карбамоилфосфат синтетазы (CPS1), аргининсукцинат синтетазы (ASS1), аргининсукцинатлиазы (ASL) и аргиназы (ARG) наследуются по аутосомно-рецессивному типу и встречаются значительно реже: дефицит NAGS – очень редко, дефицит CPS1 – с частотой 1:62 000, дефицит ASS1 – 1:57 000, дефицит ASL – 1:70 000, дефицит ARG – 1:350 000.

Гипераммониемия – основной признак нарушений цикла мочевины. Токсическое действие аммиака на центральную нервную систему проявляется тошнотой, рвотой, слабостью, головокружением, потерей сознания, судорогами, в тяжелых случаях развивается отек мозга. В наше отделение были госпитализированы 4 ребенка с данным заболеванием. При детальном сборе анамнеза был очевидным отказ детей от продуктов животного происхождения, которые настойчиво предлагали им родители. При обследовании у всех пациентов мы наблюдали умеренное увеличение печени, в биохимическом анализе крови – повышение показателей синдрома цитолиза от умеренных до высоких значений и значительно повышенный уровень аммиака.

Основным методом терапии и профилактики развития гипераммониемии является строгая диета с ограничением белка в рационе до 1 г/кг в сутки (за счет растительных продуктов). При этом следует учитывать, что калорийность рациона должна соответствовать энергозатратам и возрастным потребностям организма ребенка. Всю недостающую энергетическую ценность рациона, которую невозможно покрыть обычными продуктами, чтобы не превышать поступление

белка, обеспечивают за счет небелковых калорий, обогащая рацион специализированными безбелковыми продуктами.

## Патология обмена липидов

Патология обмена липидов в детском и подростковом возрасте часто развивается при наследственной патологии и способствует раннему формированию атеросклероза с развитием ишемической болезни сердца, нарушений мозгового кровообращения у лиц молодого возраста [28]. Данная группа заболеваний у детей, госпитализированных в отделение, была представлена семейной гиперхолестеринемией, дефицитом лизосомной кислой липазы, болезнью Ниманна–Пика, гиперхиломикронемией, ситостеролемией, недостаточностью липопротеиназы. Опыт наблюдения базируется на обследовании и лечении 118 пациентов с различными формами нарушения липидного обмена.

Диетотерапия является неотъемлемой частью комплексной терапии нарушений липидного обмена [29]. Требование к диете детей – соблюдение физиологически полноценного рациона по энергетической ценности и основным макро- и микронутриентам. В зависимости от этиологии нарушений липидного обмена возможно ограничение потребления жиров – не более 30% энергетической ценности суточного рациона. Доли насыщенных, поли- и мононенасыщенных жиров должны быть равными. Максимальное допустимое количество холестерина в рационе – 300 мг/сут, возможно его ограничение до 200 мг/сут. Уровень белка должен соответствовать физиологической норме потребления с увеличением доли растительных белков. Рекомендуемое соотношение растительных и животных белков составляет 1:1. В качестве источника животных белков следует отдавать предпочтение рыбе. При гиперхиломикронемии резко ограничивают потребление всех жиров до 10–20% общей калорийности под контролем показателей пищевого статуса. Необходимо ограничение легкоусвояемых углеводов и увеличение потребления сложных углеводов, клетчатки. Содержание углеводов в суточном рационе не должно превышать 50–60% его энергетической ценности, доля легкоусвояемых углеводов – 7–10% общего их количества. Коррекция диетотерапии должна осуществляться после оценки показателей липидограммы и пищевого статуса конкретного пациента.

## Заключение

Таким образом, лечебное питание при наследственных заболеваниях должно вести к нормализации нарушенных метаболических процессов, создавая благоприятные условия для функционирования и восстановления поврежденных органов. Значение диетотерапии у детей обусловлено необходимостью обеспечения синтеза

белка, коррекции и профилактики дисбаланса аминокислотного состава плазмы, дислипидемии, предупреждения дефицита витаминов, макро- и микроэлементов и в результате – обеспечения нормального роста и активности ребенка. Диетотерапия является базисной терапией детей со многими наследственными заболеваниями. Она должна основываться на детальном изучении пищевого статуса и быть персонализированной. Индивидуальный подход к диетотерапии позволяет добиться улучшения общего со-

стояния пациента и повысить эффективность других видов лечения, что является необходимым условием для достижения стойкой компенсации метаболических нарушений, снижения риска развития осложнений и улучшения качества жизни. Динамический контроль показателей пищевого статуса позволяет своевременно реагировать на изменения состояния здоровья пациентов в зависимости от характера и тяжести патологического процесса, способствует благоприятному течению заболевания.

### Сведения об авторах

---

*Строкова Татьяна Викторовна (Tatyana V. Strokova)* – доктор медицинских наук, профессор РАН, заведующий отделением педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», заведующий кафедрой гастроэнтерологии и диетологии ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: strokova\_t.v@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0762-0873>

*Багаева Мадлена Энверовна (Madlena E. Bagaeva)* – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ассистент кафедры гастроэнтерологии и диетологии ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: med3794@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1752-6901>

*Зубович Андрей Игоревич (Andrey I. Zubovich)* – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: aizubovich@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2966-5618>

*Павловская Елена Вячеславовна (Elena V. Pavlovskaya)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: elena\_pavlovsky@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4505-397X>

*Таран Наталия Николаевна (Natalia N. Taran)* – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ассистент кафедры гастроэнтерологии и диетологии ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: pknt@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9557-387X>

*Тин Ирина Феликсовна (Irina F. Tin)* – кандидат медицинских наук, врач-эндокринолог отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: leetin@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7663-4382>

*Матинян Ирина Александровна (Irina A. Matinyan)* – кандидат медицинских наук, врач-педиатр отделения «Здоровое питание с педиатрической группой» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: demkina\_ira@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7049-446X>

*Дремучева Татьяна Александровна (Tatiana A. Dremucheva)* – врач-педиатр отделения «Здоровое питание с педиатрической группой» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: pulya28@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6192-0394>

*Кутырева Елена Николаевна (Elena N. Kutyreva)* – врач-педиатр отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kutyrevaen@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5621-5762>

*Васильева Евгения Александровна (Evgenia A. Vasil'eva)* – аспирант ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: jeine99@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8018-4641>

## Литература

- Brown L.M., Corrado M.M., van der Ende R.M., Derks T.G., Chen M.A., Siegel S. et al. Evaluation of glycogen storage disease as a cause of ketotic hypoglycemia in children // *J. Inherit. Metab. Dis.* 2015. Vol. 38, N 3. P. 489–493. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10545-014-9744-1>
- Sim S.W., Weinstein D.A., Lee Y.M., Jun H.S. Glycogen storage disease type Ib: role of glucose-6-phosphate transporter in cell metabolism and function // *FEBS Lett.* 2020. Vol. 594, N 1. P. 3–18. DOI: <http://doi.org/10.1002/1873-3468.13666>
- Santos B.L., de Souza C.F., Schuler-Faccini L., Refosco L., Epifanio M., Nalin T. et al. Glycogen storage disease type I: clinical and laboratory profile // *J. Pediatr. (Rio J.)*. 2014. Vol. 90, N 6. P. 572–579. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.02.005>
- Журкова Н.В., Строкова Т.В., Зайнудинов З.М. Наследственные метаболические болезни печени // *Детская гепатология / под ред. Б.С. Каганова. Москва : Династия, 2009. С. 320–353.*
- Kaiser N., Gautschi M., Bosanska L. et al. Glycemic control and complications in glycogen storage disease type I: Results from the Swiss registry // *Mol. Genet. Metab.* 2019. Vol. 126, N 4. P. 355–361. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ymgme.2019.02.008>
- Kanungo Sh., Wells K., Tribett T., El-Gharbawy A. Glycogen metabolism and glycogen storage disorders // *Ann. Transl. Med.* 2018. Vol. 6, N 24. P. 474. DOI: <http://doi.org/10.21037/atm.2018.10.59>
- Измайлова Т.Д., Сурков А.Н. Митохондриальная дисфункция у детей с печеночными формами гликогеновой болезни // *Вестник Российской академии медицинских наук.* 2014. Т. 69, № 7–8. С. 78–84. DOI: <http://doi.org/10.15690/vramn.v69i7-8.1112>
- Farah B.L., Sinha R.A., Wu Y., Singh B.K., Lim A., Hirayama M. et al. Hepatic mitochondrial dysfunction is a feature of Glycogen Storage Disease Type Ia (GSDIa) // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. Article ID 44408. DOI: <http://doi.org/10.1038/srep44408>
- Строкова Т.В., Мачулан И.В., Кутырева Е.Н., Ворожко И.В., Каганов Б.С., Дворяковская Г.М. Клинико-лабораторные проявления гликогеновой болезни I типа у детей раннего возраста // *Доктор.ру.* 2013. № 9. С. 76–81. eLIBRARY ID: 20957711.
- Прохорова И.В., Строкова Т.В., Багаева М.Э., Сурков А.Г., Павловская Е.В., Таран Н.Н. и др. Особенности нутритивного статуса у пациентов с печеночными формами гликогеновой болезни // *Вопросы детской диетологии.* 2018. Т. 16, № 6. С. 5–15. DOI: <http://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-6-5-15>
- Прохорова И.В., Строкова Т.В., Коденцова В.М., Сурков А.Г., Багаева М.Э., Павловская Е.В. и др. Витаминный статус детей с печеночными формами гликогеновой болезни: современные представления // *РМЖ.* 2019. Т. 27, № 5. С. 13–19. eLIBRARY ID: 38712202.
- Строкова Т.В., Прохорова И.В., Сурков А.Г., Багаева М.Э., Павловская Е.В., Таран Н.Н. и др. Непрерывное мониторирование гликемии у детей с гликогенозами // *Альманах клинической медицины.* 2017. Т. 45, № 1. С. 23–32. DOI: <http://doi.org/10.18786/2072-0505-2017-45-1-23-32>
- Wolfsdorf J.I., Weinstein D.A. Glycogen storage diseases // *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2003. Vol. 4. P. 95–102. DOI: <http://doi.org/10.1023/a:1021831621210>
- Brambilla A., Mannarino S., Pretese R., Gasperini S., Galimberti C., Parini R. Improvement of Cardiomyopathy after high-fat diet in two siblings with glycogen storage disease type III // *JIMD Rep.* 2014. Vol. 17. P. 91–95. DOI: [http://doi.org/10.1007/8904\\_2014\\_343](http://doi.org/10.1007/8904_2014_343)
- Valayannopoulos V., Bajolle F., Arnoux J. et al. Successful treatment of severe cardiomyopathy in glycogen storage disease type III with D, L-3-hydroxybutyrate, ketogenic and high-protein diet // *Pediatr. Res.* 2011. Vol. 70. P. 638–641. DOI: <http://doi.org/10.1203/PDR.0b013e318232154f>
- Rossi A., Hoogeveen I.J., Bastek V.B. et al. Dietary lipids in glycogen storage disease type III: A systematic literature study, case studies, and future recommendations // *J. Inherit. Metab. Dis.* 2020. Vol. 43, N 4. P. 770–777. DOI: <http://doi.org/10.1002/jimd.12224>. doi:10.1002/jimd.12224
- El-Gharbawy A.H., Arnold G.L., Perrott-Taylor N., Hughley T., Long K., Vockley J. et al. Optimizing metabolic control of glycogen storage disease type 3 (Gsd3): potential role for medium chain triglycerides (Mct) // *Mol. Genet. Metab.* 2014. Vol. 111. P. 284–285.
- Francini-Pesenti F., Tresso S., Vitturi N. Modified Atkins ketogenic diet improves heart and skeletal muscle function in glycogen storage disease type III // *Acta Myol.* 2019. Vol. 38, N 1. P. 17–20. Published 2019 Mar 1. PMID: 31309177 PMCID: PMC6598403
- Derks T.G., van Rijn M. Lipids in hepatic glycogen storage diseases: pathophysiology, monitoring of dietary management and future directions // *J. Inherit. Metab. Dis.* 2015. Vol. 38, N 3. P. 537–543. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10545-015-9811-2>.
- Weinstein D.A., Wolfsdorf J.I. Effect of continuous glucose therapy with uncooked cornstarch on the long-term clinical course of type Ia glycogen storage disease // *Eur. J. Pediatr.* 2002. Vol. 161. P. S35–S39. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00431-002-1000-2>
- Ben Chehida A., Ben Messaoud S., Ben Abdelaziz R. et al. A lower energetic, protein and uncooked cornstarch intake is associated with a more severe outcome in glycogen storage disease type III: an observational study of 50 patients // *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2018. Vol. 31, N 9. P. 979–986. DOI: <http://doi.org/10.1515/jpem-2018-0151>
- Kishnani P.S., Austin S.L., Abdenur J.E., Arn P., Bali D.S., Boney A. et al. Diagnosis and management of glycogen storage disease type I: a practice guideline of the American College of Medical Genetics and Genomics // *Genet. Med.* 2014. Vol. 16, N 11. P. e1. DOI: <http://doi.org/10.1038/gim.2014.128>
- James S.P., Rellos P., Ali M. Neonatal screening for hereditary fructose intolerance: frequency of the most common mutant aldolase B allele (A149P) in British population // *J. Med. Genet.* 1996. Vol. 33. P. 837–841. DOI: <http://doi.org/10.1136/jmg.33.10.837>
- Клинические рекомендации: наследственная тирозинемия I типа у детей / под ред. А.А. Баранова. Союз педиатров России, 2016. 18 с.
- Намазова-Баранова Л.С., Полякова С.И., Боровик Т.Э., Бушуева Т.В., Варичкина М.А., Геворкян А.К. Семилетний опыт терапии нитизиномом наследственной тирозинемии I-го типа в России // *Эффективная фармакотерапия.* 2015. № 3. С. 24–31. eLIBRARY ID: 23239350.
- de Laet C., Dionisi-Vici C., Leonard J.V., McKiernan P., Mitchell G., Monti L. et al. Recommendations for the management of tyrosinaemia type 1 // *Orphanet J. Rare Dis.* 2013. Vol. 8. P. 8. doi: DOI: <http://doi.org/10.1186/1750-1172-8-8>
- Наглядная медицинская биохимия / под ред. Е.С. Северина. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. 164 с.
- Российские рекомендации по диагностике и лечению семейной гиперхолестеринемии, 2017.
- Близнюк С.А., Чубыкина У.В., Ежов М.В. Семейная гиперхолестеринемия у детей и подростков: особенности диагностики и лечения // *Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum.* 2017. № 4. С. 71–73. eLIBRARY ID: 32303535.

## References

- Brown L.M., Corrado M.M., van der Ende R.M., Derks T.G., Chen M.A., Siegel S., et al. Evaluation of glycogen storage disease as a cause of ketotic hypoglycemia in children. *J Inherit Metab Dis.* 2015; 38 (3): 489–93. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10545-014-9744-1>

2. Sim S.W., Weinstein D.A., Lee Y.M., Jun H.S. Glycogen storage disease type Ib: role of glucose-6-phosphate transporter in cell metabolism and function. *FEBS Lett.* 2020; 594 (1): 3–18. DOI: <http://doi.org/10.1002/1873-3468.13666>
3. Santos B.L., de Souza C.F., Schuler-Faccini L., Refosco L., Epifanio M., Nalin T., et al. Glycogen storage disease type I: clinical and laboratory profile. *J Pediatr (Rio J)*. 2014; 90 (6): 572–9. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jped.2014.02.005>
4. Zhurkova N.V., Strokova T.V., Zaynudinov Z.M. Inherited metabolic liver diseases. In: B.S. Kaganov (ed.). *Pediatric Hepatology*. Moscow: Dinastiya, 2009: 320–3. (in Russian)
5. Kaiser N., Gautschi M., Bosanska L., et al. Glycemic control and complications in glycogen storage disease type I: Results from the Swiss registry. *Mol Genet Metab.* 2019; 126 (4): 355–61. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ymgme.2019.02.008>
6. Kanungo Sh., Wells K., Tribett T., El-Gharbawy A. Glycogen metabolism and glycogen storage disorders. *Ann Transl Med.* 2018; 6 (24): 474. DOI: <http://doi.org/10.21037/atm.2018.10.59>
7. Izmaylova T.D., Surkov A.N. Mitochondrial dysfunction in children with hepatic forms of glycogen storage disease. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]*. 2014; 69 (7–8): 78–84. DOI: <http://doi.org/10.15690/vramn.v69i7-8.1112> (in Russian)
8. Farah B.L., Sinha R.A., Wu Y., Singh B.K., Lim A., Hirayama M., et al. Hepatic mitochondrial dysfunction is a feature of Glycogen Storage Disease Type Ia (GSDIa). *Sci Rep.* 2017; 7: 44408. DOI: <http://doi.org/10.1038/srep44408>
9. Strokova T.V., Machulan I.V., Kuttyreva E.N., Vorozhko I.V., Kaganov B.S., Dvoryakovskaya G.M. Glycogen-storage disease type I: clinical and laboratory manifestations in infants and children. *Doctor.ru*. 2013; (9): 76–81. eLIBRARY ID: 20957711. (in Russian)
10. Prokhorova I.V., Strokova T.V., Bagaeva M.E., Surkov A.G., Pavlovskaya E.V., Taran N.N., et al. Specificities of nutritional status in patients with liver forms of glycogen storage disease. *Voprosy detskoy dietologii [Problems of Pediatric Nutrition]*. 2018; 16 (6): 5–15. DOI: <http://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-6-5-15> (in Russian)
11. Prokhorova I.V., Strokova T.V., Kodentsova V.M., Surkov A.G., Bagaeva M.E., Pavlovskaya E.V., et al. Vitamin status in children with hepatic forms of glycogen storage disease. *RMJ* 2019; 27 (5): 13–19. eLIBRARY ID: 38712202. (in Russian)
12. Strokova T.V., Prokhorova I.V., Surkov A.G., Bagaeva M.E., Pavlovskaya E.V., Taran N.N., et al. Continuous glucose monitoring in children with glycogenosis. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine]*. 2017; 45 (1): 23–32. DOI: <http://doi.org/10.18786/2072-0505-2017-45-1-23-32> (in Russian)
13. Wolfsdorf J.I., Weinstein D.A. Glycogen storage diseases. *Rev Endocr Metab Disord.* 2003; 4: 95–102. DOI: <http://doi.org/10.1023/a:1021831621210>
14. Brambilla A., Mannarino S., Pretese R., Gasperini S., Galimberti C., Parini R. Improvement of Cardiomyopathy after high-fat diet in two siblings with glycogen storage disease type III. *JIMD Rep.* 2014; 17: 91–5. DOI: [http://doi.org/10.1007/8904\\_2014\\_343](http://doi.org/10.1007/8904_2014_343)
15. Valayannopoulos V., Bajolle F., Arnoux J., et al. Successful treatment of severe cardiomyopathy in glycogen storage disease type III with D, L-3-hydroxybutyrate, ketogenic and high-protein diet. *Pediatr Res.* 2011; 70: 638–41. DOI: <http://doi.org/10.1203/PDR.0b013e318232154f>
16. Rossi A., Hoogeveen I.J., Bastek V.B., et al. Dietary lipids in glycogen storage disease type III: A systematic literature study, case studies, and future recommendations. *J Inherit Metab Dis.* 2020; 43 (4): 770–7. DOI: <http://doi.org/10.1002/jimd.12224>. doi:10.1002/jimd.12224
17. El-Gharbawy A.H., Arnold G.L., Perrott-Taylor N., Hughley T., Long K., Vockley J., et al. Optimizing metabolic control of glycogen storage disease type 3 (Gsd3): potential role for medium chain triglycerides (Mct). *Mol Genet Metab.* 2014; 111: 284–5.
18. Francini-Pesenti F., Tresso S., Vitturi N. Modified Atkins ketogenic diet improves heart and skeletal muscle function in glycogen storage disease type III. *Acta Myol.* 2019; 38 (1): 17–20. Published 2019 Mar 1. PMID: 31309177 PMCID: PMC6598403
19. Derks T.G., van Rijn M. Lipids in hepatic glycogen storage diseases: pathophysiology, monitoring of dietary management and future directions. *J Inherit Metab Dis.* 2015; 38 (3): 537–43. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10545-015-9811-2>
20. Weinstein D.A., Wolfsdorf J.I. Effect of continuous glucose therapy with uncooked cornstarch on the long-term clinical course of type 1a glycogen storage disease. *Eur J Pediatr.* 2002; 161: S35–9. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00431-002-1000-2>
21. Ben Chehida A., Ben Messaoud S., Ben Abdelaziz R., et al. A lower energetic, protein and uncooked cornstarch intake is associated with a more severe outcome in glycogen storage disease type III: an observational study of 50 patients. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2018; 31 (9): 979–86. DOI: <http://doi.org/10.1515/jpem-2018-0151>
22. Kishnani P.S., Austin S.L., Abdenur J.E., Arn P., Bali D.S., Boney A., et al. Diagnosis and management of glycogen storage disease type I: a practice guideline of the American College of Medical Genetics and Genomics. *Genet Med.* 2014; 16 (11): e1. DOI: <http://doi.org/10.1038/gim.2014.128>
23. James S.P., Rellos P., Ali M. Neonatal screening for hereditary fructose intolerance: frequency of the most common mutant aldolase B allele (A149P) in British population. *J Med Genet.* 1996; 33: 837–41. DOI: <http://doi.org/10.1136/jmg.33.10.837>
24. Clinical Recommendations: Inherited tyrosinemia 1 type in children. In: A.A. Baranov AA. *Soyuz Pediatrov Russii*, 2016: 18 p. (in Russian)
25. Namazova-Baranova L.S., Polyakova S.I., Borovik T.E., Bushuyeva T.V., Varichkina M.A., Gevorkyan A.K. A 7-year experience of therapy with nitisinone of hereditary type 1 tyrosinemia in Russia. *Effektivnaya farmakoterapiya [Effective Pharmacotherapy]*. 2015 (3): 24–31. eLIBRARY ID: 23239350. (in Russian)
26. de Laet C., Dionisi-Vici C., Leonard J.V., McKiernan P., Mitchell G., Monti L., et al. Recommendations for the management of tyrosinaemia type 1. *Orphanet J Rare Dis.* 2013; 8: 8. doi: DOI: <http://doi.org/10.1186/1750-1172-8-8>
27. Obvious medical biochemistry. In: E.S. Severin (ed.). 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2018: 164 p. (in Russian)
28. Russian recommendation on diagnosis and treatment of familial hypercholesterolemia. Moscow, 2017. (in Russian)
29. Bliznyuk S.A., Chubykina U.V., Ezhov M.V. Family hypercholesterolemia in children and adolescents: features of diagnosis and treatment. *Pediatriya. Prilozhenie k zhurnalu Consilium Medicum [Pediatrics – Suppl. Consilium Medicum]*, 2017; (4): 71–3. eLIBRARY ID: 32303535. (in Russian)

**Для корреспонденции**

Кобелькова Ирина Витальевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-53-26

E-mail: irinavit66@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1237-5147>

Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В.

## Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины

Sports nutrition as a model of maximum individualization and implementation of integrative medicine

Nikityuk D.B., Kobelkova I.V.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Успешная спортивная деятельность невозможна без правильно организованного питания спортсменов. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» за последние десятилетия разработал ряд методических рекомендаций по спортивной антропологии и разным направлениям профилактики метаболических нарушений у спортсменов. Отдельным разделом научных работ стала разработка методик профилактики дегидратации у спортсменов различных видов спорта. Произошел переход к персонализации рекомендаций, как по составу традиционного рациона, так и по включению в него специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище в зависимости от результатов исследования индивидуального пищевого статуса спортсмена с помощью методов интегративной медицины. Одновременно проводится разработка нормативных документов по питанию спортсменов, включая разделы Технических регламентов ЕАЭЖ (Таможенного союза), ГОСТы, рецептуры и технологии производства специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов. Образовательные и просветительские программы, разработанные с учетом новых научных знаний в области оптимального питания спортсменов, способствуют их внедрению в спортивную практику.*

**Ключевые слова:** питание, спорт, спортсмены, специализированные пищевые продукты, пищевой статус, энергозатраты, интегративная медицина

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В. Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 203–210. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10054

**Статья поступила в редакцию** 26.06.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Nikityuk D.B., Kobelkova I.V. Sports nutrition as a model of maximum individualization and implementation of integrative medicine. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 203–10. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10054 (in Russian)

**Received** 26.06.2020. **Accepted** 29.07.2020.

*Nutrition is the basis for the implementation of sports activities. Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, as the main institution of the Russian Federation that conducts scientific research in the field of the nutrition science, has developed a number of methodological recommendations on sports anthropology and various areas of prevention of metabolic disorders in athletes over the past decades. The separate section of research was the development of methods for preventing dehydration in athletes of various sports. Depending on the results of the study of the individual athlete nutritional status using integrative medicine methods there was a transition to personalization of recommendations, both on the composition of the traditional diet, and on the inclusion of specialized sport foods and dietary supplements in it. A lot of work is being done on state regulation, including state Standards, in the field of Specialized foodstuffs for athletes' nutrition. Recipes and production technologies of this group of products have been developed. The developed evidence-based educational programs allow to introduce the acquired knowledge in the field of optimal nutrition into the practice of sport activity.*

**Keywords:** nutrition, sports, athletes, specialized foodstuffs, nutritional status, energy consumption, integrative medicine

Организация оптимального питания, включая применение специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок (БАД) к пище, на всех этапах спортивной деятельности является основой научно обоснованного медико-биологического сопровождения спорта. Это необходимое условие обеспечения как оптимальной работоспособности на каждом уровне психоэмоциональных и физических нагрузок, так и адаптационного потенциала при их повышении до сверхвысоких к концу тренировочного и в течение всего соревновательного периода. Правильно организованное питание – важнейший фактор максимально быстрого и эффективного восстановления после окончания соревнований, в том числе в условиях стационарного лечения травм и других заболеваний, полученных спортсменами во время профессиональной деятельности.

Во второй половине XX в. вместе с развитием спортивной медицины сотрудники Института питания изучали влияние не только фактического питания в целом, но и отдельных компонентов пищевых продуктов, выделенных из них, на спортивные результаты и состояние здоровья спортсменов. Основоположником и идейным организатором этого научного направления в Институте питания можно считать академика А.А. Покровского, который являлся не только директором института, но и членом группы Минздрава СССР по медицинскому обеспечению и подготовке советских спортсменов к участию в Олимпийских играх в 1972 и 1976 гг. На протяжении ряда лет над этой темой работали К.А. Ларичева, К.А. Коровников, К.П. Стасенкова, Г.А. Азизбекян, Г.И. Бондарев Н.И. Яловая и др. Были проведены большие работы по изучению связи питания и спортивной успешности тяжелоатлетов, борцов, легкоатлетов и спортсменов других видов спорта.

В разные годы XX в. в Институте питания находились по наблюдением и получали индивидуальные рекомендации по питанию знаменитые отечественные спортсмены – двукратные олимпийские чемпионы и чемпионы мира по тяжелой атлетике Ю.П. Власов и Л.И. Жаботинский, по легкой атлетике В.Ф. Борзов, многократный чемпион мира по шахматам А.Е. Карпов.

В 1975 г. совместно с Комитетом по физической культуре и спорту при Совете министров СССР, Министерством здравоохранения СССР и Научным советом АМН СССР по медицинским проблемам физической культуры и спорта были изданы систематизированные научно обоснованные Рекомендации по питанию спортсменов под редакцией А.А. Покровского [1]. В этот период разрабатывали не только рационы питания, но и пищевые продукты для питания спортсменов, называемые сегодня специализированными. Например, исследования эффективности углеводного и белкового специализированных продуктов показали, что максимальной оптимизации показатели метаболического статуса велосипедистов (гонки на шоссе) достигают в условиях их комплексного применения, но не по отдельности [2].

В начале XXI в. работа была продолжена в лаборатории спортивного питания с группой алиментарной патологии (руководитель Д.Б. Никитюк). В настоящее время работа сотрудников лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии направлена на проведение фундаментальных исследований в области питания и физического развития спортсменов разных видов спорта и различного уровня спортивной квалификации.

Научные исследования вступили в область интегративной медицины, включающей традиционные и новые медицинские технологии. К главным разделам научных исследований можно отнести изучение влияния индивидуальных антропометрических показателей и скорости метаболизма [2], характеризующих пищевой статус, энерготрат, генетических полиморфизмов, алиментарных факторов, включающих фактическое питание, в том числе специализированные пищевые продукты и БАД к пище, на физическое и функциональное состояние спортсменов, показатели силы и выносливости, здоровье и уровень риска развития профессиональной патологии у спортсменов [3, 4].

Использование в системе «Нутритест-спорт профи», разработанной в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», высокотехнологичного инновационного оборудования позволяет проводить диагностику пищевого,

функционального статуса и нарушений питания спортсменов на современном уровне. Обследование более 2000 спортсменов различных видов спорта позволило получить данные об антропометрических параметрах, включая состав тела, энерготратах в покое и при физической нагрузке в периоды тренировок, соревнований, отдыха и в целом за сутки, функциональных показателей, фактическом питании, биомаркерах пищевого, включая витаминный, и иммунного статуса, состоянии водно-солевого обмена, генетических полиморфизмах.

Аппаратная биоимпедансометрия позволяет определять компонентный состав тела (жировую, мышечную массу тела, водный сектор), что важно при мониторинге пищевого статуса и физического развития с целью определения необходимости коррекции рациона и планирования тренировочного процесса. В результате расширенных антропометрических исследований были получены данные об особенностях этих показателей, включая компонентный состав тела. Установлено, что для спортсменов определенных видов спорта характерны типичные антропометрические показатели и конституциональные характеристики, являющиеся необходимыми объективными ориентирами на этапе проведения спортивного отбора. Более того, для спортсменов различных видов спорта выявлены характерные показатели компонентного состава тела в зависимости от пола, возраста и этапа спортивной деятельности (табл. 1).

В то же время установлено, что спортсмены, участвующие в соревнованиях по тяжелой атлетике, имеют соотношение долей жирового и мышечного компонентов тела, близкое к ватерполистам, гребцам и хоккеистам. Для них характерна не только более высокая доля мышечной массы тела (на 5–12%), но и повышенная по сравнению со спортсменами других видов спорта жировая масса тела (на 8–17%). Это обусловлено спецификой физической нагрузки и функциональных показателей тренируемых в этих видах спорта. Дополнительными факторами являются в одном случае пребывание в водной среде, в другом – наличие тяжелой экипировки, добавляющей к собственной массе тела, например, 7–9 кг у защитников и нападающих женщин-хоккеисток, а у вратарей – до 13 кг. Абсолютно иные антропометрические показатели, в том числе компонентного состава тела, необходимы для успешного выступления в сложно-координационных видах спорта, где в самом сложном положении оказываются женщины, выступающие в гимнастике и парном фигурном катании, имеющие жесткие ограничения по массе тела и доле жирового компонента в ней.

Результаты проведенного исследования наглядно показали, что спортсмены различаются по уровню физического развития даже внутри одного вида спорта в зависимости от спортивной дисциплины и пола.

**Таблица 1.** Показатели компонентного состава тела спортсменов, занимающихся фигурным катанием, греблей, хоккеем (данные ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» 2016–2019 гг.), [5]

**Table 1.** Indicators of the body composition of the athletes engaged in figure skating, rowing, ice hockey (data of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, 2016–2019), [5]

Показатель <i>Parameter</i>	Фигурное катание <i>Figure skating</i>				Гребля <i>Rowing</i>		Хоккей <i>Ice hockey</i>
	мужчины <i>men</i>		женщины <i>women</i>		женщины <i>women</i>	мужчины <i>men</i>	женщины <i>women</i>
	парное катание <i>pair skating</i>	танцы на льду <i>ice dancing</i>	парное катание <i>pair skating</i>	танцы на льду <i>ice dancing</i>			
Масса тела, кг <i>Body weight, kg</i>	76,8	75,8	41,7	55,2	59,6	72,7	66,2
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup> <i>BMI, kg/m<sup>2</sup></i>	23,2	22,3	17,7	19,64	21,5	22,9	23,3
Жировая масса тела (ЖМТ), кг <i>Fat body weight (FBW), kg</i>	13,5	13,4	7,79	13,4	14,2	9,7	17,7
Доля ЖМТ, % <i>Share of FBW, %</i>	17,1	17,6	18,4	24,2	23,4	13,2	26,4
Тощая масса тела (ТМТ), кг <i>Lean body weight (LBW), kg</i>	63,3	62,3	34	42	45,4	63,0	48,5
Доля ТМТ, % <i>Share of LBW, %</i>	82,9	82,37	81,6	75,8	76,6	86,8	73,6
Активная клеточная масса (АКМ), кг <i>Active cell mass (ACM), kg</i>	40,2	38,5	20,6	23,4	26,9	39,2	29,5
Доля АКМ, % <i>Share of ACM, %</i>	63,4	61,7	58,6	55,6	45,4	54,0	60,9
Скелетно-мышечная масса (СММ), кг <i>Musculoskeletal mass (MSM), kg</i>	35,1	34,6	17,9	21,4	23,3	35,4	24,5
Доля СММ, % <i>Share of MSM, %</i>	55,4	55,5	52,7	51,1	51,2	56,2	50,5

**Таблица 2.** Энерготраты спортсменов разных видов спорта (ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 2016–2019 гг. [7, 8])

**Table 2.** Energy expenditure of athletes in different sports (Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2016–2019 [7, 8])

Вид спорта Type of sport	Энерготраты, ккал/сут Energy consumption, kcal/day			
	<i>M</i>	<i>m</i>	min	max
Футбол (мужчины) Football (men)	4100,0	51,3	3685,0	4603,0
Триатлон (юноши) Triathlon (young men)	5224	622	3605	6818
Триатлон (девушки) Triathlon (girls)	4362	255	3600	5353
Фигурное катание (юноши) Figure skating (young men)	4362	74	3828	4900
Фигурное катание (девушки) Figure skating (girls)	2104	95	1374	2885
Водное поло (мужчины) Water polo (men)	4349,9	129,1	3520,0	5357,0

Важным разделом работы лаборатории является комплексная оценка персональных энерготрат в покое и при различных уровнях физической активности. Использование современного мобильного метаболога позволяет измерить не только величину основного обмена, но и индивидуальные энерготраты при различных физических нагрузках и видах спортивной деятельности. В ходе исследований разработан и запатентован способ количественного определения персонализированных суточных энерготрат человека [6], с помощью которого изучают энерготраты спортсменов различных групп спорта как при проведении тренировок различной направленности и соревнований, так и среднесуточные в дни спортивной деятельности или отдыха и восстановления. Исследование суточных энерготрат показало их существенные различия у спортсменов, зависевшие от пола, массы тела и вида спорта (табл. 2). Например, энерготраты мужчин, выступающих в единоборствах, колебались в диапазоне от 2880 до 5609 ккал/сут при среднем значении  $4005 \pm 199$  ккал/сут. Среднее же значение энерготрат в день без тренировки было ниже, чем в рабочий день, на 19% и составило  $3362 \pm 333$  ккал/сут.

Оценка фактического питания, изучение биохимических показателей и витаминной обеспеченности, а также иммунного статуса организма спортсменов проводятся для понимания их соответствия уровню и виду физической активности с учетом возрастных, гендерных особенностей, вида спортивной специализации и фазы спортивной деятельности. В результате выявляются риски метаболических дисбалансов, включая энергообмен, и разрабатываются рекомендации по коррекции питания с целью их снижения.

Исследования проводили в условиях сборов на тренировочных спортивных базах «Новогорск», «Озеро Круглое», «Руза», «Чехов» и при прохождении углубленного

медицинского осмотра, а также восстановительного лечения в медицинских учреждениях.

Совместно с сотрудниками лаборатории эпидемиологии питания было исследовано фактическое питание спортсменов циклических, сложно-координационных, игровых, скоростно-силовых видов спорта и единоборцев, включающее данные о потреблении основных пищевых веществ, включая белки, жиры, углеводы и макроэлементы, а также некоторых витаминов и микроэлементов с пищевыми продуктами традиционного рациона и при включении в него специализированных пищевых продуктов и БАД к пище. Такие данные получены как при изучении организованного питания в условиях круглосуточного пребывания на сборах или соревнованиях, так и индивидуального – при проживании спортсменов дома.

При изучении фактического питания было установлено, что от 43 до 81% спортсменов в разных видах спорта имеют существенные отклонения от оптимальной структуры и калорийности рациона (см. рисунок).

При исследовании фактического питания спортсменов были установлены основные нарушения, характерные для спортсменов всех групп спорта [9–12]:

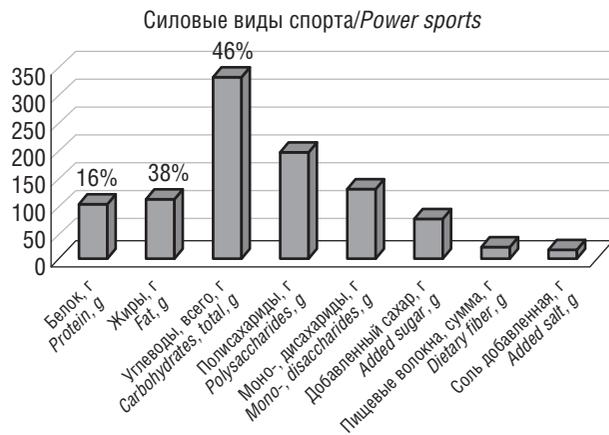
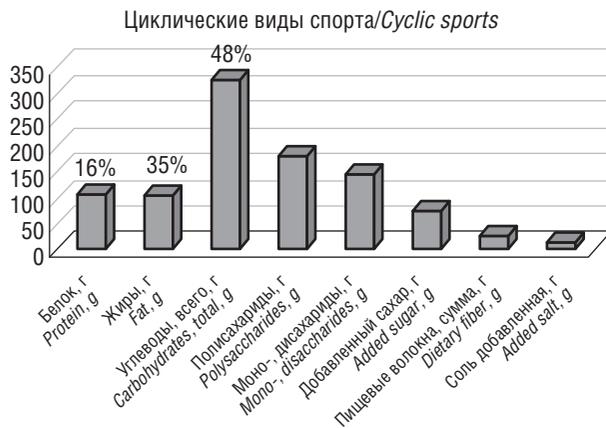
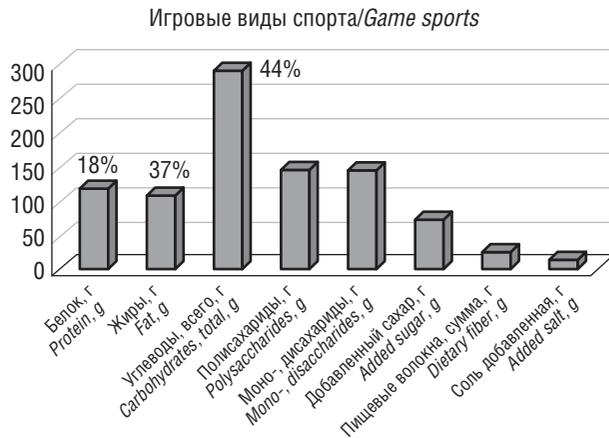
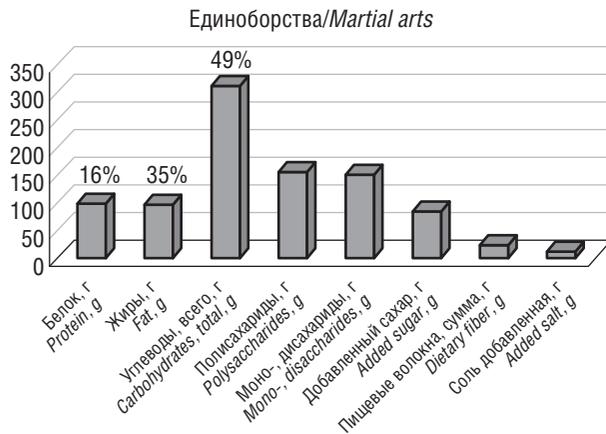
- несоответствие энергетической ценности фактического рациона потребности в энергии;
- потребление жира и насыщенных жирных кислот выше рекомендуемого уровня в структуре калорийности рациона на 20–40%;
- общее потребление углеводов (у 64%) и полисахаридов в структуре калорийности рациона ниже рекомендуемого уровня на 10–35%;
- высокий уровень потребления добавленной соли с продуктами;
- высокий уровень потребления добавленного сахара (18–24%) в структуре калорийности рациона (у 73%);
- недостаточность потребления с рационом витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, А, РР, магния, кальция, железа у женщин, нарушение соотношения Са:Р.

В рационе 87% обследованных спортсменов отмечен недостаток тех или иных групп пищевых продуктов: хлебопродуктов и блюд из зерновых (у 42%), картофеля (у 70%), рыбы и рыбопродуктов (92%), молока и молочных продуктов (38%), овощей и фруктов (61%).

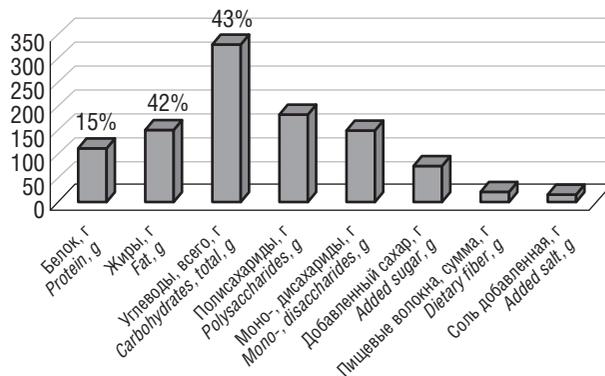
Эти данные по большинству показателей сопоставимы с нарушениями у всего населения РФ, за исключением сниженной энергетической ценности фактического питания у 60% обследованных спортсменов по сравнению с их энерготратами.

Одним из важнейших направлений деятельности ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» является использование генетических подходов к персонализации питания спортсменов, поскольку основные пищевые вещества и биологически активные компоненты пищи прямо или опосредованно регулируют функциональную активность генов, влияя на протеом и метаболом [13].

Исследование полиморфизмов генов, связываемых как с состоянием здоровья, так и со спортивной успешностью: с быстротой и силой, – таких как гены  $\alpha$ -актина 3 (ACTN3) и  $\gamma$ -рецептора, активируемого пролифератором



Сложно-координационные виды спорта/Sports requiring good coordination



Химический состав рационов фактического питания спортсменов различных видов спорта (мужчины)

The chemical composition of the actual diet of athletes of various sports (men)

пероксисом (PPARG); с выносливостью – гены рецептора  $\delta$ -активатора пролиферации пероксисом (PPARD),  $\beta_2$ -адренорецептора (ADRB2) и гемохроматоза (HFE), выявило в обследованной нами группе спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, более высокую частоту встречаемости аллелей, ассоциированных с выносливостью, чем в популяции в целом. Анализ результатов генотестирования полиморфизмов генов, связанных с избыточной массой тела и ожирением (FTO и ADRB3), гена рецептора витамина D (VDR) показал, что риск развития алиментарно-зависимых заболеваний

(ожирение и остеопороз) у обследованных спортсменов по окончании спортивной карьеры ниже, чем в популяции в целом [14].

Изучение влияния генетических полиморфизмов на показатели липидного обмена и антропометрические данные спортсменов, представляющих спортивные единоборства, показало, что частота встречаемости аллелей генов, ассоциированных с выносливостью, у них составляет для ACTN3 – 47,5%, PPARD – 13,9%, ADRB2 – 51,9%, HFE – 19,3%. Ассоциации между величиной антропометрических показателей и наличием изучаемых

полиморфизмов у спортсменов не обнаружено. В то же время можно сделать предположение, что причиной выявляемой дислипидемии у единоборцев могут быть не только обнаруженные нами нарушения структуры их питания, но и наличие определенных генетических полиморфизмов [15].

Требования к антропометрическим и физическим данным определяют применение совершенно разных подходов к разработке рационов питания для спортсменов различных видов спорта, как по энергетической ценности, так и по соотношению основных пищевых веществ (белков, жиров и углеводов). За этим следует и кардинально отличающаяся тактика введения в рацион специализированных пищевых продуктов и БАД к пище, различных по составу и дозировке.

Полученные данные легли в основу научного обоснования критериев разработки групповых рационов питания спортсменов разных видов спорта.

По результатам исследований пищевого статуса и энерготрат в тренировочный период разработано 15 среднесуточных продуктовых наборов (рационов) для спортсменов различных видов спорта, которые внедрены в работу спортивных федераций России по фигурному катанию на коньках, водному поло, триатлону, МГФСО Москомспорта, футбольного клуба «Велес».

Следующим этапом является персонализация рациона питания в соответствии с индивидуальным метаболическим и генетическим профилем спортсмена.

По итогам обследования каждому спортсмену разрабатываются индивидуальные рекомендации по питанию, для всех членов команды или группы обследованных совместно с тренерским штабом и врачом проводится обучение в виде цикла лекций и семинаров с обсуждением полученных результатов и путей оптимизации рационов, в том числе включения в них специализированных пищевых продуктов и БАД к пище. Это позволило улучшить метаболический статус спортсменов и обеспечить оптимальные условия для совершенствования спортивного мастерства. Так, персональные консультации по питанию, полученные на основании результатов обследования за последние годы, привели к возможности встать на пьедестал, в том числе на ступень чемпиона мира, несколькими одиночниками и парами фигуристов.

Отдельным разделом работы стали исследования состояния водно-солевого баланса спортсменов, являющегося одним из ключевых факторов, лимитирующих физиологические возможности выполнения физических нагрузок в спорте. Установлено, что более половины спортсменов выходят на тренировку или соревнование в состоянии гипогидратации либо неправильно организуют питьевой режим во время тренировки, результатом чего является состояние водного дисбаланса к моменту окончания или даже в середине физических нагрузок.

Были определены зависимости скорости водопотерь, адекватного объема и частоты приема жидкости, необходимой для их восполнения, и разработаны реко-

мендации по питанию и профилактике дегидратации, которые доступны любому спортсмену и тренеру. Они размещены на сайте ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

В последние десятилетия активно изучается влияние состояния питания, уровня физических и нервно-эмоциональных нагрузок на состояние иммунной системы спортсменов. Получены важные результаты о направленности действия на иммунитет различных биологически активных веществ.

Совместно с сотрудниками лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов проводится разработка новых специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов с соблюдением принципов баланса основных нутриентов и биологически активных минорных компонентов пищи применительно к определенным видам спорта, возрасту, полу спортсменов, направленности и интенсивности нагрузок.

Отдельным разделом деятельности ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» является экспертная работа по изучению специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов в целях государственной регистрации, поступающих на российский рынок и для медико-биологического обеспечения сборных команд РФ. За 25 лет деятельности Экспертный совет рассмотрел более 16 тыс. экспертных заключений и материалов к ним по результатам исследований специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов и БАД к пище разной направленности: белковые, белково-углеводные, содержащие витамины, минеральные и другие биологически активные вещества. Более 1900 продуктов, из них 78% импортных, представленных на экспертизу, не соответствовали установленным нормативными документами требованиям по показателям качества и/или безопасности и были отклонены от государственной регистрации.

В целях обеспечения деятельности системы качества и безопасности специализированных пищевых продуктов с 2015 г. создается база национальных и межгосударственных стандартов на специализированные пищевые продукты для питания спортсменов. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проводит работу в рамках деятельности технического комитета 036 и межгосударственного технического комитета 526 «Продукция специализированная пищевая» в соответствии с утвержденной программой национальной стандартизации РФ. Впервые в практике технического регулирования на территории Единого экономического союза и в Российской Федерации специалисты ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» разработали 3 межгосударственных стандарта на специализированные продукты для питания спортсменов (ГОСТ 34006-2016 «Продукция пищевая специализированная. Спортивное питание. Термины и определения», ГОСТ 34622-2019 «Продукция пищевая специализированная. Напитки изотонические для питания спортсменов. Общие технические условия», ГОСТ 34621-2019 «Продукция пищевая

специализированная. Напитки белковые, белково-углеводные и углеводно-белковые сухие для питания спортсменов. Общие технические условия»).

Разработаны, согласованы и проходят процедуру утверждения в ЕАЭС дополнения к Техническому регламенту Таможенного союза 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания», регламентирующие понятия и определения в области обращения специализированных пищевых продуктов для спортсменов.

В рамках программы импортозамещения ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» совместно с другими институтами проводит научно-исследовательские работы в области медико-биологического обоснования составов и технологий производства инновационных высокотехнологичных продуктов для питания спортсменов. Разработано более 70 нормативно-технических документов (технические условия и стандарты предприятий, технологические инструкции и рецептуры) на широкий ассортимент так называемых линейек специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов нового поколения с заданной эффективностью, внедренных в настоящее время в отечественное производство. Это источники различных легкоусвояемых композиций животного и растительного белка (так называемые протеины), отдельных аминокислот и комплексов аминокислот с разветвленными цепями (BCAA), углеводов с разной длиной молекул, смесей белков и углеводов (так называемые гейнеры) с отдельными моно- и полиненасыщенными жирными кислотами.

Отдельно необходимо отметить разработку ряда специализированных пищевых продуктов для спортсменов,

направленных на максимально быстрое восстановление после истощающих физических нагрузок, в том числе на профилактику дегидратации (изотонические напитки), железодефицитной анемии, поддержание функций печени (белковые метаболически адаптированные продукты), микрофлоры желудочно-кишечного тракта (синбиотические, про- и пребиотические продукты), оптимизацию белкового, углеводного обмена, обеспечение организма основными витаминами, макро- и микроэлементами, минорными биологически активными веществами в условиях их повышенного расхода.

Научные исследования показали высокую эффективность их системного применения в питании спортсменов различных видов спорта при подготовке сборных команд России, команд Премьер-лиги, школ олимпийского резерва к соревнованиям.

В настоящее время ведется модернизация и переоборудование Бирюлевского экспериментального завода, являющегося филиалом ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Одним из основных векторов деятельности завода будет являться производство инновационных специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов заданной пищевой и энергетической ценности, являющихся источниками биологически активных веществ. Эта производственная площадка позволит внести существенный вклад в процессы импортозамещения на основе научного обеспечения.

Созданная в ФИЦ система позволяет проводить скоординированную, согласованную или единую политику в отраслях экономики, включающих процессы экспертизы, государственной регистрации, производства и обращения на рынке специализированных пищевых продуктов и БАД к пище, а также рационов питания спортсменов.

## Сведения об авторах

*Никитюк Дмитрий Борисович (Dimitry B. Nikityuk)* – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией спортивной антропологии и нутрициологии, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>

*Кобелькова Ирина Витальевна (Irina V. Kobelkova)* – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: [irinavit66@mail.ru](mailto:irinavit66@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-1237-5147>

## Литература

1. Рекомендации по питанию спортсменов / под ред. А.А. Покровского. Москва : Физкультура и спорт, 1975. 49 с.
2. Коровников К.А., Десятников А.М., Баева В.С. и др. Питание велосипедистов в период тренировочных сборов и соревнований // Вопросы питания. 1988. № 5. С. 40–43.
3. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике [Электронный ресурс]: методические рекомендации / Д.Б. Никитюк и др. Электрон. текстовые данные. Москва : Спорт, 2018. 64 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/74296.html>.
4. Букавнева Н.С., Поздняков А.Л., Никитюк Д.Б. Методические подходы к использованию комплексных антропометрических методов исследования в клинической практике // Вопросы питания. 2007. Т. 76, № 6. С. 13–16.

5. Выборная К.В., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Раджабкадиев Р.М., Барышев М.А., Соколов А.И., Никитюк Д.Б. Комплексная оценка физического развития фигуристов центильным методом // *Морфология*. 2019. Т. 155, № 2. С. 68. ISSN: 1026-3543
6. Патент 2699953 (Российская Федерация, МПК А61В 5/02 (2006.01)). Способ определения персонализированных суточных энерготрат путем пульсометрии / Соколов А.И., Лавриненко С.В., Раджабкадиев Р.М., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Семенов М.М. и др; заявитель и патентообладатель г. Москва. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи». № 2019121540; заявл. 10.07.19; опубл. 11.09.19.
7. Лавриненко С.В., Выборная К.В., Соколов А.И. и др. Оценка суточных энерготрат спортсменов игровых видов спорта. Материалы XVII Всероссийского конгресса с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Лечебное, профилактическое и спортивное питание». Москва, 29–31 октября 2018 г. // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № S5. С. 166–167. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10272>
8. Лавриненко С.В., Соколов А.И., Кобелькова И.В. и др. Оценка суточных энерготрат у спортсменов сложно-координационных видов спорта (на примере фигурного катания) // Сборник материалов тезисов XIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений. Москва: РАСМБИ, 2018. С. 69–70.
9. Кобелькова И.В., Мартинчик А.Н., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Пескова Е.В., Выборная К.В. и др. Анализ рациона питания членов мужской сборной команды России по водному поло в соревновательный период // *Вопросы питания*. 2019. Т. 88, № 2. С. 50–57. DOI: <http://doi.org/10.24411/00428833>
10. Никитюк Д.Б., Погожева А.В., Батуринов А.К. Особенности питания единоборцев // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2018. Т. 8, № 1. С. 55–62. DOI: <http://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.55>
11. Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Анализ фактического питания спортсменов игровых видов спорта // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № S5. С. 163. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10268>
12. Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Анализ фактического питания спортсменов сложно-координационных видов спорта // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № S5 С. 168. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10275>
13. Батуринов А.К., Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Тутельян В.А. Генетические подходы к персонализации питания // *Вопросы питания*. 2012. № 6. С. 4–11.
14. Сорокина Е.Ю., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н. Изучение ассоциации полиморфизма генов со спортивной успешностью и риском развития алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов, представляющих циклические виды спорта // *Спортивная медицина наука и практика*. 2019. Т. 9, № 3. С. 41–47. DOI: <http://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.41>
15. Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Никитюк Д.Б. Изучение ассоциации полиморфизма генов с питанием и пищевым статусом спортсменов–единоборцев // *Спортивная медицина наука и практика*. 2019. Т. 9, № 1. С. 40–47. URL: <https://lib.rucont.ru/efd/657873/info>

## References

1. Nutrition Recommendations for Athletes. In: A.A. Pokrovskiy (ed.). Moscow: Fizkul'tura i sport, 1975: 49 p. (in Russian)
2. Korovnikov K.A., Desyatnikov A.M., Baeva V.S., et al. Nutrition cyclists in the period of training camps and competitions. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 1988; (5): 40–3.
3. Use of the complex anthropometry method in sports and clinical practice [Electronic resource]: methodical recommendations. In: D.B. Nikityuk et al. Electron. text data. Moscow: Sport, 2018: 64 p. URL: <http://www.iprbookshop.ru/74296.html> (in Russian)
4. Bukavneva N.S., Pozdnyakov A.L., Nikityuk D.B. Methodical approaches to the use of complex anthropometric methods of investigation in clinical practice. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2007; 76 (6): 13–6. (in Russian)
5. Vybornaya K.V., Kobel'kova I.V., Lavrinenko S.V., Radzhabkadiyev R.M., Baryshev M.A., Sokolov A.I., Nikityuk D.B. Complex assessment of the physical development of figure-skaters by the percentile method. *Morphology*. 2019; 155 (2): 68. ISSN: 1026-3543. (in Russian)
6. Patent 2699953 (Russian Federation, IPC A61B 5/02 (2006.01)). Method for determination of the personalized daily energy expenditure by means of pulsometry. A.I. Sokolov, S.V. Lavrinenko, R.M. Radzhabkadiyev, et al.; applicant and patent holder Moscow. Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety». No. 2019121540; 10.07.19; op. cit. 11.09.19. (in Russian)
7. Lavrinenko S.V., Vybornaya K.V., Sokolov A.I., et al. Evaluation of daily energy expenditure of sportsmen of game kinds of sports. Materials of XVII All-Russian Congress with international participation «Fundamental and applied aspects of nutrictology and dietetics. Medical, prophylactic and sports nutrition». *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (S5): 166–7. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10272> (in Russian)
8. Lavrinenko S.V., Sokolov A.I., Kobelkova I.V., et al. Estimation of the daily energy expenditure at athletes of the complex-coordination sports (on the example of figure skating) (in Russian). In: Collection of thesis materials of XIII International scientific conference on the state and prospects of medicine development in sport of higher achievements. Moscow: RASMBI, 2018: 69–70. (in Russian)
9. Kobelkova I.V., Martinchik A.N., Keshabyants E.E., et al. Food analysis of the Russian men's water polo team members in the competitive period (in Russian). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2019; 88 (2): 50–7. DOI: <http://doi.org/10.24411/00428833> (in Russian)
10. Nikityuk D.B., Pogozheva A.V., Baturin A.K. Nutrition features of martial arts fighters (in Russian). *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika [Sports Medicine: Science and Practice]*. 2018; 8 (1): 55–62. DOI: <http://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.55> (in Russian)
11. Denisova N.N., Keshabyanc E.E. Analysis of actual nutrition of athletes of game sports (in Russian). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (S5): 163. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10268> (in Russian)
12. Denisova N.N., Keshabyanc E.E. Analysis of actual nutrition of athletes of complex coordination sports. (in Russian). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (S5): 168. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10275> (in Russian)
13. Baturin A.K., Sorokina E.YU., Pogozheva A.V., Tutelyan V.A. Genetic approaches to the power supply personalization (in Russian). *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2012; (6): 4–11. (in Russian)
14. Sorokina E.Yu., Keshabyants E.E., Denisova N.N. Study of association of gene polymorphism with sports success and risk of development of alimentary-dependent diseases in athletes representing cyclic sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika [Sports Medicine: Science and Practice]*. 2019; 9 (3): 41–7. DOI: <http://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.41> (in Russian)
15. Sorokina E.Yu., Pogozheva A.V., Nikityuk D.B. Study of the association of polymorphism of genes with nutrition and food status of single fighters. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika [Sports Medicine: Science and Practice]*. 2010; 9 (1): 40–7. URL: <https://lib.rucont.ru/efd/657873/info> (in Russian)

**Для корреспонденции**

Бессонов Владимир Владимирович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
Телефон: (495) 698-57-36  
E-mail: bessonov@ion.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О., Макаренко М.А., Малинкин А.Д., Сокуренок М.С., Зотов В.А., Шевякова Л.В.

## Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии

Databases of the chemical composition of foods in the era of digital nutrition science

Bessonov V.V., Bogachuk M.N., Bokov D.O., Makarenko M.A., Malinkin A.D., Sokurenko M.S., Zotov V.A., Shevyakova L.V.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Благодаря изучению химического состава пищевых продуктов, расширению перечня получаемых данных о содержании в составе пищевых продуктов пищевых веществ, включая минорные биологически активные вещества, в эпоху цифровой нутрициологии стало возможным создание актуальных систематизированных баз данных химического состава пищевых продуктов и рационов в целом. Они позволяют решать самые разные задачи современного общества с точки зрения науки о питании.*

**Цель** данного обзора – анализ и обобщение современных подходов к формированию и актуализации баз данных химического состава пищевых продуктов с позиций цифровой нутрициологии.

**Результаты.** В обзоре рассмотрены основные положения, касающиеся создания баз данных, направлений развития химии пищевых продуктов, обсуждены существующие международные программы сбора и компиляции данных. Рассмотрены приемы систематизации данных о качественном составе и содержании биологически активных и минорных веществ в пищевой продукции, проблемы, связанные с разработкой и метрологической аттестацией высокоселективных высокочувствительных аналитических методов, необходимых для получения достоверных и воспроизводимых данных.

**Заключение.** Развитие цифровой нутрициологии значительно повышает доступность и качество информации о химическом составе пищевых продуктов, позволяет оперативно ее актуализировать. Дальнейшее совершенствование качества данных, представленных в таблицах химического состава, связано

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О., Макаренко М.А., Малинкин А.Д., Сокуренок М.С., Зотов В.А., Шевякова Л.В. Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 211–219. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10058

**Статья поступила в редакцию** 17.06.2020. **Принята в печать** 29.07.2020

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Bessonov V.V., Bogachuk M.N., Bokov D.O., Makarenko M.A., Malinkin A.D., Sokurenko M.S., Zotov V.A., Shevyakova L.V. Databases of the chemical composition of foods in the era of digital nutrition science. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 211–9. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10058 (in Russian)

**Received** 17.06.2020. **Accepted** 29.07.2020.

с установлением стабильности и взаимосвязей между микро- и макрокомпонентами, их влияния на сохранность, химическую стабильность, влияния физико-химических характеристик матрикса на пищевую ценность пищевого продукта, определением содержания специфических минорных компонентов, разработкой соответствующих нормативных документов.

**Ключевые слова:** цифровая нутрициология, базы данных химического состава пищевых продуктов

*By studying the chemical composition of foods, expanding the list of data on the content of nutrients, including minor biologically active substances, in the era of digital nutrition science, it became possible to create relevant systematic databases of the chemical composition of foods and rations in general. They allow us to solve various problems of modern society from the point of view of nutrition science.*

*This review aim to analyze and generalize modern approaches to the formation and updating of databases of the chemical composition of food products from the standpoint of digital nutrition science.*

**Results.** *This review considers the main provisions regarding creation of databases, directions for the development of food chemistry, discusses existing international programs for collecting and compiling data. The methods of systematizing data on the qualitative composition and content of biologically active and minor substances in products, as well as the problems associated with the development and metrological certification of highly selective highly sensitive analytical methods necessary to obtain reliable and reproducible data are considered.*

**Conclusion.** *The development of digital nutrition science significantly increases the availability and quality of information on the chemical composition of foods, and allows it to be updated quickly. Further improvement of the quality of the data presented in the tables of chemical composition is associated with the establishment of stability and relationships between micro- and macro-components, their influence on the safety, stability of the chemical structure, the influence of the physico-chemical characteristics of the matrix on nutritive value of foods, determination of the content of specific minor components, development of relevant regulatory documents.*

**Keywords:** digital nutrition science, databases of the chemical composition of food products

Базы данных химического состава пищевых продуктов необходимы для решения медицинских, экономических и даже политических задач. Они предоставляют детальную информацию о содержании в пищевых продуктах наиболее важных с точки зрения науки о питании пищевых веществ, в том числе углеводов, белков, жиров, клетчатки, витаминов и минеральных веществ. Данные о содержании в пищевых продуктах пищевых веществ и энергии используются специалистами-диетологами для оценки питания своих пациентов и разработки подходящей диеты, выработки решений по составлению и актуализации продовольственной корзины для населения нашей страны, рекомендаций по питанию организованных коллективов (детей и взрослых). Работа по созданию массивов данных химического состава пищевых продуктов предполагает исследование состава пищевых веществ в пищевой продукции, производимой на территории РФ и стран Евразийского экономического союза, разработку новых и адаптацию существующих зарубежных методов исследования биологически активных веществ природного происхождения, а также изменения химического состава пищевых продуктов в процессе технологической переработки. Таким образом, для создания баз данных необходимо решить следующие задачи:

- получение собственных данных о химическом составе пищевых продуктов, включая анализ данных, опубликованных в научных изданиях;

- критическое обобщение и оценка качества данных, полученных в результате выполнения исследовательских программ в рамках национальных проектов;
- разработка отечественных и внедрение иностранных недостающих методов исследования состава макро- и микрокомпонентов пищевых продуктов, включая биологически активные вещества пищи, форм биологически активных веществ в составе пищевых продуктов и их изменения в результате применения традиционных и инновационных технологий.

Сформированная база данных позволяет получать сведения о вариабельности состава пищевых продуктов для выявления маркеров их идентификации и фальсификации, оценки качества пищи с точки зрения содержания пищевых веществ различных классов.

Переход к новому видению таблиц химического состава как открытых цифровых баз данных не может выполняться без участия специалистов, работающих в области информационных технологий, и соответствует направлениям Стратегии научно-технологического развития РФ:

- Н1. Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

- Н4. Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Как показали данные реализации пилотной части национального проекта «Демография» в 2019 г., химический состав пищевой продукции оставался неизменным на протяжении последних 20 лет, но одновременно получена информация о новых (инновационных) пищевых продуктах, сведения о химическом составе которых необходимы в планировании питания населения, индивидуализации рациона, представлении наиболее полных данных для обеспечения перехода к цифровой нутрициологии.

Таким образом, основным путем развития научного направления, специализирующегося на изучении химического состава пищевых продуктов, является расширение перечня получаемых данных о содержании в составе пищевых продуктов пищевых веществ, включая минорные биологически активные вещества. Такой вектор развития науки о химии пищевых продуктов задан формированием представлений о сбалансированном рационе, специализированных рационах для питания людей в различных ситуациях. К ним можно отнести редукцию массы тела, необходимость увеличения массы мышц, костной ткани, беременность, занятия спортом, особые диеты при различных заболеваниях.

Развитие индустрии, производящей специализированные и обогащенные пищевые продукты, предполагает как экстенсивное получение формальных данных по содержанию пищевых веществ и энергии в такой пищевой продукции, так и интенсивное развитие определения новых биологически активных веществ, актуальных с точки зрения динамики развития нутрициологии. Эти данные необходимы не только для получения представлений об актуальных пищевых продуктах, но и для разработки новых пищевых продуктов заданного химического состава, учитывающих стабильность и взаимодействия компонентов внутри матрикса пищевого продукта [1].

Таким образом, следующие задачи нуждаются в решении:

- получение новых данных об ассортиментном перечне измененных пищевых продуктов, данные о химическом составе которых нуждаются либо в первичном изучении, либо в актуализации;
- разработка и внедрение новых методов исследования компонентов и биологически активных веществ в составе пищевых продуктов и продовольственного сырья;
- разработка принципов оценки влияния характеристик исходного пищевого сырья на риски образования технологических контаминантов, снижения пищевой и биологической ценности готовой пищевой продукции;

- цифровизация всех получаемых аналитических данных.

В непосредственной перспективе **ближайшими целями развития химии пищевых продуктов в рамках решения задач цифровой нутрициологии являются:**

- разработка автоматизированной управляемой базы данных химического состава пищевых продуктов;
- разработка и метрологическая аттестация унифицированных методов определения максимально широкого спектра химических соединений, представляющих интерес для современной нутрициологии.

### **Разработка российской базы данных химического состава**

Разработка автоматизированной управляемой базы данных химического состава пищевых продуктов включает:

- концепцию медико-биологической базы цифровой нутрициологии по показателям химического состава пищевых продуктов;
- разработку требований к инструментам компиляции данных, систему кодирования пищевых продуктов для формализации описания и типизации;
- изучение и обобщение возможных источников аналитических данных по химическому составу пищевых продуктов; установление требований к качеству аналитических данных.

#### **1. Концепция базы данных химического состава.**

В этой связи может быть полезно обратиться к опыту создания двух существующих международных программ сбора и компиляции данных – FAO/INFOODS и EuroFIR. Обе программы реализуются в качестве ресурсов, помогающих заинтересованным странам создавать и поддерживать собственные национальные базы данных химического состава пищевых продуктов. Эти базы отличаются от существующих печатных таблиц химического состава тем, что содержат более подробную информацию об исследованном продукте, способе его производства или приготовления, о методах исследования химического состава и др. Кроме того, такие базы содержат литературные источники данных о химическом составе (научные статьи, отчеты и др.) и чаще всего реализуются в виде электронных ресурсов, что позволяет их постоянно актуализировать и пополнять. Такая база способна обеспечить легкий доступ и обмен данными о составе пищевых продуктов между регионами и странами [2].

Разработку базы данных химического состава пищевых продуктов согласно опыту проведения FAO/INFOODS и EuroFIR обычно организуют в несколько этапов:

I этап. *Поиск информации по химическому составу пищевых продуктов и отбор наиболее надежных источников литературы.* Данные отбираются и вносятся оператором(-ами) в соответствии с принятыми реко-

мендациями, например такими, которые были изданы в рамках программ FAO/INFOODS [3, 4], EuroFIR [5] или вновь разработанными.

II этап. *Составление архивной или «корневой» базы данных*, содержащей, помимо данных по химическому составу, всю имеющуюся информацию о пищевых продуктах, ингредиентах, способах их производства, хранении и методах химического или физико-химического анализа и др. На этом этапе в предварительно разработанный программный продукт вносят наиболее полную информацию из отобранных источников литературы.

III этап. *Формирование справочной базы данных*. Это подразумевает повторную оценку надежности данных по химическому составу архивной базы, расчет статистических параметров выборок и объединение информации по одинаковым продуктам, восполнение недостающих данных. Результатом данного этапа является составление справочной базы данных, которая частично или полностью может быть представлена для общественного пользования.

2. Требования к программному обеспечению для создания базы данных химического состава.

Важным условием корректного обмена и сравнения собственных данных с зарубежными является использование единых принципов реализации программ по созданию баз данных химического состава. Одним из основных условий реализации автоматической обработки информации является стандартизация и гармонизация наименований и описаний 4 основных объектов такой базы: пищевых продуктов, нутриентов, единиц измерения и ссылок на литературу. Стандартизация может осуществляться, например, в виде специально разработанной кодировки (номенклатуры) [4], использования словарей типа EuroFIR Theasauri [6] для каждого объекта или специализированной системы классификации и описания, например FoodEx2 для пищевых продуктов (разработана Европейским агентством по безопасности продуктов питания, EFSA) [7].

Использование кодировки позволяет согласовывать разрозненные данные о химическом составе пищевых продуктов, создавать связи между этими данными, а также систематизировать данные по разным продуктам для обеспечения возможности их полуавтоматического сопоставления [8].

Архивная база данных формируется на основе электронных таблиц или специально разработанных программ внесения данных. Таблицы (программы) должны содержать:

- пользовательскую инструкцию заполнения, т.е. правила внесения, пересчета и кодировки данных, а также расшифровку закодированных наименований пищевых веществ и энергии. Целесообразно использовать кодировку для типов пищевых продуктов, способа их изготовления и обработки; страны или региона, где находится оператор; типа отбора проб; библиографических источников;
- основную таблицу для заполнения, в которой содержатся графы для внесения данных по химическому

составу и данных, касающихся описания пищевого продукта, методов химического анализа, ссылок на библиографические источники и другую информацию. При этом вносимые аналитические данные должны быть приведены к единому знаменателю, например: граммы на 100 г съедобной части продукта, граммы на 100 г сухого вещества и т.д. Также должны быть четко определены единицы измерения, особенно в случае тех нутриентов, для которых существует несколько способов выражения результата. К таким компонентам пищи относятся, в частности, углеводы, пищевые волокна, железо, витамины A, D, E, ниацин, тиамин и др.;

- таблицу для описания процесса отбора проб и манипуляций с образцами;
- таблицу описания библиографических ссылок;
- возможность загрузки и депозитарий для хранения источников литературы;
- возможность программного и/или «ручного» перерасчета из одних единиц измерения в другие, например из г/100 г сухого вещества в г/100 г восстановленного продукта, а также корректировки аналитических значений содержания
- нутриентов в соответствии с коэффициентами его изменения, происходящего при технологической обработке или при приготовлении пищевого продукта или блюда.

Примером подобной таблицы (программы) может служить FAO/INFOODS Compilation Tool – инструмент формата Excel, содержащий несколько листов для внесения каждой группы данных [9] и находящийся в свободном доступе [5].

3. Источники информации о химическом составе пищевых продуктов.

Основой создания аналогичных зарубежным информационным системам в России могут стать оригинальные результаты исследований специализированных лабораторий и исследовательских групп, полученные, например, в результате выполнения работ по изучению химического состава пищевых продуктов, включая специализированные, а также пищевых и функциональных ингредиентов в рамках научных тем, технических заданий на проведение исследований, при написании диссертаций и проведении экспертиз аккредитованными лабораториями.

Одним из примеров подходящих данных являются результаты исследований по теме «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов», выполнявшейся в 2019–2020 гг. в рамках национального проекта «Демография». Исследования были выполнены на базе региональных центров Роспотребнадзора в Московской, Самарской, Свердловской и Омской областях, Республике Башкортостан; обобщение и оценка результатов проведены в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». В результате этой работы, помимо прочего, были получены новые аналитические данные по содержанию

макро- и микронутриентов, витаминов, синтетических красителей, органических кислот и т.д. в различных пищевых продуктах. А именно, исследования проводились в мясе и мясных изделиях, рыбе и рыбных изделиях, в крупах, в бобовых и в мучных изделиях, яйцах и продуктах их переработки, в молочной продукции, во фруктах, овощах и продуктах их переработки, в масложировых и кондитерских изделиях, в биологически активных добавках к пище и йодированной соли. Всего во всех регионах было исследовано 3080 образцов; подготовка проб и анализы проводились с помощью официальных методик, результаты были представлены в виде таблиц формата Excel и легли в основу соответствующих методических рекомендаций 2019–2020 гг. (MP 2.3.7.0153-19 «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов», MP 2.3.7.0168-20 «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов»). Согласно руководствам FAO/INFOODS [3, 4] и EuroFIR [5], наличие и включение в базу дополнительной информации, помимо самих результатов исследований, является неотъемлемой частью надежных и проверенных информационных источников, а количество исследованных образцов и их разнообразие уже позволяют рассматривать полученные аналитические данные в качестве основы российской базы данных химического состава пищевых продуктов.

#### 4. Применение новой базы данных.

Архивная (корневая) база данных может являться основой для составления пользовательских специализированных баз данных по отдельным продуктам, а также программ и/или приложений расчета диет и рецептур для отдельных профессиональных групп населения, таких как врачи-диетологи, спортсмены и спортивные врачи, разработчики рецептур и др. Так, например, в рамках программ FAO/INFOODS и EuroFIR были созданы: FoodEXplorer – база химического состава пищевых продуктов большинства стран – членов ЕС, Канады и США, FAO/INFOODS Databases – группа баз данных химического состава многих стран Азии, Африки, Канады и США, Европы, Латинской Америки, Океании и других, ePlantLIBRA – библиотека данных по химическому составу растений и пищевых продуктов на их основе, eBASIS – информационная система по химическому составу пищевых продуктов, содержащих в составе биологически активные вещества растений, и биологическим эффектам последних, FoodBasket – интерфейс для расчета диет и рецептур на основе данных FoodEXplorer.

В настоящее время такие базы данных носят скорее обзорный характер, поскольку фактический состав пищевых продуктов зависит от условий производства (например, выращивания и кормления в случае продуктов животного происхождения), способа приготовления продукта и т.д. Приводимые данные, как правило, основываются на нескольких образцах. Такие базы должны

быть расширены, чтобы охватить большее количество пищевых продуктов, биологически активных компонентов, включая условно эссенциальные микроэлементы.

В соответствии с вышеописанными приемами, указанными в п. 1–4, должна быть проведена систематизация данных о качественном составе и содержании биологически активных и минорных веществ в пищевой продукции. К этой условной группе соединений относятся витамины, фенольные соединения (простые фенолы, фенольные кислоты, флавоноиды, полимерные фенольные соединения), алкалоиды, сапонины и другие соединения. Данные по ним варьируют в широких диапазонах в зависимости от места происхождения, вида сырья, технологических условий переработки и многих других факторов. Например, флавоноиды – наиболее многочисленная (более 8000 веществ) группа растительных полифенолов, встречающаяся в пищевых продуктах, которые являются природными вторичными метаболитами растений. Большой фактический материал по профилю и содержанию флавоноидов в пищевых продуктах был накоплен и впоследствии систематизирован в ряде специально созданных баз данных. Разработанная департаментом сельского хозяйства США База данных по содержанию флавоноидов в пищевых продуктах (USDA, последний выпуск) содержит исчерпывающую информацию о содержании флавоноидов основных 5 классов в наиболее широко употребляемых населением пищевых продуктах [10].

### Состояние базы аналитических методов определения некоторых пищевых и биологически активных веществ

В настоящее время принципиальным вопросом становится разработка и метрологическая аттестация высокоселективных высокочувствительных аналитических методов нового поколения, позволяющих в автоматизированном режиме получать данные по природному, фоновому содержанию минорных биологически активных веществ в традиционных пищевых продуктах. В частности, необходима разработка и внедрение методов определения жирорастворимых витаминов, например витаминов D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> и K<sub>1</sub>/K<sub>2</sub> и их производных, каротиноидов (как индивидуальных представителей всего семейства полиеновых углеводов). Для исследования содержания таких водорастворимых витаминов, содержание которых даже в обогащенных пищевых продуктах находится на критически низком уровне (биотин, цианокобаламин, природное содержание фолиевой кислоты в виде фолатов), также необходима разработка высокоселективных высокочувствительных аналитических методов на основе высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС), газо-жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией (ГЖХ-МС/МС), капиллярного электрофореза с tandemной масс-спектрометрией (КЭ-МС/МС). Существующие в настоящее время мето-

дические подходы могут дать сведения о содержании этих витаминов в обогащенных пищевых продуктах и природном содержании в пищевых продуктах тех витаминов, которых заведомо много (например, определение витамина Е в растительных маслах и спредах, каротиноидов в овощах и плодово-овощной продукции, витаминов группы В в крупах и мучных изделиях после кислотно-ферментативного гидролиза) [11].

#### 1. Определение витамина D.

В случае с природным содержанием витаминов D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> существующие утвержденные методы их определения [ГОСТ EN 12821-2014 «Продукты пищевые. Определение содержания холекальциферола (витамина D(3)) и эргокальциферола [витамина D(2)] методом высокоэффективной жидкостной хроматографии», ГОСТ Р 54637-2011 «Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина D(3)», ГОСТ 32916-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение массовой доли витамина D методом высокоэффективной жидкостной хроматографии») основано на омылении пробы, концентрировании их содержания с помощью препаративной или полупрепаративной хроматографии и дальнейшем аналитическом исследовании с помощью ВЭЖХ и ультрафиолетового/диодно-матричного/флуориметрического детектирования. Данный подход имеет следующие недостатки, а именно:

- существует множество форм витамина D, помимо известных D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> и их гидроксипроизводных;
- процесс пробоподготовки включает слишком много ступеней и требует строгого соблюдения температурного режима (температура омыления не должна превышать 60 °С, иначе D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> изомеризуются) и бескислородной или с минимальным содержанием кислорода среды (использование хорошо зарекомендовавших себя антиокислителей) [12];
- потери и ошибки при таком многостадийном подходе.

Исходя из вышесказанного для исследования витаминов D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> и их производных необходимо разработать такие подходы к пробоподготовке и анализу, которые позволят снизить ошибку метода, уменьшить количество ступеней в исследовании, проанализировать и описать наибольший спектр производных витаминов D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub>.

#### 2. Определение органических кислот.

Не менее значительной частью работы по получению данных химического состава пищевых продуктов является определение содержания органических кислот. Знание содержания и состава органических кислот необходимо как для диетологов (в связи с биологической активностью ряда органических кислот), так и для идентификации пищевых продуктов. Основными органическими кислотами в пищевых продуктах являются уксусная, молочная, яблочная, лимонная, янтарная, щавелевая и винная [13]. Данные вещества также можно разделить на летучие и нелетучие. Основным представителем летучих веществ является уксусная кислота. Остальные перечисленные кислоты относятся к нелетучим. Данное разделение опреде-

ляет выбор варианта очистки пробы от мешающих компонентов. В случае летучих кислот может быть использована перегонка с водяным паром из предварительно подкисленного экстракта или напитка. Для нелетучих кислот выбор очистки варьирует в зависимости от состава продукта, преимущественно от содержания в нем белка, жиров, углеводов. К вариантам очистки относятся осаждение белков фосфорно-вольфрамовой (или трихлоруксусной) кислотой, экстракция эфиром в аппарате Сокслета (до 36 ч), выделение кислот в виде свинцовых или бариевых солей с последующим отделением осадка сульфидов (после обработки сероводородом или сульфидом натрия) центрифугированием [13]. Методы определения данных веществ в составе пищевых продуктов можно классифицировать следующим образом: хроматографические; химические методы определения общей кислотности; химические методы определения отдельных компонентов; ферментативные.

К хроматографическим методам относятся различные варианты хроматографии (используются преимущественно газовая хроматография и ВЭЖХ). В качестве примеров методик с их использованием можно привести ГОСТ 32771-2014 «Продукция соковая. Определение органических кислот методом ОФ ВЭЖХ» и ГОСТ 33410-2015 «Продукция безалкогольная, слабоалкогольная, винодельческая и соковая. Определение содержания органических кислот методом ВЭЖХ».

К химическим методам относятся методы, позволяющие определять общую кислотность продукта без оценки содержания конкретных веществ (к ним относятся различные титриметрические методы определения общей кислотности с различной индикацией конечной точки титрования), и методы количественного определения отдельных кислот (к ним относятся методы титрования, гравиметрические и колориметрические). Определение отдельных кислот данными способами зачастую требует более тщательной очистки пробы перед анализом и выделения определяемого компонента. Методы анализа общей кислотности имеют широкое распространение для оценки качества пищевых продуктов, в качестве примеров можно привести ГОСТ 25555.1-2014 «Продукты переработки фруктов и овощей. Метод определения летучих кислот», ГОСТ 32114-2013 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот». Химические методы определения отдельных кислот в связи с их трудоемкостью во многих случаях были заменены хроматографическими и ферментативными методами.

Ферментативные методы основаны на последовательной обработке образца ферментами со спектрофотометрическим определением содержания определенного участника реакций. Особенности данных методов являются высокая специфичность и отсутствие необходимости в проведении усложненной подготовки пробы. В качестве примеров использования таких методов можно привести ГОСТ 31716-2012 (ISO 8069:2005)

«Молоко сухое. Определение содержания молочной кислоты и лактатов» и ГОСТ 33835-2016 «Продукция соевая. Метод определения лимонной кислоты».

### 3. Определение углеводов и пищевых волокон.

Ставшие традиционными и использованные в существующих редакциях справочника «Химический состав российских пищевых продуктов» результаты определения углеводов неразрывно связаны с устоявшейся методологией и приводятся в виде суммы всех усвояемых углеводов. Кроме того, традиционно указываются отдельно крахмал и сумма моно- и дисахаридов (МДС). Расчет общих углеводов в большинстве случаев проводился так называемым методом разницы, при котором из содержания сухого остатка вычитают сумму содержания белка, жира, золы и пищевых волокон. Если содержание МДС определяли экспериментально, то в этом случае количество крахмала рассчитывали по разнице между общими углеводами и МДС. В процессе редактирования данных в последних редакциях справочника вместо показателя «клетчатка» для растительных продуктов и продуктов, их содержащих, включен новый показатель – «пищевые волокна», определенный ферментативным методом. Этот показатель используется в настоящее время во всех современных иностранных таблицах химического состава пищевых продуктов для характеристики неперевариваемого остатка пищи. Экспериментально было доказано, что клетчатка (точнее, целлюлоза) составляет часть, причем не преобладающую (от 10 до 20% для большинства зерновых и от 30 до 40% для большинства овощей), фактических пищевых волокон и не может достоверно характеризовать этот важный показатель пищевой ценности [13].

На сегодняшний день исследования по определению содержания **углеводов** проводят при помощи следующих основных методов, которые применяются на практике при контроле качества пищевых продуктов:

- определение суммарного содержания углеводов, как и ранее, проводится методом разницы (по Скурихину, Тутельяну [13–15]);
- определение содержания крахмала по-прежнему рассчитывается по разнице между содержанием общих углеводов и МДС;
- определение содержания и состава суммы МДС проводится методом ВЭЖХ с рефрактометрическим детектированием. Данный метод дает возможность определить содержание наиболее распространенных моно- и дисахаридов, таких как глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, галактоза, мальтоза. Количественное содержание этих углеводов дает возможность выявлять фальсифицированный товар (например, фруктовые соки) или подтверждать наличие того или иного ингредиента в многокомпонентном продукте (например, по соотношению углеводов) [16, 17].

Исследования **пищевых волокон** проводятся, как и ранее, ферментативно-гравиметрическим методом, согласно методике «Определение содержания растворимых и нерастворимых пищевых волокон в пи-

щевых продуктах и БАД к пище» (МВИ № 01.00282-2008/0174.01.07.13). По сравнению с методом, по которому ранее проводились исследования пищевых волокон (Руководство Р. 4.1. 1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище»), используемый на данный момент метод быстрее и проще в исполнении. В целом указанное в справочнике под ред. И.М. Скурихина содержание углеводов (общее, крахмала и сумма МДС), а также пищевых волокон соответствует (с учетом погрешности) полученным ранее результатам исследований основных пищевых продуктов, потребляемых населением. В связи с этим данные, представленные в таблицах, созданных в 2002 г., являются актуальными и востребованными. Отличие в содержании углеводов, вычисленных методом разницы, от значений, указанных в справочнике, чаще всего относится к готовым к употреблению блюдам. Это можно объяснить различиями в рецептах, по которым они были приготовлены.

Заметим, что недостатком многих существующих баз данных на сегодняшний день является отсутствие указания, какой сахар содержится в продукте: фруктоза, сахароза, мальтоза, лактоза и т.д., что может быть важно для пациентов с рядом заболеваний. Поэтому в качестве предложения обновления таблиц может выступить внесение сведений о содержании основных МДС по отдельности, характерных для определенного вида продукции. Также необходимо добавить информацию о новых готовых к употреблению блюдах, сведений о которых нет в справочнике [18].

## Заключение

Дальнейшее развитие качества данных, представленных в таблицах химического состава, связано с установлением стабильности и взаимосвязей между микро- и макрокомпонентами, их влияния на сохранность, химическую стабильность (например, полисахаридов), влияния физико-химических характеристик матрикса (рН среды, наличие эмульсий, и др.) на пищевую ценность продукта. Получение данных по содержанию специфических минорных компонентов позволит определить границы естественной вариативности состава различных продуктов, что может быть использовано для их идентификации в целях выявления фальсификаций. Изложенные выше фундаментальные направления исследований имеют все основания быть транслированными в прикладные научные исследования.

Представляется актуальным введение в действие электронной системы химического состава пищевой продукции; разработка рекомендаций по порядку обогащения пищевых продуктов, основанных на фундаментальных исследованиях по сохранности и взаимодействию биологически активных веществ в пищевой продукции; разработка системы методических документов по определению биологически активных веществ в пищевой продукции в диапазоне их природного со-

держания; разработка системы рекомендаций по принципам контролирования уровней содержания естественных технологических контаминантов пищевых продуктов через регулирование концентраций их природных предшественников (в том числе монохлорпропандиола,

глицидиловых эфиров, фталатов, акриламида и др.). Предполагаемые методические документы должны быть метрологически аттестованы и внедрены как в виде ведомственных документов, так и национальных и межгосударственных стандартов.

### Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

*Бессонов Владимир Владимирович (Vladimir V. Bessonov)* – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов

E-mail: [bessonov@ion.ru](mailto:bessonov@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

*Богачук Мария Николаевна (Maria N. Bogachuk)* – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [bmariyan@mail.ru](mailto:bmariyan@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5820-8336>

*Боков Дмитрий Олегович (Dmitry O. Bokov)* – кандидат фармацевтических наук, сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [fmmsu@mail.ru](mailto:fmmsu@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-2968-2466>

*Макаренко Мария Андреевна (Mariya M. Makarenko)* – младший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [dragon.soul1992@ya.ru](mailto:dragon.soul1992@ya.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-1688-6304>

*Малинкин Алексей Дмитриевич (Alexey D. Malinkin)* – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [sindar7@mail.ru](mailto:sindar7@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-0370-4500>

*Зотов Владимир Алексеевич (Vladimir A. Zotov)* – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [zotov@ion.ru](mailto:zotov@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-6509-5344>

*Сокуренько Мария Сергеевна (Mariya S. Sokurenko)* – младший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [sokmary@mail.ru](mailto:sokmary@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-6416-7091>

*Шевякова Людмила Владимировна (Lyudmila V. Shevyakova)* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: [mailbox@ion.ru](mailto:mailbox@ion.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-7447-8520>

### Литература

1. Granato D., Barba F.J., Kovačević D.B., Lorenzo J.M., Cruz A.G., Putnik P. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety // *Ann. Rev. Food Sci. Technol.* 2020. Vol. 11. P. 93–118.
2. Scrimshaw N.S. INFOODS: the international network of food data systems // *Am. J. Clin. Nutr.* 1997. Vol. 65, N 4. P. 1190–1193.
3. FAO/INFOODS Guidelines for Converting Units, Denominators, and Expressions, version 1.0. FAO. Rome, 2012.
4. FAO/INFOODS Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database-Version 1.0.FAO. Rome, 2012.
5. EuroFIR AISBL: Standard Operating Procedures (SOPs) – Technical Manual, Version 2019 –01.
6. Unwin I.D. The Thesaurus Manager facilities for maintaining thesauri. Description of setup, viewing and editing features of the thesaurus management tool, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eurofir.org/wp-content/uploads/2016/09/THS-facility-description-update-160816.pdf> (дата обращения: 08.05.2020)
7. Ioannidou S. EFSA FoodEx2 Interpreting and Checking Tool user guide. EFSA supporting publication, 2019: EN-1727.20p. DOI:<http://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1727> [Электронный ресурс]. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/data/data-standardisation> (дата обращения: 08.05.2020)
8. Dahdouh S., Grande F., Espinosa S.N., Vincent A., Gibson R., Bailey K. et al. Development of the FAO/INFOODS/IZINCG Global Food Composition Database for Phytate // *J. Food Compos. Anal.* 2019. Vol. 78. P. 42–48.
9. International Network of Food Data Systems (INFOODS). Software tools. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/infoods/infoods/software-tools/en/> (дата обращения: 08.05.2020)
10. Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // *Вопросы питания.* 2013. № 1. С. 4–22.
11. Жилинская Н.В., Бессонов В.В., Громовых П.С., Богачук М.Н. Развитие современной методической базы контроля содер-

- жания витаминов в пищевой продукции и биологически активных добавках к пище // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 6. С. 106–116.
12. Thermal and Nonthermal Encapsulation Methods / ed. Magdalini Krokida. Boka Ration : CRC Press; Taylor and Francis Group, 2017.
  13. Химический состав российских пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
  14. Yang H., Sun Y., Chen Y., Gu B. The impact of dietary fiber and probiotics in infectious diseases // Microb. Pathog. 2020. Vol. 140. Article ID 103931. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103931>
  15. Soliman G.A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease // Nutrients. 2019. Vol. 11, N 5. P. 1155. DOI: <http://doi.org/10.3390/nu11051155>
  16. Buyken A.E., Mela D.J., Dussort P. et al. Dietary carbohydrates: a review of international recommendations and the methods used to derive them // Eur. J. Clin. Nutr. 2018. Vol. 72. P. 1625–1643. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41430-017-0035-4>
  17. Ludwig D.S., Hu F.B., Tappy L., Brand-Miller J. Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease // BMJ. 2018. Vol. 13. P. 361. DOI: <http://doi.org/10.1136/bmj.k2340>
  18. Marconi S., Durazzo A., Camilli E., Lisciani S., Gabrielli P., Aguzzi A. et al. Food composition databases: considerations about complex food matrices // Foods 2018. Vol. 7. P. E2.

## References

1. Granato D., Barba F.J., Kovačević D.B., Lorenzo J.M., Cruz A.G., Putnik P. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Ann Rev Food Sci Technol.* 2020; 11: 93–118.
2. Scrimshaw N.S. INFOODS: the international network of food data systems. *Am J Clin Nutr.* 1997; 65 (4): 1190–3.
3. FAO/INFOODS Guidelines for Converting Units, Denominators, and Expressions, version 1.0. FAO. Rome, 2012.
4. FAO/INFOODS Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database-Version 1.0. FAO. Rome, 2012.
5. EuroFIR AISBL: Standard Operating Procedures (SOPs) – Technical Manual, Version 2019–01.
6. Unwin I.D. The Thesaurus Manager facilities for maintaining thesauri. Description of setup, viewing and editing features of the thesaurus management tool, 2016 [Electronic resource]. URL: <https://www.eurofir.org/wp-content/uploads/2016/09/THS-facility-description-update-160816.pdf> (date of access May 08, 2020)
7. Ioannidou S. EFSA FoodEx2 Interpreting and Checking Tool user guide. EFSA supporting publication, 2019: EN-1727. 20 p. DOI: <http://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1727> [Electronic resource]. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/data/data-standardisation> (date of access May 08, 2020)
8. Dahdouh S., Grande F., Espinosa S.N., Vincent A., Gibson R., Bailey K., et al. Development of the FAO/INFOODS/IZINCG Global Food Composition Database for Phytate. *J Food Compos Anal.* 2019; 78: 42–8.
9. International Network of Food Data Systems (INFOODS). Software tools. [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/infoods/infoods/software-tools/en/> (date of access May 08, 2020)
10. Tutelyan V.A., Lashneva N.V. Biologically active substances of plant origin. flavonols and flavones: prevalence, dietary sources and consumption. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2013; (1): 4–22. (in Russian)
11. Zhilinskaya N.V., Bessonov V.V., Gromovych P.S., Bogachuk M.N. Development of a modern methodological base for monitoring the content of vitamins in food and food supplements. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (6): 106–16. (in Russian)
12. Thermal and Nonthermal Encapsulation Methods. In: Magdalini Krokida (ed.). *Boka Ration*: CRC Press; Taylor and Francis Group, 2017.
13. The chemical composition of Russian food products. Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. Moscow: DeLi print, 2002: 236 p. (in Russian)
14. Yang H., Sun Y., Chen Y., Gu B. The impact of dietary fiber and probiotics in infectious diseases. *Microb Pathog.* 2020; 140: 103931. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103931>
15. Soliman G.A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. *Nutrients.* 2019; 11 (5): 1155. DOI: <http://doi.org/10.3390/nu11051155>
16. Buyken A.E., Mela D.J., Dussort P., et al. Dietary carbohydrates: a review of international recommendations and the methods used to derive them. *Eur J Clin Nutr.* 2018; 72: 1625–43. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41430-017-0035-4>
17. Ludwig D.S., Hu F.B., Tappy L., Brand-Miller J. Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease. *BMJ.* 2018; 13: 361. DOI: <http://doi.org/10.1136/bmj.k2340>
18. Marconi S., Durazzo A., Camilli E., Lisciani S., Gabrielli P., Aguzzi A., et al. Food composition databases: considerations about complex food matrices. *Foods* 2018; 7: E2.

**Для корреспонденции**

Бессонов Владимир Владимирович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва,

Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-57-36

E-mail: bessonov@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

Акимов М.Ю.<sup>1</sup>, Бессонов В.В.<sup>2</sup>, Коденцова В.М.<sup>2</sup>, Эллер К.И.<sup>2</sup>, Вржесинская О.А.<sup>2</sup>, Бекетова Н.А.<sup>2</sup>, Кошелева О.В.<sup>2</sup>, Богачук М.Н.<sup>2</sup>, Малинкин А.Д.<sup>2</sup>, Макаренко М.А.<sup>2</sup>, Шевякова Л.В.<sup>2</sup>, Перова И.Б.<sup>2</sup>, Рылина Е.В.<sup>2</sup>, Макаров В.Н.<sup>1</sup>, Жидехина Т.В.<sup>1</sup>, Кольцов В.А.<sup>1</sup>, Юшков А.Н.<sup>1</sup>, Новоторцев А.А.<sup>1</sup>, Брыксин Д.М.<sup>1</sup>, Хромов Н.В.<sup>1</sup>

## Биологическая ценность плодов и ягод российского производства

### Biological value of fruits and berries of Russian production

Akimov M.Yu.<sup>1</sup>, Bessonov V.V.<sup>2</sup>, Kodentsova V.M.<sup>2</sup>, Eller K.I.<sup>2</sup>, Vrzhesinskaya O.A.<sup>2</sup>, Beketova N.A.<sup>2</sup>, Kosheleva O.V.<sup>2</sup>, Bogachuk M.N.<sup>2</sup>, Malinkin A.D.<sup>2</sup>, Makarenko M.A.<sup>2</sup>, Shevyakova L.V.<sup>2</sup>, Perova I.B.<sup>2</sup>, Rylyina E.V.<sup>2</sup>, Makarov V.N.<sup>1</sup>, Zhidehina T.V.<sup>1</sup>, Koltsov V.A.<sup>1</sup>, Yushkov A.N.<sup>1</sup>, Novotortsev A.A.<sup>1</sup>, Briksin D.M.<sup>1</sup>, Khromov N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», 393774, г. Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> I.V. Michurin Federal Scientific Center, 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*Фрукты и ягоды – важнейшие источники широкого спектра биологически активных веществ (БАВ), включая витамин С, каротиноиды, флавоноиды, антоцианины.*

*С целью пополнения и обновления данных по содержанию пищевых и некоторых БАВ в таблицах химического состава пищевых продуктов проведено исследование содержания моно- и дисахаридов, пищевых волокон; витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и Е, каротиноидов, минеральных веществ; флавоноидов (в пересчете на рутин), антоцианинов; органических и гидроксикоричных кислот, стильбеноидов в различных сортах 16 плодовых и ягодных культур.*

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 220–232. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055

**Статья поступила в редакцию** 14.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out at the expense of the subsidy for the implementation of the state task.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

**For citation:** Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Bogachuk M.N., Malinkin A.D., Makarenko M.A., Shevyakova L.V., Perova I.B., Rylyina E.V., Makarov V.N., Zhidehina T.V., Koltsov V.A., Yushkov A.N., Novotortsev A.A., Briksin D.M., Khromov N.V. Biological value of fruits and berries of Russian production. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 220–32. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055 (in Russian)

**Received** 14.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

**Материал и методы.** Материалом для исследования служили плоды перспективных сортов и отборных форм семечковых (яблоня, груша), косточковых (вишня, слива, абрикос), ягодных (земляника садовая, малина, черная смородина, красная смородина, крыжовник), нетрадиционных культур (актинидия, жимолость, калина, кизил, облепиха, шиповник) – всего 208 образцов, выращенных на базе ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Витамины группы В определяли флуориметрическим методом, витамин Е, органические и гидроксикоричные кислоты, углеводы и стильбеноиды – с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Сумму антоцианиновых пигментов определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, витамин С – йодометрическим титрованием, пищевые волокна – ферментативно-гравиметрическим методом, флавоноиды – спектрофотометрически.

**Результаты и обсуждение.** Основным углеводом абрикоса является сахароза, черная смородина, вишня, малина и жимолость содержат преимущественно фруктозу и глюкозу. Малина и смородина содержат большое количество пищевых волокон. Проведено сравнение полученных данных по уровню содержания в плодах витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Е, флавоноидов и антоцианинов в исследованной популяции сортов в сравнении с опубликованными данными таблиц химического состава пищевых продуктов США и России. По содержанию витамина С в плодах в порядке убывания культуры выстраиваются в ряд: черная смородина > облепиха > жимолость > земляника > красная смородина > калина > крыжовник > малина > яблоня. Ягоды, внося существенный вклад в обеспечение организма витамином С, не являются значимым источником витаминов группы В и Е. Включение в рацион 100 г свежих плодов обеспечивает около 10% потребности организма в калии (абрикос, крыжовник, вишня и черная смородина), магнии (яблоня, вишня, земляника) и в пищевых волокнах. Высоким содержанием антоцианинов отличаются жимолость и черная смородина, потребление 100 г ягод обеспечит адекватное потребление этих микронутриентов. Некоторые сорта земляники, яблони и груши богаты гидроксикоричными кислотами. Полученные данные могут быть использованы для уточнения показателей в существующих таблицах химического состава пищевых продуктов.

**Заключение.** Полученные данные по составу плодовой и ягодной продукции позволяют более корректно рассчитывать пищевую ценность рационов при использовании анкетно-опросных методов. Комплексный анализ состава БАВ ягод и фруктов дает возможность более обоснованно осуществлять выбор того или иного продукта при диетической коррекции рациона здоровых и больных людей.

**Ключевые слова:** фрукты, ягоды, сорта, сахара, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, флавоноиды, антоцианины, органические кислоты

*Fruits and berries are the most important sources of a wide range of biologically active substances, including vitamin C, carotenoids, flavonoids, anthocyanins.*

*In order to replenish and update data on the content of food and biologically active substances in the tables of the chemical composition of food products, a study of the content of mono- and disaccharides, dietary fiber was carried out; vitamins C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and E, minerals and trace elements; flavonoids (in terms of rutin), anthocyanins; organic and hydroxycinnamic acids, stilbenoids in various varieties of 16 fruit and berry crops.*

**Material and methods.** *The material for the study was the fruits of promising varieties and selected forms of pome fruit (apple, pear), stone fruit (cherry, plum, apricot), berry (garden strawberry, raspberry, black currant, red currant, gooseberry), non-traditional crops (actinidia, honeysuckle, cornelian cherry, viburnum, sea buckthorn, rosehip) – a total of 208 samples grown at the I.V. Michurin Federal Scientific Center. The B vitamins were determined by the fluorometric method, and vitamin E, organic and hydroxycinnamic acids, carbohydrates, and stilbenoids were determined by HPLC. The amount of anthocyanin pigments was determined by pH differential spectrophotometry, dietary fiber – by enzymatic-gravimetric method, flavonoids – spectrophotometrically.*

**Results and discussion.** *The main carbohydrate of apricot is sucrose, black currants, cherries, raspberries and honeysuckle contain mainly fructose and glucose. Raspberries and currants are high in fiber. Comparison of the obtained data on the content of vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, E, flavonoids and anthocyanins in the studied population of varieties in comparison with the published data of tables of the chemical composition of food products in the USA and Russia was carried out. By the content of vitamin C in descending order, the fruits are arranged in a row: black currant > sea buckthorn > honeysuckle > strawberry > red currant > viburnum > gooseberry > raspberry > apple. Berries, making a significant contribution to providing the body with vitamin C, are not an essential source of vitamins B and E. The inclusion of 100 g of fresh fruit in the diet provides about 10% of the recommended dietary intake for potassium (apricot, gooseberry, cherry and black currant), magnesium (apple, cherry, strawberry) and dietary fiber. Honeysuckle and black currant are high in anthocyanins; consumption of 100 g of these berries will ensure adequate intake of these micronutrients. Some varieties of strawberries, apples and pears are rich in hydroxycinnamic acids. The data obtained can be used to refine the indicators in the existing tables of the chemical composition of food products.*

**Conclusion.** *The obtained data on the composition of fruit and berry products will make it possible to more correctly calculate the nutritional value of rations using questionnaire-survey methods. Combined analysis of the composition of biologically active substances in berries and fruits makes it possible to more reasonably make the choice of a particular product in the dietary correction of the ration of healthy and sick people.*

**Keywords:** *fruits, berries, varieties, mono- and disaccharides, dietary fiber, vitamins, minerals, flavonoids, anthocyanins, organic acids, polyphenolic compounds*

Фрукты и ягоды традиционно рассматриваются в питании человека как природные источники биологически активных веществ (БАВ), включая пищевые волокна, витамин С, флавоноиды, микро- и макроэлементы и др. [1]. При этом плоды и ягоды, являясь биологическими объектами, отличаются значительной вариабельностью состава [2, 3].

Содержание БАВ (витамины, флавоноиды и др.) в растительном сырье зависит от сортовых особенностей, ареала произрастания, климатических условий и технологий возделывания. Для минеральных веществ биологическая изменчивость достигает в зависимости от вида продукта, природы элемента и концентрации в среднем 26% при концентрации свыше 0,1%. При более низком

содержании, в пределах 0,01–0,1%, коэффициент вариации равен 36%, а для еще более низких концентраций – 42%. Технологическая особенность производства вносит в общую вариабельность результатов свой вклад, для минеральных веществ он достигает 10% [4].

В действующих таблицах химического состава пищевых продуктов отсутствуют данные по содержанию БАВ, таких как индивидуальные моно- и дисахариды, каротиноиды, полифенольные соединения (антоцианины, гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, стильбеноиды, проантоцианидины и др.), органические кислоты (лимонная, яблочная, салициловая).

Актуализация и расширение баз данных химического состава пищевых продуктов необходимы для адекватных расчетов фактического питания населения. В связи с этим **с целью** пополнения и обновления данных по содержанию пищевых и БАВ в таблицах химического состава пищевых продуктов проведено исследование содержания моно- и дисахаридов, пищевых волокон; витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и Е, минеральных веществ; флавоноидов (в пересчете на рутин), антоцианинов; органических кислот, полифенольных соединений в различных сортах 16 плодовых и ягодных культур. Для уменьшения влияния на биологическую вариабельность агроклиматических условий все анализируемые образцы были получены в один сезон 2012 г. из одного агроклиматического района – опытно-производственных площадок ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина».

## Материал и методы

Для исследования были использованы свежие плоды и ягоды, собранные по достижении потребительской спелости в экспериментальных насаждениях ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». В качестве объектов исследования использовано 208 сортов и отборных форм 16 плодовых и ягодных культур, в том числе: яблони *Malus* – 25, груши *Pyrus* – 21, вишни *Cerasus vulgaris* Mill. – 14, сливы *Prunus domestica* L. – 12, абрикоса *Armeniaca vulgaris* Lam. – 5, жимолости *Lonicera caerulea* – 10, земляники садовой *Fragaria* – 14, калины *Viburnum opulus* L. – 8, малины *Rubus idaeus* L. – 17, крыжовника *Grossularia* – 13, облепихи *Hippophae rhamnoides* L. – 10, красной смородины *Ribes rubrum* L. – 8, черной смородины *Ribes nigrum* L. – 12, шиповника *Rosa* – 4, актинидии *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim. – 11, боярышника *Crataegus* – 15, кизила *Cornus mas* L. – 8.

Химический анализ отобранных образцов проводили в течение не более 3 дней с момента сбора урожая, используя в каждом случае 3 повторности, что позволило уменьшить аналитическую погрешность эксперимента.

Образцы анализировали с использованием следующих методов. Содержание натрия, калия, магния, кальция, железа, меди и цинка определяли методом зеемановской атомной абсорбции [5]. Содержание

**Таблица 1.** Содержание макро- и микроэлементов в плодах и ягодах исследованных культур ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

**Table 1.** Content of minerals and trace elements in the studied fruits and berries ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Культура <i>Culture</i>	Содержание, мг/100 г <i>Content, mg/100 g</i>						
	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Абрикос <i>Apricot</i>	1,8±0,4	460±62	26,6±3,6	17,4±1,6	0,37±0,02	0,29±0,06	0,12±0,02
Вишня <i>Cherry</i>	18,1±1,9	339±10	38,2±2,2	41,9±3,3	0,40±0,02	0,09±0,01	0,10±0,01
Груша <i>Pear</i>	27,3±3,1	142±9	29,2±1,6	7,9±0,5	0,23±0,03	0,03±0,00	0,11±0,01
Жимолость <i>Honeysuckle</i>	26,8±3,3	274±19	28,2±3,3	16,2±0,7	0,44±0,04	0,05±0,01	0,21±0,02
Земляника <i>Strawberry</i>	15,8±1,5	193±14	48,7±2,8	38,0±3,0	0,58±0,07	0,03±0,00	0,13±0,01
Калина <i>European cranberry bush</i>	5,3±0,7	196±26	73,8±6,1	27,9±1,7	4,66±0,20	0,08±0,01	0,52±0,21
Крыжовник <i>Gooseberry</i>	26,5±2,3	395±23	37,1±1,9	24,5±1,6	0,38±0,03	0,05±0,01	0,16±0,01
Малина <i>Raspberry</i>	2,3±0,2	229±21	38,5±2,2	25,4±4,1	0,59±0,06	0,04±0,0	0,35±0,02
Облепиха <i>Sea buckthorn</i>	4,4±0,5	148±9	41,4±2,3	30,9±2,0	1,19±0,12	0,05±0,01	0,006±0,002
Слива <i>Plum</i>	25,2±3,3	285±27	27,2±1,9	6,9±0,4	0,30±0,03	0,03±0,00	0,13±0,02
Смородина красная <i>Red currant</i>	19,2±0,6	316±43	41,9±1,9	25,4±0,8	0,74±0,05	0,07±0,01	0,22±0,01
Смородина черная <i>Black currant</i>	23,3±1,6	361±22	34,3±1,8	25,2±1,5	0,67±0,08	0,06±0,01	0,25±0,02
Яблоня <i>Apple</i>	2,1±0,3	128±13	22,2±2,9	61,9±4,3	0,23±0,03	0,02±0,00	0,21±0,03

Таблица 2. Содержание пищевых волокон, моно- и дисахаридов в плодах и ягодах исследованных культур ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )Table 2. Content of dietary fiber, mono- and disaccharides in fruits and berries ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Культура Culture	Содержание, % Content, %							
	сахара sugars				пищевые волокна dietary fiber			углеводы carbo- hydrates
	фруктоза fructose	глюкоза glucose	сахароза sucrose	сумма total	нерастворимые insoluble	растворимые soluble	сумма total	
Абрикос Apricot	1,92±0,22	0,82±0,07	5,46±0,37	8,62±0,35	0,96±0,08	1,04±0,10	2,00±0,12	10,70±0,19
Вишня Cherry	4,75±0,43	4,89±0,21	0,10±0,02	9,74±0,35	0,54±0,04	0,57±0,05	1,10±0,06	10,84±0,17
Груша Pear	5,40±0,18	1,81±0,10	2,03±0,12	9,72±0,22	0,74±0,06	1,76±0,08	2,50±0,11	12,22±0,12
Жимолость Honeysuckle	1,71±0,12	3,88±0,20	0,19±0,02	7,61±0,30	1,59±0,09	0,64±0,07	2,23±0,11	9,84±0,13
Земляника Strawberry	2,59±0,16	2,34±0,12	0,14±0,05	7,76±0,33	0,85±0,04	0,96±0,05	1,81±0,05	9,57±0,11
Калина European cranberry bush	2,95±0,15	2,35±0,15	0,34±0,02	5,64±0,36	1,06±0,10	0,56±0,05	1,63±0,09	7,27±0,30
Крыжовник Gooseberry	1,15±0,15	3,80±0,32	0,21±0,10	8,81±0,53	1,56±0,07	1,18±0,09	2,73±0,13	11,54±0,20
Малина Raspberry	2,38±0,09	1,86±0,21	0,15±0,03	5,15±0,26	2,39±0,09	1,10±0,09	3,49±0,06	8,64±0,12
Облепиха Sea buckthorn	2,26±0,22	0,80±0,11	0,20±0,08	3,58±0,34	2,77±0,18	1,67±0,14	4,44±0,23	8,02±0,19
Слива Plum	1,40±0,05	2,41±0,09	3,87±0,18	8,39±0,32	0,79±0,04	0,79±0,03	1,58±0,05	9,97±0,10
Смородина красная Red currant	3,30±0,14	3,04±0,10	0,90±0,63	7,53±0,38	2,02±0,08	1,47±0,08	3,50±0,06	11,03±0,21
Смородина черная Black currant	4,23±0,10	2,56±0,23	0,45±0,05	7,94±0,35	2,68±0,53	1,62±0,11	4,29±0,16	12,23±0,22
Яблоня Apple	5,74±0,13	2,16±0,07	1,49±0,04	10,42±0,24	0,76±0,04	1,26±0,04	2,02±0,04	12,44±0,09

витамина В<sub>1</sub> – флуориметрическим тиохромным методом, витамина В<sub>2</sub> – флуориметрическим методом титрования рибофлавинсвязывающим белком после проведения кислотного ферментативного гидролиза гомогенизированных образцов, витамина Е – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием, витамина С – йодометрическим титрованием [5–7].

Флавоноиды в пересчете на рутин определяли спектрофотометрически после реакции комплексообразования с алюминия хлоридом с предварительной трехкратной экстракцией 50% этиловым спиртом из гомогенизированных образцов [8]. Моно- и дисахариды, каротиноиды, органические кислоты определяли методом ВЭЖХ, пищевые волокна – ферментативно-гравиметрическим методом [6]. Антоцианины определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, гидроксикоричные кислоты и пизид – обращенно-фазовой ВЭЖХ с диодно-матричным спектрофотометрическим детектированием [8].

Результаты исследований представляли в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ( $M \pm m$ ), медианы ( $Me$ ) и размаха колебаний показателя от минимальной до максимальной величины (min–max).

## Результаты и обсуждение

При изучении содержания макро- и микроэлементов (табл. 1) установлено, что плодовые и ягодные культуры характеризуются сравнительно низким содержанием солей натрия (0,6–49,2 мг/100 г) и кальция (22,2–73,8 мг/100 г). Наиболее высоким содержанием калия характеризуются плоды абрикоса и крыжовника. По результатам исследований показано, что в условиях одного агроклиматического региона и одного года вегетации плоды калины статистически значимо накапливают больше кальция, чем другие плоды и ягоды, а плоды вишни – больше магния, чем другие костянки и остальные плоды (за исключением яблок) и ягоды. Особо следует отметить высокое содержание железа и цинка в плодах калины и меди в плодах абрикоса.

Содержание пищевых волокон (растворимых, нерастворимых, суммарное) в плодах садовых и ягодных культур, определенное традиционным ферментативно-гравиметрическим методом, позволило подтвердить представление о том, что они содержат значительные количества этих биологически активных полимеров (если учитывать содержание влаги). Полученные дан-

ные по уровню простых углеводов (фруктоза, глюкоза, сахароза) позволили выявить плоды с наибольшим их накоплением и получить профили содержания, которые могут быть использованы при идентификации плодовой и ягодной продукции. Установлено что суммарное содержание углеводов по изученным культурам варьирует от 8,02 до 12,44% в съедобной части плодов, а наиболее высоким содержанием выделяются плоды яблони, груши и черной смородины (>12,00%). Результаты исследования по комплексу углеводов в плодах и ягодах приведены в табл. 2.

Согласно полученным данным (см. табл. 2), наибольшее значение исследованные плодовые и ягодные культуры имеют как источник растворимых пищевых волокон: потребление 100 г плодов или ягод обеспечивает поступление от 27 до 88% адекватного уровня их потребления [1]. В то же время получены данные, что простые углеводы абрикоса и сливы в большей степени обусловлены содержанием в них сахарозы, уровень которой существенно выше, чем в других изученных плодах и ягодах. Наибольшее относительное содержание фруктозы выявлено в плодах яблони и груши (>5,00%). Интересным фактом, обнаруженным в исследовании,

стало то, что ягоды облепихи и черной смородины содержат большое количество пищевых волокон (>4,00%).

Определенное в эксперименте содержание витаминов в плодах и ягодах представлено в табл. 3–6.

Исследованные культуры можно разделить на группы по уровню витамина С в плодах (см. табл. 3). Наиболее высокое содержание витамина С обнаружено в шиповнике, сравнительно высокое – в черной смородине. В плодах облепихи, земляники и калины содержится >50 мг/100 г данного микронутриента. В съедобной части плодов красной смородины, жимолости, малины, крыжовника, боярышника и кизила в среднем накапливается 23–35 мг/100 г витамина. Вишня, яблоня, абрикос, груша и слива уступают по этому показателю другим культурам (8–18 мг/100 г). Полученные результаты полностью согласуются с ранее описанным уменьшением содержания аскорбиновой кислоты в свежих плодах в ряду черная смородина > земляника > цитрусовые, крыжовник > малина, ананас, красная и белая смородина > яблоки, вишня > персик, банан > абрикос, арбуз > слива, груша > виноград [9]. Одновременно эти результаты подтверждают ранее сделанный вывод [9] о том,

**Таблица 3.** Содержание аскорбиновой кислоты в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)

**Table 3.** Content of ascorbic acid in fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура <i>Culture</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>Me</i>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Абрикос <i>Apricot</i>	10,61±2,70	5	8,9	4,4	23,2
Боярышник <i>Hawthorn</i>	26,87±2,67	8	27,0	19,4	34,0
Вишня <i>Cherry</i>	18,13±1,46	14	18,1	14,0	21,9
Груша <i>Pear</i>	9,0±1,01	21	9,85	5,7	13,2
Жимолость <i>Honeysuckle</i>	30,21±1,46	10	31,0	26,0	35,4
Земляника <i>Strawberry</i>	70,16±3,87	15	68,2	59,6	87,1
Калина <i>Viburnum</i>	50,40±9,86	8	39,4	33,0	96,0
Кизил <i>Cornelian cherry</i>	23,14±2,58	8	21,0	19,0	32,1
Крыжовник <i>Gooseberry</i>	27,57±1,22	12	28,0	24,5	32,0
Малина <i>Raspberry</i>	27,81±2,22	19	25,6	22,9	34,9
Облепиха <i>Sea buckthorn</i>	83,23±9,61	10	86,2	56,8	111,0
Слива <i>Plum</i>	8,19±0,88	12	8,2	4,7	11,1
Смородина красная <i>Red currant</i>	34,89±3,71	5	33,1	23,5	51,0
Смородина черная <i>Black currant</i>	178,53±18,43	11	189,0	116	248
Шиповник <i>Rosehip</i>	678,0±67,10	5	670,0	453	985
Яблоня <i>Apple</i>	16,93±1,96	25	17,6	8,0	27,0

Таблица 4. Содержание витамина В<sub>1</sub> в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)Table 4. Vitamin B<sub>1</sub> content in fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура Culture	Данные таблиц химического состава Data from tables of chemical composition		M±m	n	Me	Min	Max
	национальные таблицы [10] Russia [10]	таблицы США [11] USA [11]					
Вишня Cherry	0,03	0,03	0,043±0,002	10	0,044	0,029	0,056
Жимолость Honeysuckle	–	–	0,054±0,010	3	0,064	0,035	0,064
Земляника садовая Strawberry	0,03	0,024	0,032±0,001	13	0,031	0,024	0,041
Крыжовник Gooseberry	0,01	0,04	0,021±0,001	5	0,021	0,019	0,023
Малина Raspberry	0,02	0,032	0,050±0,004	2	0,050	0,046	0,053
Малина ремонтантная Remontant raspberry	–	–	0,020±0,003	8	0,021	0	0,030
Облепиха Sea buckthorn	0,03	–	0,037±0,002	8	0,035	0,029	0,046
Смородина черная Black currant	0,03	0,02	0,028±0,002	10	0,028	0,021	0,036
Яблоня Apple	0,03	0,017	0,015±0,001	12	0,015	0,010	0,019

что присуще тому или иному виду растения содержание витамина С является его характерным и достаточно постоянным признаком.

Полученные новые результаты по уровню насыщенности плодов и ягод эссенциальными микронутриентами целесообразно сравнить с представленными в официально опубликованных российских и американских базах данных.

Как следует из табл. 4, большинство показателей содержания витамина В<sub>1</sub> сравнительно хорошо совпадает с данными национальных и американских таблиц химического состава пищевых продуктов [10, 11]. Содержание этого витамина в яблоках совпадает с данными таблиц химического состава пищевых продуктов США, но в 2 раза ниже данных национальных таблиц химического состава пищевых продуктов.

Согласно приведенным в табл. 5 данным, в большинстве исследованных культур содержание витамина В<sub>2</sub> в 2,8–10 раз ниже уровня, приведенного в национальных и американских таблицах химического состава пищевых продуктов [10, 11]. Уровень витамина В<sub>2</sub> в ягодах малины и земляники садовой совпадает с данными американских таблиц химического состава пищевых продуктов, но в 1,5–2,8 раза ниже данных национальных таблиц. Содержание витамина В<sub>2</sub> в вишне и облепихе совпало с данными национальных таблиц химического состава пищевых продуктов.

Как следует из табл. 6, содержание витамина Е в крыжовнике, красной и черной смородине и облепихе в 2–3 раза выше данных, приведенных в национальных и американских таблицах химического состава пищевых продуктов, а в сливе и малине, наоборот, в 1,6–3,8 раза ниже. Уровень витамина Е в землянике садовой и вишне

занимает промежуточное положение между данными американских и национальных таблиц химического состава пищевых продуктов.

В целом можно также отметить, что содержание витаминов в изученных плодах примерно соответствует данным британских таблиц химического состава пищевых продуктов [13], в которых максимальный уровень витамина С отмечен у черной смородины (200 мг/100 г), каротиноидов – у сливы и абрикосов (около 400 мкг/100 г).

Сравнивая полученные результаты с данными литературы, необходимо отметить, что показатели содержания витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и Е в жимолости получены впервые.

Обобщая полученные данные, следует подчеркнуть, что плоды садовых и ягодных культур не являются весомым источником витаминов группы В и Е в рационе современного человека. 100 г ягод обеспечивает поступление не более 3,5% рекомендуемого суточного потребления витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, не более 13% витамина Е. Исключение представляет облепиха, 100 г которой обеспечивают более половины суточной потребности в токоферолах.

Среди изученных садовых культур существенное количество каротиноидов выявлено в плодах облепихи, шиповника, абрикоса и актинидии (табл. 7).

Как следует из данных табл. 7, среди плодовых и ягодных культур наиболее ценным источником каротиноидов является облепиха. Потребление 100 г ягод сортов с самым низким содержанием каротиноидов полностью покрывает суточную потребность организма в этих микронутриентах.

Содержание флавоноидов в плодах садовых и ягодных культур в сравнении с данными литературы представлено в табл. 8.

Таблица 5. Содержание витамина В<sub>2</sub> в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)

Table 5. Vitamin B<sub>2</sub> content in fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура <i>Culture</i>	Данные таблиц химического состава <i>Data from tables of chemical composition</i>		<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>Me</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
	национальные таблицы [10] <i>Russia [10]</i>	таблицы США [11] <i>USA [11]</i>					
Вишня <i>Cherry</i>	0,03	0,04	0,030±0,003	10	0,029	0,020	0,049
Жимолость <i>Honeysuckle</i>	–	–	0	3	–	0	0
Земляника садовая <i>Strawberry</i>	0,05	0,022	0,018±0,002	13	0,018	0,008	0,029
Крыжовник <i>Gooseberry</i>	0,02	0,03	0,008±0,001	5	0,008	0,006	0,010
Малина <i>Raspberry</i>	0,05	0,038	0,034±0,005	2	0,034	0,028	0,039
Малина ремонтантная <i>Remontant raspberry</i>			0,034±0,003	8	0,033	0,025	0,050
Облепиха <i>Sea buckthorn</i>	0,05	–	0,055±0,004	8	0,054	0,041	0,071
Смородина черная <i>Black currant</i>	0,04	0,026	0,004±0,001	10	0,004	0	0,008
Яблоня <i>Apple</i>	0,02	0,026	0,006±0,001	12	0,007	0	0,013

Как следует из табл. 8, большинство показателей, определенных в разных культурах спектрофотометрически, существенно (в 3–10 раз) превышает данные литературы, полученные методом ВЭЖХ. В основе спектрального метода определения флавоноидов лежит образование кислотоустойчивых комплексов хлорида алюминия с С4 кетогруппой, С3 и С5 фенольными гидроксильными группами флавонолов и флавонов, а также кислотолабильных комплексов

с пирокатехиновыми группами флавоноидов в кольцах А и В. На реакцию комплексообразования с хлоридом алюминия влияет целый ряд факторов: химическая структура флавоноидов, концентрация реагентов, время реакции, стандарт, выбранный для построения калибровочной кривой, что обуславливает серьезные различия при количественном определении суммарного содержания флавоноидов в растительном сырье и экстрактах [19, 20].

Таблица 6. Содержание витамина Е в плодах и ягодах исследованных культур (мг ТЭ/100 г съедобной части)

Table 6. Vitamin E content in fruits and berries (mg TE/100 g edible part)

Культура <i>Culture</i>	Данные таблиц химического состава <i>Data from tables of chemical composition</i>		<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>Me</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
	национальные таблицы [10] <i>Russia [10]</i>	таблицы США [11] <i>USA [11]</i>					
Вишня <i>Cherry</i>	0,3	0,07 0,08 [12]	0,17±0,05	10	0,13	0	0,53
Земляника садовая <i>Strawberry</i>	0,5	0,29 0,41 [12]	0,37±0,03	13	0,35	0,26	0,61
Жимолость <i>Honeysuckle</i>	–	–	0,02±0,02	5	0	0	0,10
Крыжовник <i>Gooseberry</i>	0,5	0,37	1,14±0,13	5	1,2	0,8	1,50
Малина ремонтантная <i>Remontant raspberry</i>	0,6	0,87 3,46 [12]	0,32±0,05	5	0,34	0,15	0,44
Облепиха <i>Sea buckthorn</i>	5,0	4-12	9,6±1,0	9	8,8	6,6	16,3
Слива <i>Plum</i>	0,6	0,26 0,79 [12]	0,16±0,04	4	0,18	0,04	0,25
Смородина красная <i>Red currant</i>	0,5	–	1,9±0,2	2	1,9	1,7	2,1
Смородина черная <i>Black currant</i>	0,7	1,17 3,74 [12]	1,7±0,18	10	1,7	0,9	2,9

Таблица 7. Содержание каротиноидов в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)

Table 7. Carotenoid content of in fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура Culture	Данные таблиц химического состава Data from tables of chemical composition		M±m	n	Me	Min	Max
	национальные таблицы [10] Russia [10]	таблицы США [11] USA [11]					
Абрикос Apricot	1,6	4,5–10,8	1,52±0,49	5	1,10	0,70	3,00
Актинидия Actinidia	–	–	1,14±0,06	11	0,38	0,24	0,77
Боярышник Hawthorn	0,7	4,8–12,0	0,33±0,06	15	0,27	0,06	0,82
Облепиха Sea buckthorn	15,0	12,0–29,5	13,57±2,41	10	13,4	4,00	27,70
Шиповник Rosehip	2,6	2,0–5,5	1,49±0,48	4	1,58	0,60	2,20

В то же время обращенно-фазовая ВЭЖХ со спектрофотометрическим и/или масс-спектрометрическим детектированием позволяет получить достоверные данные о содержании и составе различных групп флавоноидов в исследуемых объектах. Однако, несмотря на такое несоответствие, полученные результаты имеют определенную ценность, поскольку данные о содержании флавоноидов в национальных таблицах химического состава пищевых продуктов отсутствуют. Между тем флавонолам (кверцетин, кемпферол и др.) присуща высокая биологическая активность и доказана способность снижать риск развития некоторых хронических заболеваний [21].

Содержание антоцианинов в плодовых и ягодных культурах представлено в табл. 9.

Как следует из данных табл. 9, многие плодовые и ягодные культуры – существенный источник антоцианинов. Особенно высоким их содержанием отличаются темно окрашенные жимолость и черная смородина. Кроме того, жимолость является перспективным источником иридоидных гликозидов [22]. При этом эти ягоды сохраняют БАВ в процессе хранения [23, 24].

При исследовании содержания органических кислот было обнаружено значительное количество лимонной и яблочной кислот (табл. 10).

Таблица 8. Содержание флавоноидов в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)

Table 8. Flavonoid content of fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура Culture	Данные литературы, полученные с помощью Literature data obtained using		M±m	n	Me	Min	Max
	ВЭЖХ* [14] HPLC* [14]	спектрометрия spectrometry					
Вишня Cherry	6,56	28,3** [15]	30,7±4,7	10	25,5	11,9	76,3
Жимолость Honeysuckle	–	81,8 [16]	245±17	5	257	180	277
Земляника садовая Strawberry	6,5	–	47,2±3,7	13	44,7	25,4	69,6
Крыжовник Gooseberry	3,34	–	10,2±1,2	5	10,8	7,1	13,2
Малина Raspberry	7	12,8 [17]	24,2±4,5	2	24,2	19,7	48,4
Малина ремонтантная Remontant raspberry		–	29,0±5,5	8	34,5	6,0	46,9
Облепиха Sea buckthorn	–	55,9 [18]	65,1±5,8	9	62,6	36,6	96,7
Слива Plum	0,9-1,8	19,0 [17]	15,5±0,1	2	15,5	15,4	15,5
Смородина черная Black currant	47	27,3 [17]	62,2±4,7	10	59,0	41,5	88,8

Примечание. \* – сумма флавоноидов [флавонолы (кверцетин, мирицетин, кемпферол), флавоны (апигенин, лютеолин), катехины]; \*\* – после очистки колоночной хроматографией.

Note. \* – sum of flavonoids [flavonols (quercetin, myricetin, kaempferol), flavones (apigenin, luteolin), catechins]; \*\* – after purification by column chromatography.

**Таблица 9.** Содержание антоцианинов в плодах и ягодах исследованных культур (мг/100 г съедобной части)

**Table 9.** The content of anthocyanins in fruits and berries (mg/100 g of edible part)

Культура Culture	M±m	n	Me	Min	Max
Боярышник Hawthorn	13,8±11,4	8	1,7	0,1	87,0
Вишня Cherry	20,4±5,7	14	13,8	2,1	75,0
Жимолость Honeysuckle	218,5±27,6	10	200	115,0	350,0
Земляника Strawberry	35,1±4,7	15	34,0	13,4	81,2
Калина Viburnum	23,0±2,6	8	23,1	14,1	31,5
Кизил Cornelian cherry	21,8±3,9	8	20,45	11,6	40,0
Крыжовник Gooseberry	8,4±3,5	12	3,7	0,1	41,1
Малина Raspberry	25,2±6,2	19	14,5	0,1	83,0
Слива Plum	3,5±2,4	12	0,9	0,1	5,1
Смородина красная Red currant	28,5±5,5	5	28,4	11,9	41,2
Смородина черная Black currant	98,1±14,6	11	78,1	45,0	180,0

**Таблица 10.** Содержание органических кислот в плодах и ягодах исследованных культур (M±m)

**Table 10.** The content of organic acids in the studied samples of fruits and berries (M±m)

Культура Culture	n	Содержание, мг/100 г Content, mg/100 g	
		лимонная кислота citric acid	яблочная кислота malic acid
Абрикос Apricot	5	1390,0±66,2	378,8±18,2
Вишня Cherry	14	9,98±0,49	1475,5±73,2
Груша Pear	6	80,17±4,10	220,0±11,2
Жимолость Honeysuckle	10	1286,8±64,1	216,5±10,5
Земляника Strawberry	14	621,2±31,0	263,4±13,2
Крыжовник Gooseberry	12	1171,6±59,2	1176,5±56,1
Малина Raspberry	19	1209,8±59,8	19,9±9,7
Облепиха Sea buckthorn	10	166,6±8,8	980,0±49,0
Слива Plum	11	13,83±2,53	1391,2±167,4
Смородина белая White currant	2	2395,5±165,0	115,5±56,0
Смородина красная Red currant	5	1860,2±92,1	206,2±12,3
Смородина черная Black currant	11	2036,0±115,0	177,2±84,0
Яблоня Apple	24	6,18±0,31	441,7±22,3

Среди изученных культур наиболее высокое содержание лимонной кислоты обнаружено в плодах смородины (белой, черной и красной), сравнительно высокое содержание яблочной кислоты выявлено в плодах вишни, сливы и крыжовника.

В плодах отдельных сортов малины (Мираж, Патриция, Желтый гигант, Рубиновое ожерелье) отмечено относительно высокое содержание питеиды (1,3–3,1 мг/100 г), у сортов Рубиновое ожерелье, Жар-птица, Золотая осень, Скромница и Желтый гигант – ресвератрола (0,4–0,9 мг/100 г).

В результате проведенных исследований выявлены источники гидроксикоричных кислот среди плодовых и ягодных культур. Их наиболее высоким содержанием (более 25 мг/100 г) характеризуются плоды земляники сортов Урожайная ЦГЛ, Праздничная, Ред Гонтлет, Привлекательная и Фейерверк, ~10 мг/100 г содержат груши Ника, Северянка краснощекая, Яковлевская и яблоки Пепин шафранный, Янтарное ожерелье.

### Заключение

В ходе исследования свежих плодов 208 сортов 16 плодовых и ягодных культур, возделываемых на базе ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», получены новые данные по содержанию пищевых волокон, моно- и дисахаридов (глюкоза, фруктоза, сахароза), антоцианинов, флавоноидов, каротиноидов, органических (лимонная, яблочная) и гидроксикоричных кислот, стильбеноидов. Полученные данные необходимы для включения в обновленные и уточненные национальные таблицы химического состава пищевых продуктов.

Полученные данные по составу плодовой и ягодной продукции позволяют более корректно рассчитывать пищевую ценность рационов при использовании анкетно-опросных методов, Комплексный анализ состава БАВ ягод и фруктов дает возможность более обоснованно осуществлять выбор того или иного продукта при диетической коррекции рациона здоровых и больных людей.

Пищевую ценность продукта оценивают не только по абсолютным количествам того или иного нутриента (витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, БАВ), но и с позиций их реального вклада в обеспечение физиологической потребности организма. Например, при оценке пищевой ценности того или иного фрукта необходимо учитывать не только содержание в нем какого-либо нутриента, но и частоту его использования в питании, в том числе в свежем, непереработанном виде (что важно для витамина С). Данное исследование показывает, что свежая плодово-ягодная продукция, не внося существенного вклада в обеспечение организма витаминами Е и группы В (В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>), является значимым источником витамина С (аскорбиновая кислота), β-каротина (предшественник витамина А), других каротиноидов, ряда минеральных веществ (калий, магний),

пищевых волокон, особенно растворимых, а также некоторых других БАВ (антоцианины, флавоноиды). Порция свежей плодово-ягодной продукции (100–250 г) обеспечивает рекомендуемое суточное потребление витамина С для взрослого человека. За счет включения в рацион 100 г свежих плодов и ягод можно получить около 10% потребности организма в калии (абрикос, черная смородина, вишня, красная смородина, слива) и магнии (яблоко, вишня, земляника), пищевых волокнах. 100 г жимолости или черной смородины обеспечат адекватное потребление антоцианинов.

По данным Росстата, потребление свежих фруктов и ягод в 2018 г. было на уровне 61 кг на человека в год. Полный анализ плодов по нескольким показателям позволит более правильно осуществлять выбор того или иного фрукта при диетологической коррекции рациона здоровых и больных людей.

Таким образом, можно сделать следующие **выводы**.

1. Обнаружено, что сахара преобладают в плодах абрикоса и сливы (63,3 и 46,1% суммы моно- и дисахаридов соответственно).

2. Интервал концентраций калия во фруктах, приведенных в таблицах химического состава пищевых продуктов [9], составляет 155–363 мг/100 г, в исследованных образцах – 128–460 мг/100 г, что свидетельствует о необходимости внесения уточнений в последующую редакцию национальных таблиц.

3. 100 г плодов абрикоса, вишни, крыжовника или смородины обеспечивают поступление около 10% рекомендуемого суточного потребления калия, 100 г яблок, вишни или земляники – магния. Плоды калины богаты железом и цинком.

4. Плодовые и ягодные культуры могут вносить существенные количества растворимых и нерастворимых пищевых волокон в рацион питания.

5. Ягодные культуры, внося существенный вклад в обеспечение организма витамином С, не являются значимым источником витаминов группы В и Е в рационе.

6. Высоким содержанием антоцианинов отличаются жимолость и черная смородина. Некоторые сорта земляники, яблок и груш богаты гидроксикоричными кислотами.

## Сведения об авторах

*Акимов Михаил Юрьевич (Mikhail Yu. Akimov)* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией биохимии и пищевых технологий ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: misha\_mich@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

*Бессонов Владимир Владимирович (Vladimir V. Bessonov)* – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: bessonov@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

*Коденцова Вера Митрофановна (Vera M. Kodentsova)* – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kodentsova@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

*Эллер Константин Исаакович (Konstantin I. Eller)* – доктор химических наук, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: ellki42@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

*Вржесинская Оксана Александровна (Oksana A. Vrzhesinskaya)* – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: vr.oksana@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8973-8153>

*Бекетова Нина Алексеевна (Nina A. Beketova)* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: beketova@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2810-2351>

*Коселева Ольга Васильевна (Olga V. Kosheleva)* – научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kosheleva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2391-9880>

*Богачук Мария Николаевна (Maria N. Bogachuk)* – кандидат фармакологических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: bmariyan @ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5820-8336>

*Малинкин Алексей Дмитриевич (Alexey D. Malinkin)* – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sindar7@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0370-4500>

*Макаренко Мария Андреевна (Mariya M. Makarenko)* – младший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: dragon.soul1992@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1688-6304>

*Шевякова Людмила Владимировна (Lyudmila V. Shevyakova)* – старший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: 89035447986@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7447-8520>

*Перова Ирина Борисовна (Irina B. Perova)* – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: erin.feather@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

*Рылина Елена Валерьевна (Elena V. Rylina)* – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: hellch@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9375-309X>

*Макаров Виктор Никитич (Viktor N. Makarov)* – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии и пищевых технологий ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: info@fnc-mich.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2701-2434>

*Жидехина Татьяна Владимировна (Tatiana V. Zhidekhina)* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: berrys-m@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9543-7069>

*Кольцов Владимир Александрович (Vladimir A. Koltsov)* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории передовых послеуборочных технологий ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: kolcov.mich@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2841-6126>

*Юшков Андрей Николаевич (Andrey N. Yushkov)* – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий Селекционно-генетическим центром ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: cglm@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2180-0045>

*Новоторцев Александр Алексеевич (Aleksandr A. Novotortsev)* – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории косточковых культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: novotorcev.aleksandr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7266-5066>

*Брыксин Дмитрий Михайлович (Dmitriy M. Briksin)* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: lonicera.konf@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8439-6230>

*Хромов Николай Владимирович (Nikolay V. Khromov)* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация)

E-mail: nik-2@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5603-6174>

## Литература

1. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации Роспотребнадзора МР 2.3.1.1915-04 от 02.07.2004.
2. Акимов М.Ю., Жбанова Е.В., Макаров В.Н., Перова И.Б., Шевякова Л.В., Вржесинская О.А и др. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 2. С. 64–72. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10019>
3. Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2017. № 2. DOI: <http://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00021> URL: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2017/2/10.pdf>
4. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания : справочник. Москва : ДеЛи плюс, 2012. 284 с.

5. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва : Брандес; Медицина, 1998. С. 128–149.
6. Руководство Р 4.1.1672-03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.
7. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П. и др. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. Москва, 2002. 350 с.
8. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / Тутельян В.А. и др. ; под ред. В.А. Тутельяна, К.И. Эллера ; НИИ питания РАМН. Москва : Династия, 2010. 160 с.
9. Кошелева О.В., Коденцова В.М. Содержание витамина С в плодоовощной продукции // Вопросы питания. 2013. Т. 83, № 3. С. 45–52.
10. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания : справочник. Москва : ДеЛи принт, 2007. 276 с.
11. USDA. URL: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?format=&count=&max=25&sort=&fg=&man=&facet=&qlookup=&offset=900>
12. Chun J., Lee J., Ye L., Exler J., Eitenmiller R.R. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet // J. Food Comp. Anal. 2006. Vol. 19. P. 196–204. URL: [www.elsevier.com/locate/jfca](http://www.elsevier.com/locate/jfca)
13. McCance and Widdowson's composition of foods integrated dataset. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/composition-of-foods-integrated-dataset-cofid>
14. USDA database for the flavonoid content of selected foods release 3.1 prepared by Seema Bhagwat, David B. Haytowitz, Joanne M. Holden. June 2013. URL: <http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/12354500/data/flav/flav3-1.pdf>
15. Царенко Н.А. Фенольные соединения плодов некоторых видов *Padus* и *Cerasus* (Rosaceae) // Вестник КрасГАУ. 2010. № 3. С. 49–57.
16. Евтухова О.М., Теплюк Н.Ю., Леонтьев В.М., Иванова Г.В. Содержание биологически активных соединений в плодах калины и жимолости, произрастающих в Красноярском крае // Химия растительного сырья. 2000. № 1. С. 77–79.
17. Мартинчик Э.А., Батурин А.К., Кошелева О.В., Тутельян В.А. Определение флавоноидов в овощах и фруктах и принципы создания расчетной базы данных для оценки потребления флавоноидов населением // Вопросы питания. 2006. № 6. С. 34–37.
18. Юнусова Ф.М., Рамазанов А.Ш., Юнусов К.М. Определение содержания биологически активных веществ в плодах облепихи Дагестанских популяций // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 109–111.
19. Mammen D., Daniel M. A critical evaluation on the reliability of two aluminum chloride chelation methods for quantification of flavonoids // Food Chem. 2012. Vol. 135. P. 1365–1368. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.109>
20. Peќal A. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay // Food Anal. Methods. 2014. Vol. 7. P. 1776–1782. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
21. Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // Вопросы питания. 2013. № 1. С. 23–32.
22. Перова И.Б., Рылина Е.В., Эллер К.И., Акимов М.Ю. Исследование полифенольного комплекса и иридоидных гликозидов в различных сортах плодов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 88–89.
23. Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars // Acta Horticult. 2020. Vol. 1277. P. 487–493.
24. Nakilcio Ğlu-Ta Ő E, Ötle Ő S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions // An. Acad. Bras. Cienc. 2020. Vol. 92, N 2. Article ID e20190328. DOI: <http://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328>

## References

1. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: Methodological recommendations of Rospotrebnadzor MR 2.3.1.1915-04 of 02.07.2004. (in Russian)
2. Akimov M.Yu., Zhdanova E.V., Makarov V.N., Perova I.B., Shevyakova L.V., Vrzhesinskaya O.A., et al. Nutrient value of fruit in promising strawberry varieties. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (2): 64–72. DOI: <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10019> (in Russian)
3. Makarkina M.A., Pavel A.R. biologically active substances in strawberry berries grown in Orel region. *Sovremennoe sadovodstvo* [Contemporary Horticulture]. 2017; (2). DOI: <http://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00021> URL: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2017/2/10.pdf> (in Russian)
4. Tutelyan V.A. Chemical composition and caloric content of Russian food products: Handbook. Moscow: DeLi plus, 2012: 284 p. (in Russian)
5. Guide to methods for analysis of food quality and safety. Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. Moscow: Brandes; Meditsina, 1998: 128–49. (in Russian)
6. Guideline R 4.1.1672-03. Guidelines for methods of quality control and safety of biologically active food additives. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004. (in Russian)
7. Tutelyan V.A., Spirichev V.B., Sukhanov B.P., et al. Micronutrients in the nutrition of a healthy and sick person. Moscow, 2002: 350 p. (in Russian)
8. Tutelyan V.A., et al. Methods for the analysis of minor biologically active substances of food. Edited V.A. Tutelyan, K.I. Eller; Scientific Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences. Moscow: Dynastiya, 2010: 180 p. (in Russian)
9. Kosheleva O.V., Kodentsova V.M. Vitamin C in fruits and vegetables. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2013; 83 (3): 45–52. (in Russian)
10. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. Tables of the chemical composition and caloric content of Russian food products: Handbook. Moscow: DeLi print, 2007: 276 p. (in Russian)
11. USDA. URL: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?format=&count=&max=25&sort=&fg=&man=&facet=&qlookup=&offset=900>
12. Chun J., Lee J., Ye L., Exler J., Eitenmiller R.R. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *J Food Comp Anal.* 2006; 19: 196–204. URL: [www.elsevier.com/locate/jfca](http://www.elsevier.com/locate/jfca)
13. McCance and Widdowson's composition of foods integrated dataset. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/composition-of-foods-integrated-dataset-cofid>
14. USDA database for the flavonoid content of selected foods release 3.1 prepared by Seema Bhagwat, David B. Haytowitz, Joanne M. Holden. June 2013. URL: <http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/12354500/data/flav/flav3-1.pdf>
15. Tsarenko N.A. Phenolic compounds of some *Padus* и *Cerasus* (Rosaceae) species. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU]. 2010; (3): 49–57. (in Russian)
16. Evtuhova O.M., Teplyuk N.Yu., Leont'ev V.M., Ivanova G.V. Content of biologically active compounds in fruits of valina and honest growing in Krasnoyarsk region. *Khimiya rastitel'nogo syr'ia* [Chemistry of Plant Raw Material]. 2000; (1): 77–9. (in Russian)
17. Martinchik E.A., Baturin A.K., Kosheleva O.V., Tutelyan V.A. The analysis of flavonoids in staple vegetables and fruits and basis

- principle of creation of database for estimation of dietary intake of flavonoids by population. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2006; (6): 34–7. (in Russian)
18. Yunusova F.M., Ramazanov A.Sh., Yunusov K.M. Determination of the biologically active substances in fruit buckthorn of Dagestan populations. *Khimiya rastitel'nogo syr'ia* [Chemistry of Plant Raw Material]. 2009; (1): 109–11. (in Russian)
  19. Mammen D., Daniel M. A critical evaluation on the reliability of two aluminum chloride chelation methods for quantification of flavonoids. *Food Chem.* 2012; 135: 1365–68. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.109>
  20. Peşal A. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Anal Methods.* 2014; 7: 1776–82. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
  21. Tutelyan V.A., Lashneva N.V. Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, dietary sources and consumption. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2013; (1): 23–32. (in Russian)
  22. Perova I.B., Rylyina E.V., Eller K.I., Akimov M.Yu. The study of polyphenolic complex and iridoid glycosides in different cultivars of edible honeysuckle fruits Turcz. ex Freyn. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 88–9. (in Russian)
  23. Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticult.* 2020; 1277: 487–93.
  24. Nakilcio Ğlu-Ta Ş E, Ötle Ş S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *An Acad Bras Cienc.* 2020; 92 (2): e20190328. DOI: <http://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328>

**Для корреспонденции**

Кочеткова Алла Алексеевна – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва,

Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-53-89

E-mail: kochetkova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9821-192X>

Кочеткова А.А.<sup>1</sup>, Воробьева В.М.<sup>1</sup>, Саркисян В.А.<sup>1</sup>, Воробьева И.С.<sup>1</sup>, Смирнова Е.А.<sup>1</sup>, Шатнюк Л.Н.<sup>2</sup>

## Динамика инноваций в технологии производства пищевых продуктов: от специализации к персонализации

Dynamics of innovations in food technologies: from specialization to personalization

Kochetkova A.A.<sup>1</sup>, Vorobyeva V.M.<sup>1</sup>, Sarkisyan V.A.<sup>1</sup>, Vorobyeva I.S.<sup>1</sup>, Smirnova E.A.<sup>1</sup>, Shatnyuk L.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Некоммерческое образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования «Международная промышленная академия», 115093, г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> International Industrial Academy, 115093, Moscow, Russian Federation

*Динамично изменяющиеся в последние годы мировые тенденции в области инновационных пищевых продуктов направлены на развитие технологий, обеспечивающих формирование сегментов новых видов продукции, позиционируемой как продукты здорового питания.*

*Научные направления исследований и разработок в этой области, ретроспективно связанные с развитием науки о питании, ориентированы на решение междисциплинарного комплекса задач по созданию новых видов пищевых продуктов, отличительными особенностями которых являются заданные составы и свойства, определяющие пользу для здоровья (функциональные пищевые продукты) и направленную физиологическую эффективность (специализированные пищевые продукты диетического профилактического и диетического лечебного питания).*

*Особенности состава конкретного вида пищевого продукта специализированного питания формируются во взаимосвязи с его целевым назначением на осно-*

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кочеткова А.А., Воробьева В.М., Саркисян В.А., Воробьева И.С., Смирнова Е.А., Шатнюк Л.Н. Динамика инноваций в технологии производства пищевых продуктов: от специализации к персонализации // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 233–243. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10056

**Статья поступила в редакцию** 26.06.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out within the framework of the state task.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

**For citation:** Kochetkova A.A., Vorobyeva V.M., Sarkisyan V.A., Vorobyeva I.S., Smirnova E.A., Shatnyuk L.N. Dynamics of innovations in food technologies: from specialization to personalization. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 233–43. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10056 (in Russian)

**Received** 26.06.2020. **Accepted** 29.07.2020.

вании медико-биологических требований, учитывающих специфику питания населения в целом, его отдельных групп или конкретного человека. В зависимости от отмеченной специфики, разработка специализированных пищевых продуктов предусматривает различные исходные данные, связанные с потребностями человека: от энерготрат до сведений о метаболоме.

С учетом этих особенностей определяются задачи разработки, способы доказательства эффективности и условия использования специализированных пищевых продуктов с целью достижения максимального эффекта. В исследованиях продуктов диетического профилактического или диетического лечебного питания предметом оценки эффективности специализированного продукта является клинический эффект, в связи с чем инновационные исследования в сфере этой категории продукции связаны с созданием универсального подхода к разработке, использованию и оценке эффективности биологически активных веществ и содержащих их специализированных пищевых продуктов для коррекции метаболических нарушений.

Вектор инновационного развития технологий производства специализированных пищевых продуктов сфокусирован сегодня на направление персонализированного питания. В основе научного обоснования отличительных признаков составов и свойств, а также технологических ноу-хау производства пищевых продуктов персонализированного питания лежат сведения о метаболоме, непосредственно связанном с биологическими функциями организма.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, технологии, инновации, специализация, персонализация

*Dynamically changing global trends in the field of innovative foods in recent years are aimed at the development of technologies that ensure the formation of segments of new types of products, positioned as healthy products.*

*Scientific directions of research and development in this area, retrospectively related to the development of nutrition science, are focused on solving an interdisciplinary set of tasks to create new types of foods, the distinctive features of which are the specified compositions and properties that determine the health benefits (functional foods) and directed physiological effectiveness (specialized foods for preventive and therapeutic nutrition).*

*Characteristics of the composition of a specific specialized food are formed in connection with its intended purpose on the basis of medico-biological requirements taking into account specific features of nutrition of the population in total, and its separate groups or individual. Depending on the mentioned specifics, the development of specialized foods provides for different levels of determining human needs: from energy consumption to the metabolome.*

*Taking into account these features, the development tasks, methods of proving the effectiveness and conditions for using specialized foods in order to achieve maximum effect are determined. In studies of prophylactic or therapeutic foods, the subject of evaluating the effectiveness of a specialized product is the clinical effect, so innovative research in this category of products is associated with the creation of a universal approach to the development, use and evaluation of the effectiveness of biologically active substances and containing them specialized foods for the correction of metabolic disorders. The vector of innovative development of technologies for the production of specialized foods is focused today on the direction of personalized nutrition. The basis of scientific justification of the distinctive features of the compositions and properties, as well as technological know-how of the production of personalized foods, is the information about the metabolome directly related to the biological functions of the body.*

**Keywords:** food products, technologies, innovations, specialization, personalization

**Д**инамично изменяющиеся в последние годы мировые тенденции в области инновационных пищевых продуктов направлены на развитие технологий, обеспечивающих формирование сегментов новых видов продукции, позиционируемой как продукты здорового питания [1].

В соответствии с базовыми механизмами реализации государственной политики в области здорового питания, приоритеты, обеспечивающие сохранение и укрепление здоровья населения, а также профилактику заболева-

ний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием, предусматривают развитие производства двух основных категорий продуктов здорового питания, к которым относятся:

- функциональные пищевые продукты, включающие в качестве основной группы обогащенную пищевую продукцию (ГОСТ 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения»);

– специализированные пищевые продукты, подразделяемые на несколько групп с учетом их целевого назначения (ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического профилактического и диетического лечебного питания»).

С развитием научных направлений в области исследований и разработок функциональных и специализированных пищевых продуктов на уровне концептуальных инноваций связана деятельность лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, созданной в 2014 г. в процессе реорганизации НИИ питания на базе лаборатории технологии новых специализированных продуктов профилактического действия и лаборатории физиологии и биохимии пищеварения. Научные направления, развиваемые сегодня лабораторией, ориентированы на решение междисциплинарного комплекса задач по созданию новых видов пищевых продуктов, отличительными особенностями которых являются заданные составы и свойства, определяющие пользу для здоровья (функциональные пищевые продукты) и направленную физиологическую эффективность (специализированные пищевые продукты диетического профилактического и диетического лечебного питания) с учетом особенностей пищевого рациона, обеспечивающего в конечном итоге целевую эффективность специализированного продукта в его составе.

История становления научных направлений исследований, относящихся к этим категориям продукции, связана с развитием науки о питании, а именно с выяснением роли эссенциальных пищевых веществ и минорных компонентов пищи в метаболических процессах, с формированием представлений о возможностях и способах снижения рисков возникновения и развития основных неинфекционных заболеваний, провоцируемых нарушениями основных законов нутрициологии. Эти научные данные в хронологической последовательности стали основой формирования представлений о целях и способах создания пищевых продуктов с отличными от традиционных продуктов составами и свойствами.

Ретроспектива возникновения и развития научных представлений о роли биологически активных веществ пищи, определяющих характер и направления инноваций в технологиях производства пищевых продуктов, представлена на рис. 1 [2].

Начало современного этапа, определившего развитие пищевых технологий, связывают с 1920-ми гг., когда в мире широкое распространение получило использование витаминно-минеральных премиксов с целью лечения заболеваний, вызванных дефицитом отдельных биологически активных пищевых веществ [3, 4]. В тот же период в США на государственном уровне было одобрено йодирование пищевой соли с целью профилактики гипотиреоза в регионах, удаленных от природных источников этого микроэлемента [5]. Приблизительно тогда же в СССР началась программа по обогащению молока витамином D с целью профилактики рахита у детей.

Реализация этих программ убедительно продемонстрировала эффективность повсеместного обогащения пищевых продуктов с целью профилактики социально значимых заболеваний.

Дальнейшее развитие науки в области химии пищевых продуктов привело к появлению новых, более детальных сведений о содержании и сохранности биологически активных веществ в пищевых продуктах. В частности, было обнаружено, что в ходе технологической переработки зерна в муку теряется существенная часть витаминов группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>3</sub>), в связи с чем в 1939 г. в СССР было принято решение обогащать всю муку первого и высшего сортов этими витаминами с целью восполнения их потерянных количеств [6].

Свое особое место в хронологии развития представлений о необходимости обогащения пищевых продуктов занимает период Второй мировой войны, последствия которой дали толчок к осознанию существования ряда глобальных проблем, среди которых нищета и голод, считавшиеся ранее локальными и несущественными.

Таким образом, уже к 1946 г. начинается новый вектор в развитии представлений о задачах обогащения пищевых продуктов биологически активными веществами. Если раньше единственным объектом обогащения являлась пшеничная мука, то после 1946 г. началось повсеместное обогащение муки, макаронных и хлебобулочных изделий как из пшеницы, так и из кукурузы и риса с целью восполнения дефицита витаминов через продукты массового потребления.

В начале 1960-х гг. Международной комиссией ФАО/ВОЗ принимается решение о внедрении кодекса стандартов и правил по пищевым продуктам (Codex Alimentarius), в задачи которого входило в том числе установление единых принципов рационального обогащения пищевых продуктов незаменимыми компонентами, обоснованное гармонизацией подходов к обогащению пищевых продуктов с целью обеспечения их безопасности для потребителя [7, 8]. Установленные принципы регламентируют 3 цели, для достижения которых необходимо обогащение пищевых продуктов массового потребления, доступных и регулярно потребляемых повсеместно взрослыми и детьми старше 3 лет:

- предотвращение/снижение риска, или коррекция доказанного дефицита одного или нескольких эссенциальных пищевых веществ в популяции;
- снижение риска, или исправление неадекватного пищевого статуса в популяции;
- поддержание/улучшение здоровья и/или сохранение/улучшение пищевой ценности продуктов.

На фоне внедрения в международную практику общих принципов обогащения пищевой продукции в разных странах происходит их адаптация под региональные условия. Например, в США с 1974 г. допускается обогащать муку любого сорта биологическими веществами из более широкого списка витаминов и минеральных веществ, среди которых витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, В<sub>9</sub>, А, а также соли кальция, магния, железа и цинка. Модификация требований к обогащению муки была вызвана по-



Рис. 1. Хронология ключевых этапов развития представлений о роли биологически активных веществ в пищевой продукции (расшифровка аббревиатур дана в тексте)

Fig. 1. Chronology of key stages in the development of ideas about the role of biologically active substances in foods

степенным изменением пищевых привычек населения, в частности снижением уровня потребления хлебобулочных изделий, что перестало удовлетворять физиологические потребности в незаменимых веществах, поступающих с этой продукцией [6]. Динамика инновационных исследований в технологиях пищевых продуктов периода 1920–1990 гг. определяется уровнем модификации известных составов традиционных пищевых продуктов.

В 1991 г. начинается новый этап в развитии представлений о целях и способах обогащения пищевых продуктов, стартом которого стало законодательное

введение в Японии группы пищевых продуктов с заданной пользой для здоровья (Food for Specified Health Uses, FOSHU) [9–14].

Принципиальным отличием этого этапа является то, что продукты группы FOSHU с целью восполнения дефицита основных незаменимых нутриентов могут быть обогащены не только витаминами и минеральными веществами, но и другими минорными биологически активными веществами, обладающими положительным действием на организм человека. При этом начался процесс некоторого нивелирования границы между понятиями «пищевой продукт» и «лекарственное средство» [10].

К продуктам категории FOSHU стали относиться продукты, содержащие ингредиенты с функцией для здоровья, имеющие официально подтвержденный физиологический эффект и предназначенные для поддержания и укрепления здоровья, или для питания специальных групп населения. Этот уровень инновационных исследований можно позиционировать как создание продукции нового состава.

С учетом опыта разработки лекарственных средств в фармацевтике в Японии на законодательном уровне стали строго регламентировать порядок подтверждения безопасности и эффективности для здоровья продуктов группы FOSHU. При этом были сформулированы четкие требования к пищевым продуктам для подтверждения их принадлежности к группе FOSHU:

- в составе продукта используются ингредиенты, обоснованные с позиций нутрициологии;
- гарантируется сохранность заявленного состава продукта на протяжении всего периода потребления;
- для подтверждения заявленного состава используются только утвержденные методы контроля и анализа;
- отсутствуют негативные результаты исследований безопасности ингредиентов и продукта;
- эффективность продукта показана в клинических исследованиях.

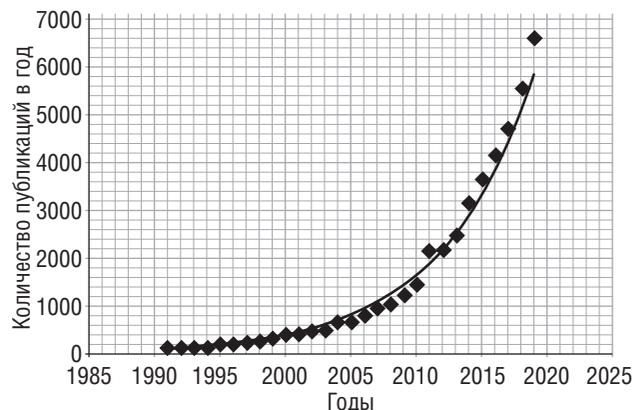
Наряду с этим был введен перечень утвержденных эффектов, которые могут быть применены для разработки новых пищевых продуктов.

После публикации в 1993 г. в журнале «Nature» статьи, в которой международной научной общественности впервые был представлен термин «Physiologically functional food» («физиологически функциональные пищевые продукты»), экспоненциальный рост интереса к данному направлению и осознание необходимости его развития сохраняются до настоящего времени (рис. 2) [15].

Первым японскую инициативу поддержало Управление по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными средствами США (Food and Drug Administration, FDA), утвердив в 1993 г. возможность выносить на этикетку пищевых продуктов заявления типа «способствует снижению риска развития заболевания». При этом было установлено, что доносимые до общественности утверждения о свойствах пищевого продукта должны основываться на научных доказательствах, признанных квалифицированными экспертами [16].

Представления о функциональных продуктах начали интенсивно мигрировать в европейские страны, а также страны западного полушария, где дальнейшее развитие направления науки о функциональных продуктах шло в направлении поиска новых биологически активных веществ и использовании их в составе пищевых продуктов с действием, подобным лекарственному.

Наряду с этим в 1996 г. в Китае начал развиваться принципиально иной подход [10], основным отличием которого стало то, что функциональный пищевой продукт должен быть использован только для отдельной группы населения с целью улучшения здоровья и никак не может быть пози-



**Рис. 2.** Количество публикаций в год, доступных в базе PubMed по запросу «Functional food» или «Food for specified health uses»

**Fig. 2.** The number of publications per year available in the PubMed database for the query “Functional food” or “Food for specified health uses”

ционирован для профилактики или лечения заболеваний [10, 17]. На момент выхода первой редакции закона было утверждено несколько эффектов, которые допускалось выносить на этикетку: модулирование иммунной системы, антивозрастной эффект, улучшение памяти, ускорение роста, снижение массы тела, повышение выносливости к гипоксии, противорадиационный, противомутагенный, ингибирование образования опухолей, модулирование уровня липидов и улучшение половой функции [18].

С целью систематизации подходов к разработке новых функциональных пищевых продуктов в 1999 г. под руководством Международного института наук о жизни (International Life Sciences Institute, ILSI) была создана Европейская комиссия по согласованному действию в области наук о функциональных пищевых продуктах (European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe, FUFOSSE) [16], основными задачами которой были:

- критическая оценка научной базы, необходимой для предоставления доказательств положительного влияния конкретных пищевых веществ и компонентов на целевые функции в организме;
- достижение консенсуса в отношении целевых модификаций пищевых продуктов и пищевых компонентов и вариантов их применения;
- проведение научной оценки перспективности пищевого продукта на основе его эффективности.

Комиссия FUFOSSE установила порядок подтверждения свойств функциональных пищевых продуктов, в соответствии с которым на основании анализа имеющихся научных данных должна проводиться оценка маркеров их действия, выявляющих изменения функции организма или состояния болезни, указывающие на положительный эффект, который может быть заявлен с формулировками «для улучшения функции организма» или «для снижения риска заболеваний» [16].

В 2002 г. международный институт ILSI на основе анализа известных на то время научных данных впер-

вые предложил обобщенный перечень биомаркеров состояния здоровья человека и снижения риска развития отдельных заболеваний, которые целесообразно использовать при оценке эффективности функциональных пищевых продуктов. Некоторые из предложенных биомаркеров приведены в табл. 1.

Актуальные научные исследования в этой области связаны с уточнением значимости имеющихся биомаркеров и поиском новых, позволяющих более точно описывать взаимосвязь между потреблением биологически активных веществ в составе пищевых продуктов и состоянием здоровья или рисками развития отдельных заболеваний [20].

Кроме того, накопленные данные послужили основанием для формирования новых определений самого термина «функциональный пищевой продукт». В табл. 2 приведены основные определения и авторство предложенных определений.

Как видно из табл. 2, различные научные группы приводят свое авторское определение данного термина, что связано с разными подходами. Общим для всех авторов является некая заявленная польза продукции для здоровья человека; различия заключаются в способах оценки этой пользы. Однако дальнейшее развитие области функциональных пищевых продуктов, вероятно, потребует большего доказательства биодоступности и клинической эффективности биологически активных ингредиентов для соответствия требованиям регулирующих органов [22].

На фоне разработки и внедрения новой категории пищевых продуктов, предназначенных для снижения риска возникновения отдельных заболеваний за счет наличия в их составе биологически активных веществ направленного физиологического воздействия, в тот же период получило развитие направление пищевых технологий, предусматривающих элиминирование отдельных компонентов, избыточное потребление которых может стать причиной ряда заболеваний алиментарной природы. Такими пищевыми компонентами являются соль, сахар и некоторые другие. Показательным в этом аспекте является опыт СССР, в котором производился большой ассортимент диетической продукции без сахара, соли, белка, доступ к которой широким слоям населения был обеспечен через специальные отделы продовольственных магазинов. Техническое регулирование в сфере

производства и обращения такой продукции обеспечивалось государственными стандартами. Например, в соответствии с ГОСТ 25832-89 «Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия» производилось несколько наименований ахлоридных (бессолевых), диабетических (без сахара), безбелковых хлебобулочных изделий. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи были описаны академиком А.А. Покровским [23].

Накопленный с 1920-х гг. объем научных исследований, а также опыт практической реализации инновационных пищевых продуктов для восполнения дефицита микронутриентов и коррекции изменившихся рационов при целевом векторе на снижение риска развития заболеваний алиментарной природы, повышение качества жизни и снижение затрат на лечение в первую очередь касаются продуктов массового потребления, предназначенных для питания популяции в целом.

В то же время развитие направления функциональных (обогащенных) пищевых продуктов сопровождалось созданием категорий специализированной пищевой продукции, предназначенных для питания отдельных групп населения, объединяемых характерными особенностями физиологических потребностей в энергии, пищевых и биологически активных веществах (для специализированного питания).

С учетом этих особенностей вся специализированная пищевая продукция в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического профилактического и диетического лечебного питания», подразделяется на несколько групп, к которым относятся:

- пищевая продукция для детского питания;
- пищевая продукция для питания спортсменов;
- пищевая продукция для диетического профилактического питания;
- пищевая продукция для диетического лечебного питания;
- пищевая продукция для питания беременных и кормящих женщин.

В соответствии с этим подразделением особенности состава конкретного вида пищевого продукта специализированного питания определяются рядом факторов, включающих возраст, потребности на групповом

**Таблица 1.** Биомаркеры состояния здоровья и снижения риска развития заболеваний [19]

**Table 1.** Biomarkers of health and disease risk reduction [19]

<b>Фактор Factor</b>	<b>Биомаркеры Biomarkers</b>
Физическая производительность	Мышечный гликоген, испытания на выносливость
Атеросклероз	Артериальное давление, холестерин липопротеинов низкой плотности, холестерин липопротеинов высокой плотности, толщина комплекса интима–медиа
Ожирение	Индекс массы тела, измерение степени ожирения
Диабет	Толерантность к глюкозе, уровень глюкозы натощак, уровень инсулина
Здоровье костей	Костная плотность, показатели кальциевого обмена

Таблица 2. Существующие определения термина «функциональный пищевой продукт» [21]

Table 2. Existing definitions of the term «functional food» [21]

Источник	Определение
The Institute of Food Technologists (IFT)	<b>Оригинал</b> <i>Foods and food components that provide a health benefit beyond basic nutrition. These substances provide essential nutrients often beyond quantities necessary for normal maintenance, growth, and development, and/or other biologically active components that impact health benefits</i> <b>Перевод</b> Пищевые продукты и ингредиенты, которые обеспечивают пользу для здоровья, сверх основного питания. Данные вещества обеспечивают необходимые нутриенты, часто сверх количеств, необходимых для нормального жизнеобеспечения, роста, развития, и/или другие биологически активные вещества, которые влияют на пользу для здоровья
The Institute of Medicine of the U.S. National Academy of Sciences	<b>Оригинал</b> <i>Foods that encompass potentially healthful products, including any modified foods or food ingredients that may provide a health benefit beyond the nutrients it contains</i> <b>Перевод</b> Группа продуктов, включающих потенциально полезные продукты, включая любые модифицированные пищевые продукты или пищевые ингредиенты, которые обеспечивают пользу для здоровья большую, чем от входящих в его состав нутриентов
Foods for Special Dietary Use (As defined by the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act)	<b>Оригинал</b> <i>A particular use for which a food purports or is represented to be used, including to the following:</i> – <i>supplying a special dietary need that exists by reason of a physiological, pathological, or physical condition;</i> – <i>supplying a vitamin, mineral, or other ingredients for use by humans to supplement the diet by increasing the total dietary intake;</i> – <i>supplying a special dietary need by reason of being a food for us as the sole item of diet</i> <b>Перевод</b> Продукты, особое использование которых позиционируется со следующими формулировками: – удовлетворение особых потребностей в нутриентах, возникающих вследствие физиологического, патологического или физического состояния; – удовлетворение потребности человека в витаминах, минералах или в других веществах в дополнение к рациону за счет увеличения их общего потребления; – удовлетворение особых потребностей в нутриентах в случаях, когда пищевой продукт является единственным источником питания
American Dietetic Association	<b>Оригинал</b> <i>Classifies all foods as functional at some physiological level in that food provides nutrient, growth, or maintain vital processes</i> <b>Перевод</b> Классифицирует все пищевые продукты как функциональные на определенном физиологическом уровне в том смысле, что пищевые продукты являются источниками нутриентов, поддерживают рост или жизненные процессы
Functional Foods Center Definition (2014)	<b>Оригинал</b> <i>Natural or processed foods that contain known or unknown biologically-active compounds; which, in defined, effective, and non-toxic amounts, provide a clinically proven and documented health benefit for the prevention, management, or treatment of chronic diseases</i> <b>Перевод</b> Природные или обработанные пищевые продукты, которые содержат известные или неизвестные биологически активные вещества, которые в установленных, эффективных и нетоксичных количествах обеспечивают клинически доказанную и задокументированную пользу для здоровья для профилактики, ведения или лечения хронического заболевания
Functional Foods Center Definition (2017)	<b>Оригинал</b> <i>Natural or processed foods that contain biologically active compounds; which, in defined, effective, and non-toxic amounts, provide a clinically proven and documented health benefit utilizing specific biomarkers for the prevention, management, or treatment of chronic disease or its symptoms</i> <b>Перевод</b> Природные или обработанные пищевые продукты, которые содержат биологически активные вещества, которые в установленных, эффективных и нетоксичных количествах обеспечивают клинически подтвержденную и задокументированную пользу для здоровья с использованием специфических биомаркеров для профилактики, ведения или лечения хронического заболевания или его симптомов

уровне в пищевых и биологически активных веществах (микронутриентах), физическую активность (энергозатраты), связанную, например, в случае продуктов для питания спортсменов с видами спорта или при тяжелых условиях труда – с особенностями вредного производства, а для продуктов диетического профилактического или диетического лечебного питания – с характером заболевания. При этом ключевым фактором, определяющим исходные данные для формирования медико-биологических требований к составу специализированного продукта, являются особенности пищевого рациона, обеспечивающего условия для проявления максимальной эффективности нового продукта.

Кроме того, для отдельных видов специализированной пищевой продукции при научном обосновании состава продукта учитываются антропометрические характеристики потребителей целевой аудитории (рис. 3).

Приведенную на рис. 3 схему можно представить как иерархическую классификацию специализированных пищевых продуктов на основании предъявляемых к ним медико-биологических требований, учитывающих специфику питания (особенности пищевого рациона) населения в целом, его отдельных групп или конкретного человека. В зависимости от отмеченной специфики разработка специализированных пищевых продуктов

предусматривает использование различных исходных данных, связанных с потребностями человека: от энерготрат до сведений о метаболоме.

С учетом этих особенностей определяются задачи разработки, способы доказательства эффективности и условия использования специализированных пищевых продуктов с целью достижения максимального эффекта [23].

В исследованиях продуктов диетического профилактического или диетического лечебного питания предметом оценки эффективности специализированного продукта является именно клинический эффект [24].

Клинические исследования эффективности специализированных пищевых продуктов могут быть выполнены в двух разных направлениях.

В случае продуктов диетического лечебного питания изучается их влияние на клинические показатели эффективности лечения заболевания, к которой можно отнести скорость наступления ремиссии, сроки выздоровления, частоту осложнений основного заболевания, нормализацию или улучшение пищевого статуса пациента. При этом одним из важных критериев клинического эффекта специализированного пищевого

продукта является нормализация пищевого статуса, связанного с показателями фактического питания, состава тела, энерготрат покоя, биохимическими показателями крови, характеризующими обмен белков, жиров и углеводов, показателями витаминного, макро- и микроэлементного статуса.

В случае пищевых продуктов диетического профилактического питания, предназначенных для снижения риска заболеваний человека, в идеале изучается влияние продукта на заболеваемость, но чаще на косвенные маркеры, связанные с заболеваемостью, поскольку для доказательства непосредственного профилактического эффекта, который реализуется на протяжении существенно больших промежутков времени, по сравнению с клиническим эффектом, требуется значительное время, иногда не один год.

Слабой стороной подобного рода исследований является невозможность оценить магнитуду профилактического эффекта, т.е. определить продолжительность постоянного потребления продукта с профилактическими свойствами, необходимую для реализации этого эффекта.

Таким образом, база научных данных, включающая описание опыта практического использования пищевых

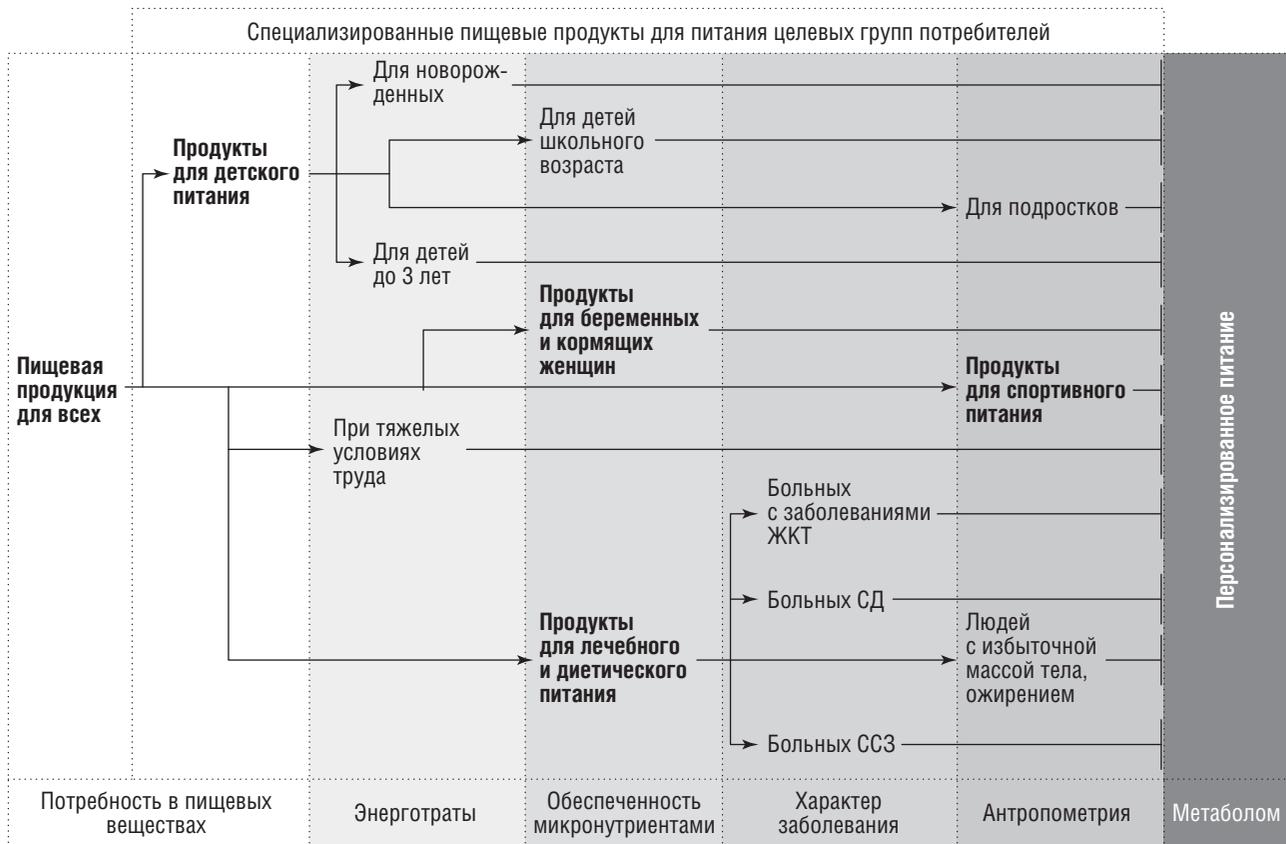


Рис. 3. Специализированные пищевые продукты для питания целевых групп потребителей

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт; ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания; СД – сахарный диабет.

Fig. 3. Specialized foods for the nutrition of target consumer groups

продуктов для коррекции алиментарно-зависимых заболеваний, свидетельствует о наличии сегодня общей научной системы. Однако перед международным научным сообществом еще остается открытым значительное число вопросов, связанных с конкретизацией подходов к разработке и оценке эффективности специализированных пищевых продуктов для алиментарной коррекции отдельных заболеваний. Например, сохраняют свою актуальность исследования, связанные с доказательством эффективности применения отдельных биологически активных веществ в составе пищевых продуктов при диетотерапии болезней обмена веществ, в частности сахарного диабета [25], а также других заболеваний, поскольку очевидно наличие барьера на пути к созданию связи между отдельными научными сведениями о действии биологически активных веществ и их эффективностью при диетотерапии метаболических нарушений.

Как было показано различными исследованиями, обобщенными в публикации [2], биологически активные вещества, а также содержащие их пищевые продукты специализированного и функционального назначения выполняют одну из ключевых функций в современной системе профилактики и диетотерапии алиментарно-зависимых заболеваний. Принимая во внимание большое разнообразие самих биологически активных веществ, а также подходов к изучению их свойств, необходимо четкое понимание существующих научных представлений о возможности их практического использования. Уровень инновационных исследований в этой области связан с новой научной парадигмой, постулирующей положения, согласно которым в основе разработки специализированных пищевых продуктов для алиментарной коррекции должны лежать объективные, последовательные и исчерпывающие исследования, подтверждающие безопасность используемых биологически активных веществ, их сохранность и биодоступность в составе пищевого продукта, оценка клинической эффективности которого должна осуществляться на основе принципов доказательной медицины.

С учетом этого стратегическим направлением научных исследований лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов является создание универсального подхода к разработке, использованию и оценке эффективности биологически активных веществ и содержащих их специализированных пищевых продуктов для коррекции метаболических нарушений.

Вектор инновационного развития технологий производства специализированных пищевых продуктов сегодня сфокусирован на направление персонализированного питания, которое базируется на диете, сформированной на основе оценки индивидуальной потребности человека в пищевых веществах и энергии с учетом его пищевых предпочтений, особенностей метаболизма, а также прогностических (генетических) рисков возможных метаболических нарушений и развития заболева-

ний, при которых требуется исключение из рациона или введение в него отдельных пищевых компонентов или продуктов, изменение технологии приготовления блюд и режима питания. В основе научного обоснования отличительных признаков составов и свойств, а также технологических ноу-хау производства пищевых продуктов персонализированного питания лежат сведения о метаболизме, непосредственно связанном с биологическими функциями организма.

Разработанная в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» многоуровневая диагностическая система позволяет провести комплексную оценку нарушений пищевого статуса, показателей иммунного статуса, системы антиоксидантной защиты и определить индивидуальную особенность метаболизма пациента, наличие различных заболеваний или патологических состояний, оценить обеспеченность организма макро- и микронутриентами.

Сочетанное использование нутриметаболических, протеомных и геномных технологий при комплексной оценке нарушений пищевого статуса дает возможность оказывать пациенту персонализированную высокотехнологичную диетологическую и медицинскую помощь. Персонализация диетотерапии при алиментарно-зависимых заболеваниях является наиболее эффективным подходом в коррекции метаболических нарушений и может быть осуществлена в первую очередь за счет использования диеты оптимизированного состава с учетом индивидуальной потребности конкретного пациента в энергии, макро- и микронутриентах.

На основании медико-биологических требований специалистами лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов разработаны специализированные пищевые продукты в виде напитков быстрого приготовления, десертов, кондитерских изделий без добавления сахара, белковых коктейлей, киселей.

Клинические исследования разработанных продуктов в составе диетотерапии больных с алиментарно-зависимыми заболеваниями (метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа, сердечно-сосудистая патология) показали их хорошую переносимость, способность оптимизировать рацион питания, улучшать пищевой статус и эффективность комплексного лечения наблюдавшихся больных.

Разработанные специализированные пищевые продукты содержат биологически активные вещества и функциональные ингредиенты с доказанным физиологическим действием и могут быть включены в индивидуальную диету пациентов для поддержания адекватного пищевого статуса.

Создание специализированных пищевых продуктов базируется на использовании традиционных технологий, модифицированных с учетом особенностей свойств и химического состава инновационных ингредиентов, формирующих пищевой матрикс, их технологической совместимости, назначения продукта.

**Сведения об авторах**

*Кочеткова Алла Алексеевна (Alla A. Kochetkova)* – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kochetkova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9821-192X>

*Воробьева Валентина Матвеевна (Valentina M. Vorobyeva)* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: vorobiova\_vm@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0001-8110-9742>

*Саркисян Варужан Амбарцумович (Varuzhan A. Sarkisyan)* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sarkisyan.varuzhan@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-5911-610X>

*Воробьева Ирина Сергеевна (Irina S. Vorobyeva)* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: vorobiova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0003-3151-2765>

*Смирнова Елена Александровна (Elena A. Smirnova)* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: smirnova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-2045-5729>

*Шатнюк Людмила Николаевна (Lyudmila N. Shatnyuk)* – доктор технических наук, профессор кафедры пищевых производств НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: ls0901@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0388-4089>

**Литература**

1. Bagchi D., Sreejayan N. Developing new functional food and nutraceutical products / eds D. Bagchi, N. Sreejayan. San Diego, CA : Academic Press, 2016. 544 p. DOI: <http://doi.org/10.1016/c2014-0-03724-0>
2. Тутельян В.А. и др. Растительные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов антидиабетического действия / под ред. В.А. Тутельяна. Москва : Библио-Глобус, 2016. 428 с. DOI: <http://doi.org/10.18334/9785990909755>
3. Коденцова В.М. Витамины. Москва : Медицинское информационное агентство, 2015. 408 с.
4. Спиричев В.Б. Современное обоснование витаминотерапии // Российский медицинский журнал. 2009. № 6. С. 37–43.
5. Pearce E.N., Andersson M., Zimmermann M.B. Global iodine nutrition: where do we stand in 2013? // Thyroid. 2013. Vol. 23, N 5. P. 523–528.
6. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / под ред. В.Б. Спиричева. Саратов : Сибирское университетское издательство, 2004. 548 с.
7. Fa.o.org. URL: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/codex-timeline/ru/> (date of access June 26, 2020)
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Understanding the Codex Alimentarius. 5th ed. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018.
9. Arai S. Studies on functional foods in Japan – state of the art // Biosci. Biotechnol. Biochem. 1996. Vol. 60, N 1. P. 9–15. DOI: <http://doi.org/10.1271/bbb.60.9>
10. Arai S. Global view on functional foods: Asian perspectives // Br. J. Nutr. 2002. Vol. 88, N S2. P. S139. DOI: <http://doi.org/10.1079/BJN2002678>
11. Arai S., Osawa T., Ohigashi H., Yoshikawa M., Kaminogawa S., Watanabe M. et al. A Mainstay of functional food science in Japan – history, present status, and future outlook // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2001. Vol. 65, N 1. P. 1–13. DOI: <http://doi.org/10.1271/bbb.65.1>
12. Shimizu M. History and current status of functional food regulations in Japan // Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World. Elsevier, 2019. P. 337–344.
13. Kwak N.S., Jukes D.J. Functional foods. Part 2: The impact on current regulatory terminology // Food Control. 2001. Vol. 12. P. 109–117. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00029-3](http://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00029-3)
14. Richardson D.P. Functional foods-shades of gray: an industry perspective // Nutr. Rev. 2009. Vol. 54, N 11. P. S174–S185.
15. Swinbanks D., O'Brien J. Japan explores the boundary between food and medicine // Nature. 1993. Vol. 364, N 6434. P. 180. DOI: <http://doi.org/10.1038/364180a0>
16. ILSI. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document // Br. J. Nutr. 1999. Vol. 81, suppl. 1. P. S1–S27. DOI: <http://doi.org/10.1079/BJN19990002>
17. National Food Safety Standard: Health foods: GB 16740-1997. KHP, 1997.
18. Hu C. Historical change of raw materials and claims of health food regulations in China // Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World: 2nd ed. 2014. P. 363–388. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-405870-5.00021-9>
19. Clydesdale F. Functional foods: opportunities and challenges // Food Tech. 2005. P. 1–66.
20. Tutel'yan V. et al. Chapter 12 – Strategize the research investigations: pre-clinical and clinical evaluations // Developing New Functional Food and Nutraceutical Products. 2017. P. 213–229.

21. Gur J., Mawuntu M., Martirosyan D. FFC's Advancement of Functional Food Definition // *Funct. Foods Heal Dis*. 2018. Vol. 8, N 7. P. 385–397.
22. Воробьева И.С., Воробьева В.М., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А. Специализированная пищевая продукция: общие и частные определения и характеристики // *Пищевая промышленность*. 2012. № 12. С. 16–18.
23. Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. Москва : Медицина, 1979. 183 с.
24. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods // *Int. J. Food Sci. Technol*. 2019. Vol. 54, N 5. P. 1467–1485. DOI: <http://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
25. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / под ред. И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. Вып. 9 // *Сахарный диабет*. 2019. Vol. 22, N 1S1. P. 1–121. DOI: <http://doi.org/10.14341/DM221S1>

## References

1. Bagchi D., Sreejayan N. Developing new functional food and nutraceutical products. In: D. Bagchi, N. Sreejayan (eds). San Diego, CA: Academic Press, 2016: 544 p. DOI: <http://doi.org/10.1016/c2014-0-03724-0>
2. Tutelyan V.A., et al. Plant sources of phytonutrients for specialized antidiabetic food products. Moscow: Biblio-globus, 2016. DOI: <http://doi.org/10.18334/9785990909755> (in Russian)
3. Kodentsova V.M. Vitamins. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2015: 408 p. (in Russian)
4. Spirichev V.B. Modern justification of vitamin therapy. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal [Russian Medical Journal]*. 2009; (6): 37–43. (in Russian)
5. Pearce E.N., Andersson M., Zimmermann M.B. Global iodine nutrition: where do we stand in 2013? *Thyroid*. 2013; 23 (5): 523–8.
6. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakovskiy V.M. Fortification of food products with vitamins and minerals. Science and technology. In: Spirichev V.B. (ed.). Saratov: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2004: 548 p. (in Russian)
7. Fao.org. URL: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/codex-timeline/ru/> (date of access June 26, 2020)
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Understanding the Codex Alimentarius. 5th ed. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018.
9. Arai S. Studies on functional foods in Japan – state of the art. *Biosci Biotechnol Biochem*. 1996; 60 (1): 9–15. DOI: <http://doi.org/10.1271/bbb.60.9>
10. Arai S. Global view on functional foods: Asian perspectives. *Br J Nutr*. 2002; 88 (S2): S139. DOI: <http://doi.org/10.1079/BJN2002678>
11. Arai S., Osawa T., Ohigashi H., Yoshikawa M., Kaminogawa S., Watanabe M., et al. A Mainstay of functional food science in japan – history, present status, and future outlook. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2001; 65 (1): 1–13. DOI: <http://doi.org/10.1271/bbb.65.1>
12. Shimizu M. History and current status of functional food regulations in Japan. In: *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World*. Elsevier, 2019. P. 337–344.
13. Kwak N.S., Jukes D.J. Functional foods. Part 2: The impact on current regulatory terminology. *Food Control*. 2001; 12: 109–17. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00029-3](http://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00029-3)
14. Richardson D.P. Functional foods—shades of gray: an industry perspective. *Nutr Rev*. 2009; 54 (11): S174–85.
15. Swinbanks D., O'Brien J. Japan explores the boundary between food and medicine. *Nature*. 1993; 364 (6434): 180. DOI: <http://doi.org/10.1038/364180a0>
16. ILSI. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document. *Br J Nutr*. 1999; 81 (1): S1–27. DOI: <http://doi.org/10.1079/BJN19990002>
17. National Food Safety Standard: Health foods: GB 16740-1997. KNR, 1997.
18. Hu C. Historical change of raw materials and claims of health food regulations in China. In: *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World: 2nd ed*. 2014. P. 363–88. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-405870-5.00021-9>
19. Clydesdale F. Functional foods: opportunities and challenges. *Food Tech*. 2005: 1–66.
20. Tutelyan V., et al. Chapter 12 – Strategize the research investigations: pre-clinical and clinical evaluations. In: *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products*. 2017: 213–229.
21. Gur J., Mawuntu M., Martirosyan D. FFC's Advancement of Functional Food Definition. *Funct Foods Heal Dis*. 2018; 8 (7): 385–97.
22. Vorob'eva I.S., Vorob'eva V.M., Kochetkova A.A., Smirnova E.A. Specialized food products: General and specific definitions and characteristics. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*. 2012; (12): 16–8. (in Russian)
23. Pokrovskiy A.A. Metabolic aspects of food pharmacology and toxicology. Moscow: Meditsina, 1979: 183 p. (in Russian)
24. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods. *Int J Food Sci Technol*. 2019; 54 (5): 1467–85. DOI: <http://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
25. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Y., Vikulova O.K., Galstyan G.R., Kuraeva T.L. et al. Standards of specialized diabetes care. Edited by I.I. Dedov, M.V. Shestakova, A.Yu. Mayorov (eds). 9th ed. *Diabetes Mellitus*. 2019; 22 (1S1): 1–121. DOI: <http://doi.org/10.14341/DM221S1> (in Russian)

**Для корреспонденции**

Акимов Михаил Юрьевич (Mikhail Yu. Akimov) – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией биохимии и пищевых технологий ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»  
Адрес: 393774, Российская Федерация, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Мичурина, д. 30  
Телефон: (475) 452-07-61  
E-mail: info@fnc\_mich.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Акимов М.Ю.

## Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания

New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry

Akimov M.Yu.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», 393774, г. Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация  
I.V. Michurin Federal Scientific Center, 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation

*Для формирования рациона здорового питания актуально обеспечение физической и экономической доступности ассортимента импортозамещающей качественной и безопасной продукции садоводства, совершенствование промышленного сортимента. При этом среди селекционных признаков, наряду со скороплодностью и урожайностью, следует поднять на первые позиции статус признаков, определяющих потребительский спрос: качество и химический состав плодов, насыщенность необходимыми микронутриентами для использования в индустрии здорового и диетического питания.*

**Цель исследований** – выявить селекционно-технологические приоритеты по уровню содержания в плодах и ягодах макро- и микронутриентов для создания специализированной диетической профилактической и диетической лечебной пищевой продукции.

**Материал и методы.** В качестве объекта исследования использованы данные по содержанию белка, массовой доли общего сахара, состава моно- и дисахаридов, минеральных веществ (натрия, калия, кальция, магния, железа, меди, цинка), органических кислот, полифенольных соединений, флавоноидов, в том числе антоцианинов, гидроксикоричных кислот; ресвератрола, пизеида, вита-

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 244–254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057

**Статья поступила в редакцию** 14.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interests.** Author declare no conflict of interests.

**For citation:** Akimov M.Yu. New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 244–54. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057 (in Russian)

**Received** 14.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

минов С, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и каротиноидов в плодовых и ягодных культурах, выращенных на опытно-производственных участках ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (25 сортов яблоки, 21 сорт груши, 14 сортов вишни, 5 сортов абрикоса, 10 сортов жимолости, 14 сортов земляники, 8 форм калины, 18 сортов малины, 13 сортов крыжовника, 10 форм облепихи, 12 сортов сливы, 8 сортов красной смородины, 12 сортов черной смородины). Для статистической обработки данных и построения математических моделей использовали пакет статистических программ Statistica 6.

**Результаты и обсуждение.** На основе анализа микронутриентного состава плодов и ягод составлена шкала распределения приоритетов и определены границы низкого, среднего и высокого содержания, обозначенные в баллах. На основе этого установлены пороговые значения высокого содержания (3 балла): пищевых волокон – не менее 6 г/100 г, биологически активных веществ (БАВ), макро- и микроэлементов – не менее 30% от суточной нормы потребления в 100 г; среднего содержания (2 балла): пищевых волокон – не менее 3 г/100 г, БАВ, макро- и микроэлементов – не менее 15% от суточной нормы потребления и низкого содержания (1 балл) – все, что ниже указанных параметров. Установлено, что к категориям низкого приоритета (1 балл) у изученных культур относятся белок, витамины В<sub>1</sub> (кроме жимолости), В<sub>2</sub>, Е (кроме облепихи) и РР, а также натрий, кальций и цинк. Большинство изученных объектов имеет средние показатели и служит источником (2 балла) растворимых пищевых волокон, каротиноидов, флавоноидов, гидроксикоричных кислот и калия. Наиболее высокий приоритет у изученных культур (3 балла) выявлен по содержанию аскорбиновой кислоты и полифенольных соединений, в том числе антоцианинов. Согласно полученным данным, большинство изученных сортов характеризуется высоким содержанием органических кислот (лимонной и яблочной). Более 45% сортов обладает высоким содержанием витамина С. Высокое содержание полифенольных соединений характерно для 55,8% изученных сортов, 23,4% являются их источниками. У 45,8% сортов – высокое содержание антоцианинов, у 25% сортов – флавоноидов и гидроксикоричных кислот, 2,9% сортов богаты железом. Источниками растворимых пищевых волокон служат 62% сортов, флавоноидов – 49,6%, калия – 13%, магния – 5,8%, меди – 2,9%.

**Заключение.** Предложенная в качестве селекционного приоритета для создания продукции специализированного диетического профилактического и лечебного питания оценка химического состава плодов и ягод по наличию и уровню макро- и микронутриентов и БАВ является основой для дальнейшей работы по выделению комплексных источников, формирования на основе их совмещения уникальных пищевых матриц и подбора технологических процессов для создания линейки специализированных пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** фрукты, ягоды, химический состав, минеральный состав, биологически активные вещества, витамины, органические кислоты, флавоноиды, полифенольные соединения, ранжирование

*For the formation of a healthy diet, it is important to provide an economic and physical availability of the assortment of import-substituting high quality and safe horticultural products, and to improve the industrial assortment. Wherein, the traits which define the consumer demand, such as quality and the chemical composition of fruits, saturation with essential micronutrients for healthy and dietary nutrition, should be taken into account in the first place among other breeding criteria, such as an early maturity and productivity.*

**The aim** of the research was the determination of breeding and technological priorities for fruits and berries from the point of view of the content of macro- and micronutrients for the development of dietary foodstuffs.

**Material and methods.** The object of the investigation was the data on the content of protein, total sugar, mono- and disaccharides, sodium, potassium, calcium, magnesium, iron, copper, zinc, organic acids, polyphenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, hydroxycinnamic acids, resveratrol, piceid, vitamins C, E, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР and carotenoids in samples of fruit and berry crops grown on the experimental production sites of the Federal Research Center named after I.V. Michurin (25 varieties of apple, 21 varieties of pear, 14 – of cherry, 5 – apricot, 10 – honeysuckle, 14 – strawberry, 8 forms of viburnum, 18 varieties of raspberry, 13 varieties of gooseberry, 10 forms of sea buckthorn, 12 varieties of plum, 8 varieties of red currant, 12 varieties of black currant). The statistical software package Statistica 6 was used for statistical data processing and construction of mathematical models.

**Results and discussion.** The scale of priority distribution was developed, based on the analysis of the micronutrient composition of fruit and berries. The limits of low, medium and high micronutrient content in horticultural products were defined. Therefore, the threshold values of high level (3 points) were determined as  $\geq 6$  g/100 g for the dietary fiber and  $\geq 30\%$  of the recommended daily intake for the biologically active substances (BAS), minerals and trace elements. The threshold values of medium level of content (2 points) were determined as  $\geq 3$  g/100 g for the dietary fiber,  $\geq 15\%$  of the recommended daily intake for the BAS, minerals and trace elements. And threshold values of low level of content (1 points) were determined as values of indicators which are less than aforementioned. It was found that the categories of low priority (1 point) in the studied crops include protein, vitamins В<sub>1</sub> (except for honeysuckle), В<sub>2</sub>, Е (except for sea buckthorn) and РР, as well as sodium, calcium and zinc. The majority of the research objects has medium values as a source of soluble dietary fiber, carotenoids, flavonoids, hydroxycinnamic acids and potassium. The content of ascorbic acid and polyphenolic compounds, including anthocyanidins demonstrates the highest priority among the studied crops (3 points). According to the data obtained, the most of cultivars has a high content of organic acids (citric and malic), and more than 45.0% of the cultivars have a high content of vitamin C. 55.8% of cultivars have a high content of polyphenolic compounds, while 23.4% of cultivars are the sources of polyphenolic compounds too. Also 45.8% of cultivars have a high content of anthocyanidins, 25.0% of cultivars have a high content of flavonoids and hydroxycinnamic acids, 2.9% of cultivars are rich in iron. 62.0% of cultivars are the sources of soluble dietary fiber, 49.6% – sources of flavonoids, 13.0% – sources of potassium, 5.8% – sources of magnesium, 2.9% – sources of copper.

**Conclusion.** The assessment of the chemical composition of fruits and berries from the standpoint of the presence and the content of macro- and micronutrients and BAS, proposed as a breeding program priority for the development of foodstuffs for specialized, dietary and therapeutic nutrition, is the basis for the future work on identification of complex sources, formation of unique food matrices, and selection of technological processes to develop a line of specialized foodstuffs.

**Keywords:** fruits, berries, mineral composition, chemical composition, natural biologically active substances, vitamins, trace elements, organic acids, flavonoids, polyphenolic compounds, ranking

При низкой энергетической ценности фрукты являются источником целого ряда углеводов, органических кислот, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ (БАВ), в частности витаминов и полифенольных соединений, необходимых как для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма, так и для профилактики большинства алиментарно-зависимых заболеваний, приводящих к снижению трудоспособности, развитию инвалидности и сокращению продолжительности жизни человека. Питание населения России характеризуется выражено низким потреблением продукции садоводства [1], что приводит к недостаточности потребления БАВ, получаемых из растительной пищи. Баланс продовольственных ресурсов на российском рынке свидетельствует о том, что доля плодов и ягод отечественного производства не превышает третьей части всего реализуемого объема пищевой продукции этого вида. Для формирования сбалансированного рациона питания каждого гражданина страны в высшей степени актуальными задачами являются обеспечение физической и экономической доступности ассортимента импортозамещающей качественной и безопасной продукции садоводства, совершенствования промышленного сортамента. При этом среди селекционных признаков, наряду с устойчивостью растений к абиотическим и биотическим факторам, их скороплодностью и урожайностью, следует поднять на первые позиции приоритетные признаки, учитываемые при закладке насаждений, а также в селекционной работе; особенности плодовой и ягодной продукции, определяющие потребительский спрос: сохранность органолептических свойств; химический состав плодов (насыщенность необходимыми микронутриентами) для использования в индустрии здорового и диетического питания [2–4].

**Цель** исследования – выявить селекционно-технологические приоритеты по уровню содержания в плодах и ягодах макро- и микронутриентов для создания специализированной диетической профилактической и диетической лечебной пищевой продукции.

**Задачи:**

- выявить и ранжировать по приоритетности селекционно-технологические критерии сортов плодовых и ягодных культур с учетом обеспечения суточной нормы потребления макро- и микронутриентов для создания на их основе специализированной диетической профилактической и лечебной продукции;
- выделить сорта – источники комплекса макро- и микронутриентов из плодов и ягод для дальнейшего селекционного использования и конструирования специализированных пищевых продуктов.

## Материал и методы

В качестве объектов исследования использованы плодовые и ягодные культуры, возделываемые на опытно-производственных участках ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»: 25 сортов яблони, 21 сорт груши,

14 сортов вишни, 5 сортов абрикоса, 10 сортов жимолости, 14 сортов земляники, 8 форм калины, 18 сортов малины, 13 сортов крыжовника, 10 форм облепихи, 12 сортов сливы, 8 сортов красной смородины, 12 сортов черной смородины [5].

Для оценки пищевой ценности различных плодов и ягод использованы данные по содержанию: массовой доли сахаров, в том числе моно- и дисахаридов; полифенольных соединений; флавоноидов, антоцианинов, гидроксикоричных кислот; натрия; калия; кальция; магния; железа; меди; цинка; органических кислот, ресвератрола; пiceiда; витаминов С, РР, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и каротиноидов [5].

Для решения задач исследования были использованы методы статистической обработки и построения математических моделей с помощью пакета статистических программ Statistica 6.

## Результаты и обсуждение

В работе по оценке и ранжированию сортов различных культур по химическому составу плодов и ягод использованы приведенные в методических рекомендациях МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые нормы потребления пищевых и биологически активных веществ» нормативные требования по уровню суточной потребности организма в пищевых и биологически активных веществах [6]. Полученные данные [5] указывают на то, что внутри одного вида плодов присутствуют значительные сортовые различия, отдельные сорта по выбранным БАВ способны в существенной степени восполнять эту потребность, а другие сорта той же культуры не обеспечивают даже минимального поступления этих эссенциальных веществ. В этой связи для каждой плодовой и ягодной культуры установлен перечень приоритетных показателей химического состава, по уровню содержания которых они выгодно выделяются среди других. В Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» приведены сведения о пороговых значениях содержания ряда пищевых и биологически активных веществ, позволяющих классифицировать пищевую продукцию как продукт с низким содержанием, источник вещества или продукт с повышенным его содержанием. Применение данной системы градации с учетом обеспечения суточной нормы потребления в веществах представляет интерес для классификации продукции садоводства и дальнейшего использования этих критериев для ранжирования любых сортов по пищевой ценности.

В этой связи на основе анализа микронутриентного состава плодов и ягод мы предприняли попытку составить шкалу распределения приоритетов и определить границы низкого, среднего и высокого содержания, обозначив их в баллах (табл. 1).

Согласно разработанной шкале распределения по 3-балльной системе оценки выявлены специфиче-

**Таблица 1.** Шкала распределения сортов по уровню содержания пищевых и биологически активных веществ и показателей приоритетности в баллах**Table 1.** The scale of the distribution of varieties by the level of food and biologically active substances and priority indicators in points

Компонент химического состава <i>Component of chemical composition</i>	Суточная норма потребления [6] <i>Recommended daily intake [6]</i>	Содержание в 100 г плодовой и ягодной продукции <i>Content in 100 g of fruit or berry</i>		
		низкое (1 балл) <i>low (1 point)</i>	среднее (2 балла) <i>average (2 points)</i>	высокое (3 балла) <i>high (3 points)</i>
Белок, г/ <i>Protein, g</i>	70	≤10,4	10,5–20,9	≥21,0
Пищевые волокна, г <i>Dietary fiber, g</i>	20	≤2,9	3,0–5,9	≥6,0
Растворимые пищевые волокна, г <i>Soluble dietary fiber, g</i>	2	≤0,29	0,3–0,59	≥0,6
Витамин С, мг/ <i>Vitamin C, mg</i>	70	≤10,4	10,5–20,9	≥21,0
Витамин В <sub>1</sub> , мг/ <i>Vitamin B<sub>1</sub>, mg</i>	1,7	≤0,25	0,26–0,50	≥0,51
Витамин В <sub>2</sub> , мг/ <i>Vitamin B<sub>2</sub>, mg</i>	2,0	≤0,29	0,30–0,59	≥0,60
Витамин РР, мг/ <i>Vitamin PP, mg</i>	20	≤2,9	3,0–5,9	≥6,0
Витамин Е, мг/ <i>Vitamin E, mg</i>	15	≤2,24	2,25–4,49	≥4,50
Каротиноиды, мг/ <i>Carotenoids, mg</i>	5,0	≤0,75	0,75–1,49	≥1,50
Флавоноиды, мг/ <i>Flavonoids, mg</i>	85	≤12,7	12,75–25,4	≥25,4
Антоцианины, мг/ <i>Anthocyanins, mg</i>	50	≤12,74	12,75–25,49	≥25,50
Гидроксикоричные кислоты, мг <i>Hydroxycinnamic acids, mg</i>	10	≤1,4	1,5–2,9	≥3,0
Na, мг/a, <i>mg</i>	1300	≤194	195–389	≥390
K, мг/K, <i>mg</i>	2500	≤374	375–749	≥750
Ca, мг/Ca, <i>mg</i>	1250	≤187,4	187,5–374,9	≥375,0
Mg, мг/Mg, <i>mg</i>	400	≤59,9	60,0–119,9	≥120,0
Fe, мг/Fe, <i>mg</i>	10 (М)/15 (Ж)	≤1,4 (М)/≤2,2 (Ж)	1,5–2,9 (М)/2,25–4,4 (Ж)	≥3,0 (М)/≥4,59 (Ж)
Cu, мг/Cu, <i>mg</i>	1,0	≤0,14	0,15–0,29	≥0,30
Zn, мг/Zn, <i>mg</i>	12	≤1,79	1,80–3,59	≥3,60

Примечание. М – мужчины; Ж – женщины.

ские для каждой культуры селекционные приоритеты (табл. 2). Эти данные позволяют подбирать культуры и сорта с наиболее высоким содержанием незаменимых веществ для взаимодополняющего комбинирования их в рационе питания в свежем виде, а также в рецептурах при создании пищевой продукции, по своему составу близкой к потребностям человека.

Установлено, что к категориям низкого приоритета (1 балл) у изученных культур относятся белок, витамины В<sub>1</sub> (кроме жимолости) и В<sub>2</sub>, витамин Е (кроме облепихи), витамин РР, а также натрий, кальций и цинк. Большинство изученных объектов обладает средними показателями и является источником (2 балла) растворимых пищевых волокон, каротиноидов, флавоноидов, гидроксикоричных кислот и калия. Наиболее высокий приоритет у изученных культур (3 балла) выявлен по содержанию аскорбиновой кислоты и полифенольных соединений, в том числе антоцианинов.

По среднему баллу изученные культуры ранжированы с убыванием значимости по приоритетным показателям от черной смородины (1,57 балла) до сливы (1,14 балла).

Учитывая, что химический состав плодовой и ягодной продукции существенно различается в зависимости от сорта, места и условий выращивания, полученные нами данные могут служить для ориентировочной оценки пи-

щевой ценности продукции, произведенной в условиях отдельной почвенно-климатической зоны промышленного садоводства.

*Макро- и микроэлементы.* При изучении данных показателей (рис. 1 и 2) установлено, что плодовые и ягодные культуры характеризуются сравнительно низким содержанием натрия (0,6–49,2 мг/100 г) по отношению к суточной норме его потребления (1300 мг). Наиболее высокое содержание калия (более 375 мг/100 г) выявлено у сортов абрикоса: Лель, Графиня, Водолей, Ульяновский; вишни: Саратовская малышка, Десертная Морозовой, Лебедянская, Жуковская; крыжовника: Белорусский сахарный, Краснославянский, Машека, Садко, Салют, Сливовый, Черномор; малины: Желтый гигант; сливы: Венгерка заречная, Сувенирная; черной смородины: Голубка, Нара, Перун, Сокровище, Ядреная и красной: Асора, Бьянка и Снежана. Наиболее высокое содержание магния (более 60 мг/100 г) установлено в плодах сортов яблони: Антоновка обыкновенная, Болотовское, Вишневое, Свежесть, Московское ожерелье, Скала, Карповское, Янтарное ожерелье, Благовест, Рождественское, Жигулевское, Старт, Пепин шафранный; вишни – Саратовская малышка; малины: Метеор и Пересвет.

Высоким содержанием железа характеризуются все изученные сорта калины (более 4,0 мг/100 г) и обле-

Таблица 2. Распределение плодовых и ягодных культур по уровню приоритетности веществ в составе продукции

Table 2. Distribution of fruit and berry crops by the level of priority of substances in the composition

Показатель Indicator	Черная смородина Black currant	Земляника Strawberry	Облепиха Sea buckthorn	Жимолость Honeysuckle	Малина Raspberry	Калина Viburnum	Крыжовник Gooseberry	Вишня Cherry	Красная смородина Red currant	Абрикос Apricot	Груша Pear	Яблоко Apple	Слива Plum
Белок/Protein	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Пищевые волокна (ПВ) Dietary fiber (DF)	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
Нерастворимые ПВ Insoluble DF	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Растворимые ПВ Soluble DF	2*	2	2*	1	2	1	2*	1	2*	2	2	2	1
Витамин C/Vitamin C	3	3	3	3	1	3	3	2	3	1	2*	2	1
Витамин B <sub>1</sub> /Vitamin B <sub>1</sub>	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Витамин B <sub>2</sub> /Vitamin B <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Витамин E/Vitamin E	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Витамин PP/Vitamin PP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Na	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K	2*	1	1	1	2*	1	2	2	2*	2	1	1	2*
Ca	1	1	1	1	3*	1	1	1	1	1	1	1	1
Mg	1	1	1	1	2*	1	1	2*	1	1	1	2	1
Fe	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Cu	1	1	1	1	1	3*	1	2*	1	1	1	1	1
Zn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Полифенольные соединения Polyphenolic compounds	3	3	3	2	3	2	3	3	1	3	1	1	2
Флавоноиды/Flavonoids	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1		2
Антоцианины/Anthocyanins	3	3	1	3	3	1	3*	3	3	1	1	1	1
Каротиноиды/Carotenoids		1	3	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1
Гидроксикоричные кислоты Hydroxycinnamic acids	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	3	2	1
<b>Средний балл Average score</b>	1,57	1,52	1,52	1,52	1,52	1,43	1,43	1,43	1,33	1,28	1,19	1,19	1,14

П р и м е ч а н и е. 1 – низкое содержание; 2 – среднее содержание; 3 – высокое содержание; \* – приоритет проявляется по отдельным сортам.

N o t e. 1 – low content; 2 – average content; 3 – high content; the “\*” mark indicates that priority is shown for individual varieties.

пиха Трофимовская (1,8); меди (около 0,15 мг/100 г) – вишня: Превосходная Колесниковой, черная смородина – Багира, облепиха – Ботаническая любительская и крыжовник – Черномор. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов по исследованию минерального состава плодовой и ягодной продукции [7–9].

**Белок.** Среди изученных плодовых и ягодных культур наибольшее содержание белка обнаружено в плодах облепихи сортов Красноплодная (4,71%), Отрадная (3,15%), Воробьевская (2,43%). Семечковые культуры (яблоня и груша) содержат мало белка, в среднем 0,22 и 0,30% соответственно. Содержание белка в плодах косточковых культур (вишня, слива, абрикос) варьирует по сортам от 0,25 до 1,47%. У ягодных культур в сортовом разрезе данный показатель изменяется от 0,25 до 1,67%. Самое низкое среди них содержание выявлено в плодах крыжовника – 0,46% (0,28–0,68), самое высокое в черной смородине – 0,94% (0,61–1,42).

**Углеводный состав.** Обсуждая вопрос о составе и содержании углеводов в плодах и ягодах, необходимо учитывать значение гликемического индекса (GI) исследуемых культур. Это важный с точки зрения диетологии относительный показатель, характеризующий влияние углеводов в пищевых продуктах на изменение уровня глюкозы в крови. Значение GI в существенной степени определяет возможность и целесообразность использования пищевой продукции для детского, лечебного и диетического питания, особенно при нарушениях углеводного обмена [10, 11].

Согласно стандарту ISO 26642:2010 «Продукты пищевые. Определение гликемического индекса (GI) и рекомендации по классификации продуктов питания» различают низкий GI (≤55), средний GI (56–69) и высокий GI (≥70).

Нами предпринята попытка оценить содержание углеводов, в том числе пищевых волокон, сахаров,

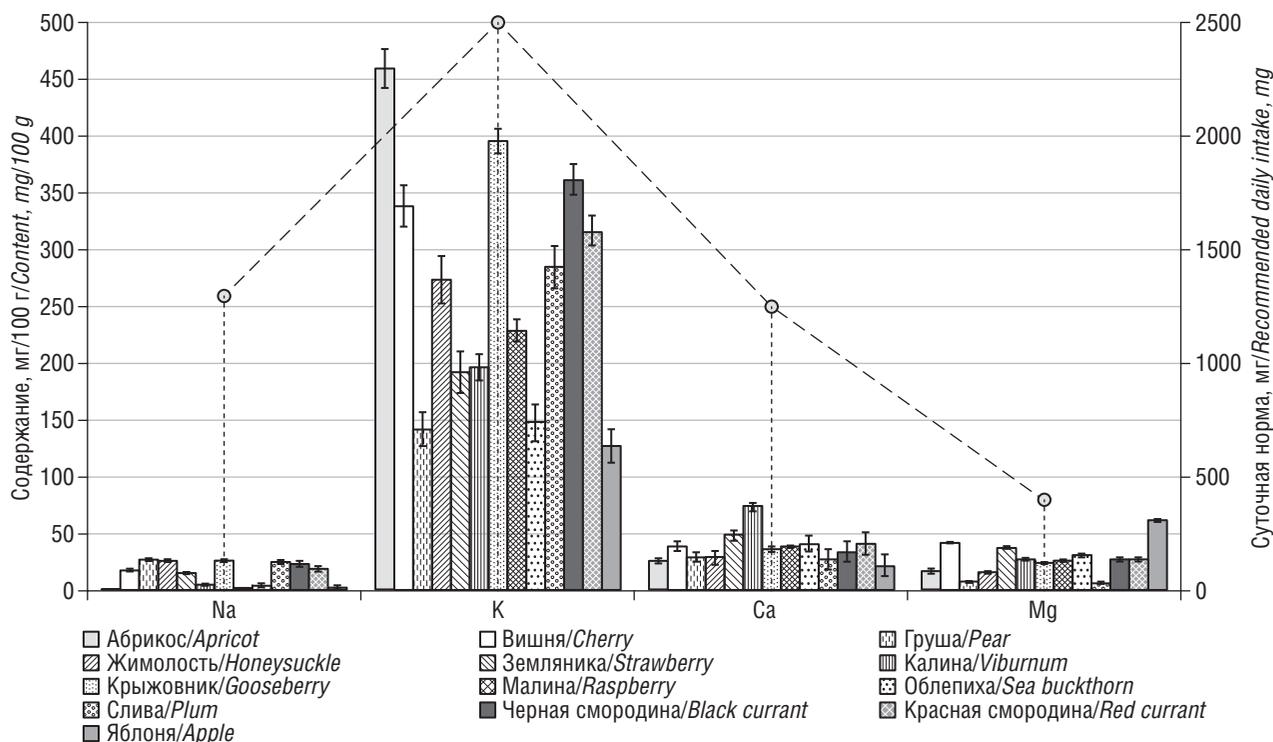


Рис. 1. Обобщенные данные 4-летних исследований по содержанию макроэлементов в плодах и ягодах исследуемых культур [M±m – число единиц наблюдения по каждому показателю (n): 4]. Пунктирной линией обозначено рекомендуемое суточное потребление макроэлемента

Fig. 1. Generalized data from 4-year studies on the content of minerals in fruits and berries of the studied crops [M±m – number of observation units for each indicator (n): 4]. The dotted line indicates the recommended daily intake of the minerals

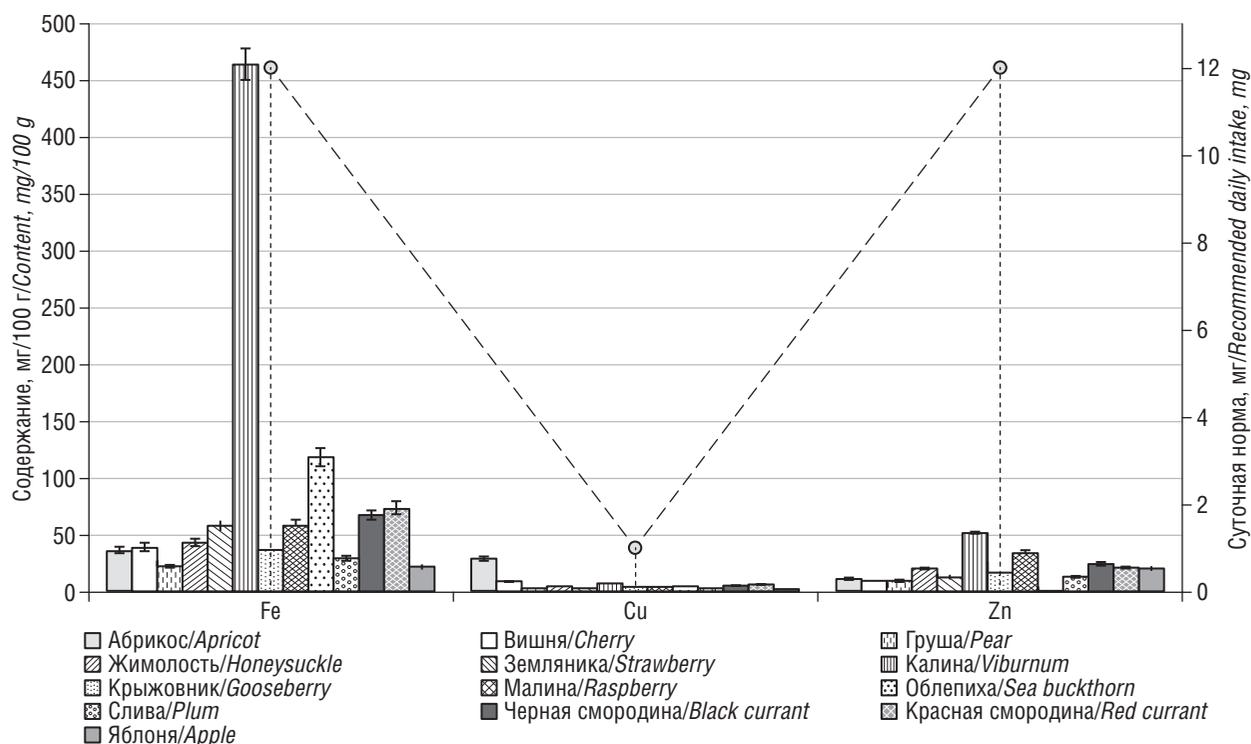


Рис. 2. Обобщенные данные 4-летних исследований по содержанию микроэлементов в плодах и ягодах исследуемых культур [M±m – число единиц наблюдения по каждому показателю (n): 4]. Пунктирной линией обозначено рекомендуемое суточное потребление микроэлемента

Fig. 2. Generalized data of 4-year studies on the content of trace elements in fruits and berries of the studied crops [M±m – number of observation units for each indicator (n): 4]. The dotted line indicates the recommended daily intake of the trace element

и ранжировать исследуемые культуры по уровню GI (glucose = 100) на пригодность для диетического питания. Значения GI плодовой и ягодной продукции приведены согласно данным, собранным Службой сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США. Исследование углеводного состава плодов и ягод проводилось нами в течение 4 лет.

Согласно полученным данным, содержание углеводов варьирует от 5,0 до 12,4 г в 100 г плодовой продукции (рис. 3). GI > 55 характеризуются плоды абрикоса. У земляники садовой, груш, яблок, крыжовника и сливы гликемический индекс не превышает 40, а у малины, смородины красной, облепихи, жимолости, вишни, калины варьирует от 20 до 30. Самым низким GI (15) выделяются плоды черной смородины. В целом, согласно стандарту ISO 26642:2010 «Продукты пищевые. Определение гликемического индекса (GI) и рекомендации по классификации продуктов питания» [12], продукция изученных плодовых и ягодных культур, кроме абрикоса, характеризуется низкой гликемической нагрузкой GI (≤55).

Наибольшее содержание сахаров (>10%) выявлено в плодах яблони сортов Благовест, Болотовское, Былина, Жигулевское, Звездочка, Кандиль Орловский, Карповское, Мартовское, Пепин шафранный, Рождественское, Янтарное ожерелье, Свежесть, Скала, Синап Орловский; груши: Елена, Красавица Черненко, Пава, Феерия, Чудесница.

При анализе соотношения моно- и дисахаридов в плодах установлено, что семечковые культуры (яблоня и груша) содержат больше фруктозы (5,7 и 5,1%), чем косточковые (вишня – 4,0%, слива – 1,4%, абрикос – 0,9%) и ягодные культуры (жимолость – 1,8%, земляника – 2,6%, калина – 0,6%, крыжовник – 1,2%, малина – 2,4%, облепиха – 2,6%, красная смородина – 3,4%, черная смородина – 4,6%).

В плодах сливы и абрикоса выявлено повышенное содержание сахарозы 3,9 и 5,6%, а в плодах жимолости, калины, крыжовника содержание глюкозы в 2–4 раза превышает содержание фруктозы. В ягодах земляники, красной смородины и черной смородины найдено небольшое количество мальтозы – <0,1%. Содержание пищевых волокон в средних значениях по культурам варьирует от 1,1 до 4,6%, в сортовом диапазоне – от 0,8 до 5,9%.

Высоким содержанием пищевых волокон характеризуются плоды облепихи (4,6%), черной смородины (4,3%). Также выявлены источники пищевых волокон (>3 г/100 г), среди которых особенно выделяются изученные сорта малины (кроме сорта Маросейка), красной смородины, черной смородины и облепихи, груши (Первомайская, Новелла, Эсмеральда), крыжовника (Гроссуляр, Сливовый).

Относительно высоким содержанием растворимых пищевых волокон – более 70% от суточной нормы потребления (2 г) – обладают сорта яблони (Болотовское,

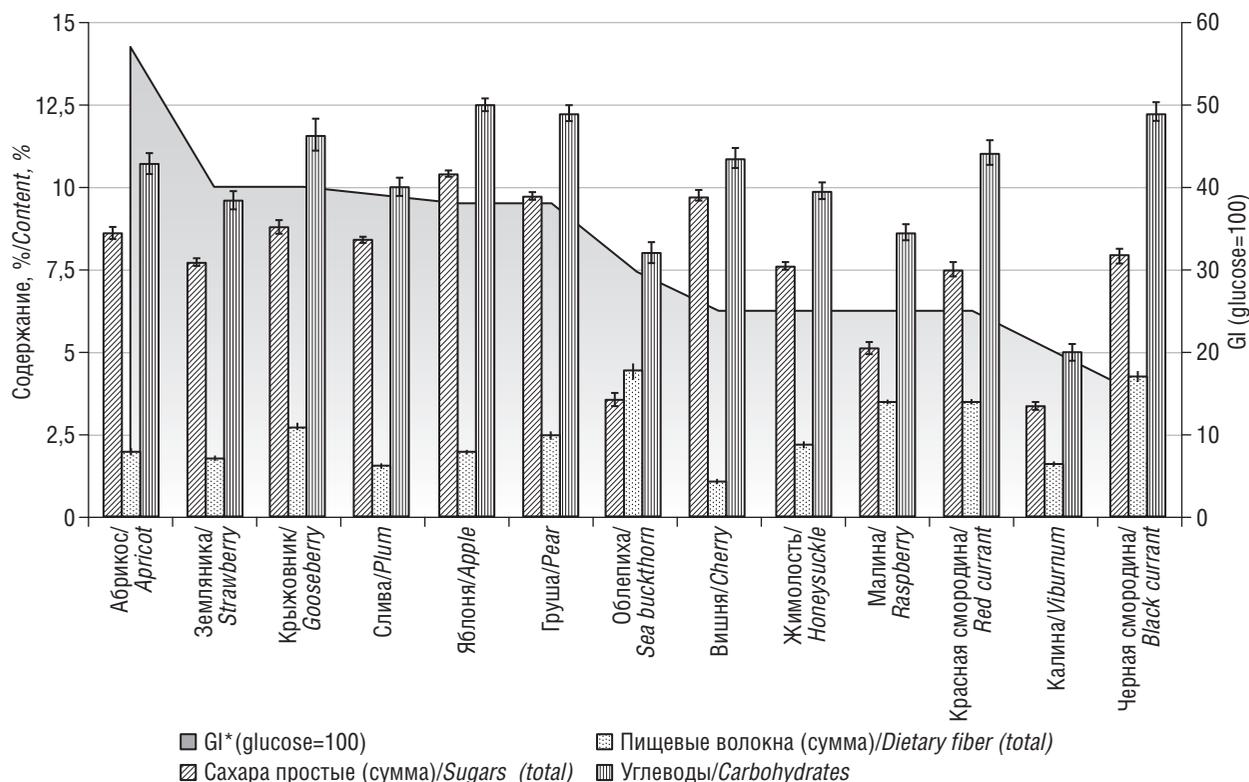


Рис. 3. Обобщенные данные по результатам 4-летних исследований: гликемический индекс (GI) и содержание углеводов в плодах и ягодах

Fig. 3. Generalized data based on the results of 4-year studies: glycemic index (GI) and carbohydrate content in fruits and berries

Звездочка, Лобо, Веньяминовское, Старт, Синап Орловский, Скала, Валюта), груши (все, кроме сортов Аллегро и Лада), ремонтантные сорта малины (Жар-птица, Брянское диво, Рубиновое ожерелье, Польша), облепихи (Красноплодная, Ломоносовская, Отрадная, Самородок, Трофимовская, Ходненская, Янтарная ягода), черной смородины (все, кроме Лабильной и Орловской серенады), красной смородины (Виксне, Асора, Нива, Снежана, Голландская красная) и крыжовника (Гроссуляр, Малахит, Сливовый, Черномор).

*Органические кислоты.* Количество органических кислот в зависимости от культуры и сорта в наших исследованиях варьирует в пределах 0,4–3,5%. Высоким уровнем лимонной кислоты (>2000 мг/100 г) характеризуются плоды сортов черной смородины: Перун, Экзотика, Ядреная, Орловская серенада, Багира, Нара и Голубка; красной смородины: Голландская красная, Бьянка и Снежана. Яблочной кислотой богаты (>1400 мг/100 г) плоды сортов вишни: Комсомолка, Рубиновая, Саратовская малышка, Прима, Превосходная Колесниковой, Харитоновская, Лебедянская, Шоколадница, Тургеневка, Морозовка; крыжовника: Машека, Садко, Серенада, Черномор; облепихи: Ботаническая любительская, Ломоносовская, Ходненская; сливы: Этюд, Венгерка заречная, Грация, Ренклюд Мичуринский, Евразия-21, Светлячок; калины – Шукшинская. Содержание салициловой кислоты в плодах малины варьирует от 11,0 мг/100 г (Пересвет) до 19,2 мг/100 г (Метеор).

*Минорные биологически активные вещества.* Согласно данным литературы [13–15], фрукты и ягоды богаты аскорбиновой кислотой, содержат токоферолы, витамины группы В. Как отмечают авторы исследований, наибольшее содержание аскорбиновой кислоты установлено в сортах черной смородины (150 мг/100 г). В результате проведенных исследований нами установлено, что наиболее высоким содержанием витамина С (в 100 г) обладают плоды черной смородины (171,1 мг), а также сравнительно высокой – облепихи (81 мг), жимолости (40,2 мг), земляники (40,0 мг), красной смородины (35,9 мг), калины (37,6 мг), крыжовника (30,4 мг), малины (27,6 мг), отдельные сорта яблони (более 21,5 мг): Скала, Мартовское. Наибольшим уровнем никотиновой кислоты (0,60 мг/100 г) отличаются плоды сортов малины: Пересвет, Маросейка, Мираж, Патриция и калины: Красный коралл, Таежные рубины, Ульгень, Шукшинская; у остальных содержание не превышало 0,30 мг/100 г. Сравнительно высоким содержанием витамина В<sub>2</sub> (0,06 мг/100 г) характеризуются плоды абрикоса и малины. Наибольшим уровнем витамина Е ( $\alpha$ -токоферола) отличаются плоды облепихи (10,5 мг/100 г), что сильно их выделяет среди других культур.

В многолетних исследованиях показано, что полифенольные соединения оказывают положительный эффект на человеческий организм при профилактике некоторых хронических заболеваний [16], являющихся основными причинами смерти и инвалидности, таких как сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет 2 типа, некоторые виды рака или нейродегенера-

тивных расстройств, таких как болезни Альцгеймера и Паркинсона [17]. В плодовой и ягодной продукции установлены высокие уровни накопления антоцианинов и фенольных кислот [18–21]. Высоким содержанием полифенольных соединений (в пересчете на галловую кислоту) обладают плоды изученных сортов жимолости (736 мг/100 г) и черной смородины: Нара, Маленький принц, Перун (689 мг/100 г). Высоким содержанием флавоноидов характеризуются плоды вишни (214 мг/100 г), жимолости (250 мг/100 г), черной смородины (241 мг/100 г), калины (296 мг/100 г). В плодах отдельных сортов малины: Мираж, Патриция, Желтый гигант, Рубиновое ожерелье, – отмечено высокое содержание пицеида (1,3–3,1 мг/100 г); у сортов Рубиновое ожерелье, Жар-птица, Золотая осень, Скромница и Желтый гигант – ресвератрола (0,4–0,9 мг/100 г), флавоноидов, собственных плодам винограда [22]. Наибольшим уровнем антоцианинов характеризуются плоды сортов жимолости Гжелка, Камчадалка, Герда (>300 мг/100 г) и черной смородины Экзотика и Перун (>150 мг/100 г). Высокое содержание каротиноидов (в пересчете на  $\beta$ -каротин) выявлено в плодах сортов облепихи Великан, Ломоносовская, Трофимовская (>15 мг/100 г). В результате проведенных исследований выявлены источники гидроксикоричных кислот среди плодовых и ягодных культур. Наиболее высоким уровнем их содержания характеризуются плоды сортов земляники Урожайная ЦГЛ, Праздничная, Ред Гонтлет, Привлекательная и Фейерверк (>25 мг/100 г), груши Ника, Северянка краснощекая, Яковлевская (около 10 мг/100 г) и яблони Пепин шафранный, Янтарное ожерелье (>10 мг/100 г).

Оценивая экспериментальные данные по химическому составу плодов и ягод всей совокупности сортов изученных культур, приведем процентное соотношение этих сортов, распределенных в соответствии со шкалой селекционных приоритетов в границах низкого, среднего и высокого содержания пищевых и БАВ (рис. 4).

Установлено, что большинство изученных сортов характеризуется высоким содержанием органических кислот (лимонной и яблочной). Более 45% сортов обладает высоким содержанием витамина С. Высокое содержание полифенольных соединений характерно для более половины изученных сортов, а 1/4 являются их источниками. Высокое содержание антоцианинов выявлено у 45,8% сортов, флавоноидов и гидроксикоричных кислот – примерно у 25% сортов и лишь 2,9% сортов богаты железом. Источниками растворимых пищевых волокон являются 62% сортов, флавоноидов – примерно половина, калия – 13%, магния – 5,8% сортов и меди – 2,9%.

Таким образом, выделены комплексные источники и сорта с высоким содержанием незаменимых пищевых и БАВ для потребления в свежем виде и конструирования специализированных пищевых продуктов: плоды яблони (Пепин шафранный, Скала, Жигулевское); груши (Северянка краснощекая, Яковлевская, Эсмеральда); вишни (Саратовская малышка, Лебедянская); абрикоса (Погремок, Лель); земляники садовой (Дукат, Привлекательная, Праздничная); черной смородины (Перун,

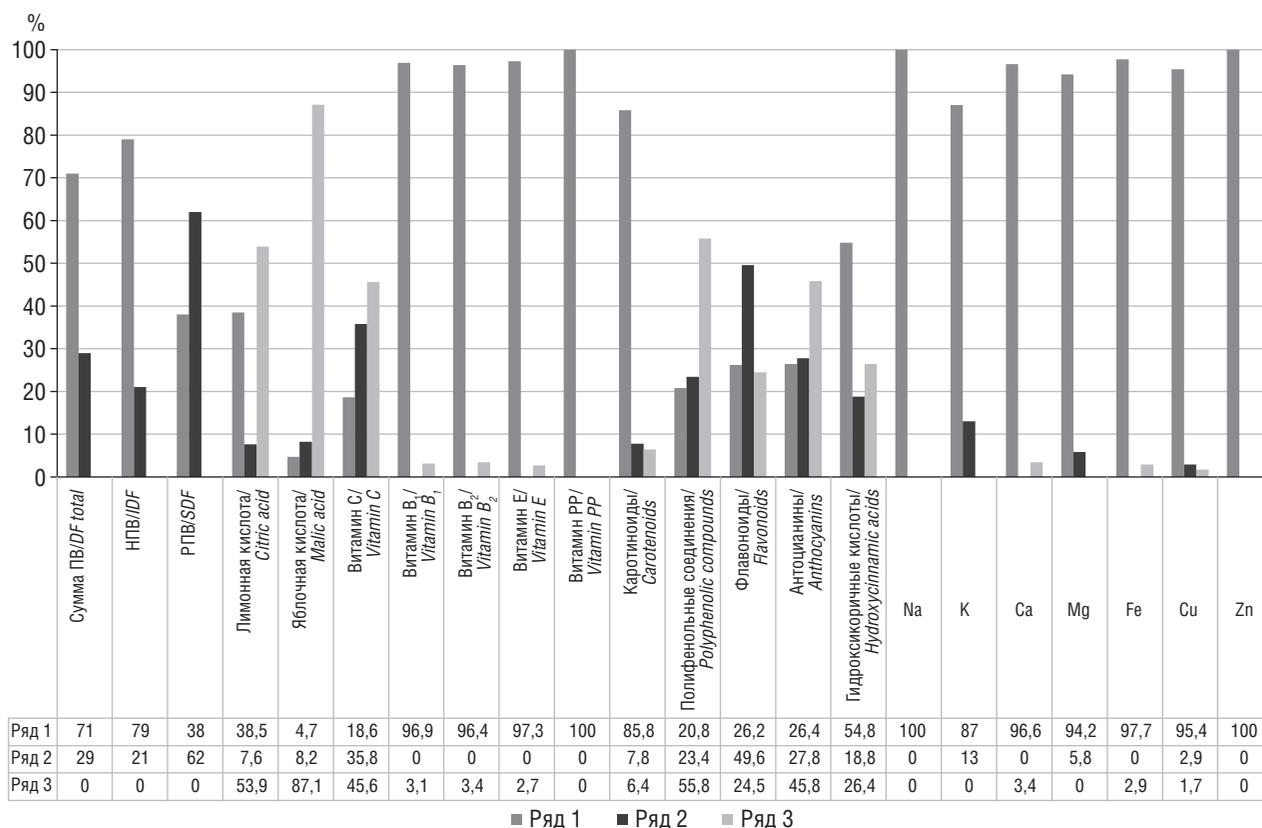


Рис. 4. Соотношение сортов с низким, средним и высоким содержанием в плодах пищевых и биологически активных веществ

Ряд 1 – низкое содержание (1 балл); ряд 2 – среднее содержание (2 балла); ряд 3 – высокое содержание (3 балла).

Fig. 4. Percentage of varieties with low, medium and high content of food and biologically active substances in fruits

Row 1 – low content (1 point); Row 2 – average content (2 points); Row 3 – high content (3 points).

Ядреная); красной смородины (Виксне); малины (Мираж, Жар-птица); крыжовника (Машека, Сливовый); жимолости (Герда, Гжелка); калины (Соузга, Искушение); облепихи (Красноплодная, Трофимовская).

Дальнейшие научные исследования на данную тему будут посвящены использованию предложенной в качестве селекционных приоритетов оценки химического состава плодов и ягод и выделенных комплексных источников для формирования уникальных пищевых матриц и подбора технологических процессов при создании линейки специализированных пищевых продуктов.

## Выводы

1. Впервые предложена в качестве селекционного приоритета для создания продукции специализированного диетического профилактического и диетического

лечебного питания оценка химического состава плодов и ягод с позиции наличия и уровня содержания в них макро- и микронутриентов и БАВ – сахаров, пищевых волокон, органических кислот, витаминов, каротиноидов, минеральных веществ, полифенольных соединений, в том числе флавоноидов, стильбенов (пицеида и ресвератрола), антоцианинов, гидроксикоричных кислот.

2. На основании детального исследования содержания макро- и микронутриентов определены важнейшие их источники из плодов и ягод – сорта яблоны (Пепин шафранный, Скала, Жигулевское); груши (Северянка красносочекая, Яковлевская, Эсмеральда); вишни (Саратовская малышка, Лебедянская); абрикоса (Погремок, Лель); земляники садовой (Дукат, Привлекательная, Праздничная); черной смородины (Перун, Ядреная); красной смородины (Виксне); малины (Мираж, Жар-птица); крыжовника (Машека, Сливовый); жимолости (Герда, Гжелка); калины (Соузга, Искушение); облепихи (Красноплодная, Трофимовская).

## Литература

1. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Хотимченко С.А. Нормативная база оценки качества и безопасности пищи // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2017. № 2. С. 74–120.
2. Papadaki A., Sánchez-Tainta A. Fruits and vegetables // The Prevention of Cardiovascular Disease through the Mediterranean Diet / eds A. Sanchez-Villegas, A. Sanchez-Tainta. London : Academic

- Press, 2018. P. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811259-5.00006-8>
3. Dickerson R.N. Metabolic support challenges with obesity during critical illness // *Nutrition*. 2019. Vol. 57. P. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.05.008>
  4. Sarkar P., Thirumurugan K. Modulatory functions of bioactive fruits, vegetables and spices in adipogenesis and angiogenesis // *J. Funct. Foods*. 2019. Vol. 53. P. 318–336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.036>
  5. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 4. С. 220–232. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
  6. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.
  7. Cosmulescu S., Trandafir I., Nour V., Botu M. Variation in minerals of skin and pulp of different cultivars of plum // *Acta Horticulturae*. 2017. Vol. 1175. P. 93–98. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1175.17>
  8. Savikin K., Zivković J., Zdunić G., Godevac D., Dordević N. Phenolic and mineral profiles of four Balkan indigenous apple cultivars monitored at two different maturity stages // *J. Food Compos. Anal.* 2014. Vol. 35, N 2. P. 101–111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.05.004>
  9. De Souza V.R., Pereira P.A.P., da Silva T.L.T., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits // *Food Chem.* 2014. Vol. 156. P. 362–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>
  10. Foster-Powell K., Holt S.H., Brand-Miller J.C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002 // *Am. J. Clin. Nutr.* 2020. Vol. 76, N 1. P. 5–56. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
  11. Atkinson F.S., Foster-Powell K., Brand-Miller J.C. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008 // *Diabetes Care*. 2008. Vol. 31, N 12. P. 2281–2283. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc08-1239>
  12. ISO 26642:2010 Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification.
  13. Hakala M., Lapveteläinen A., Huopalahti R., Kallio H., Tahvonon R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries // *J. Food Compos. Anal.* 2003. Vol. 16. P. 67–80. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(02\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(02)00165-5)
  14. Skupien K., Oszmianski J. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria ananassa* Duch) grown in Northwest Poland // *Eur. Food Res. Technol.* 2004. Vol. 219. P. 66–70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0918-1>
  15. Pantelidis G.A., Vasilakakis M., Manganaris G.A., Diamantidis G.R. Antioxidant capacity phenol anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants gooseberries, and cornelian cherries // *Food Chem.* 2007. Vol. 102. P. 777–783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>
  16. Сидорова Ю.С., Шипелин В.А., Петров Н.А., Фролова Ю.В., Кочеткова А.А., Мазо В.К. Экспериментальная оценка *in vivo* гипогликемических свойств функционального пищевого ингредиента -полифенольной пищевой матрицы // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87. № 4S. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10036>
  17. Wang X., Ouyang Y., Liu J., Zhu M., Zhao G., Bao W. et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies // *BMJ*. 2014. Vol. 349. P. 44–90. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.g4490>
  18. Łysiak G.P., Michalska A., Wojdyło A. Postharvest changes in phenolic compounds and antioxidant capacity of apples cv. Jonagold growing in different locations in Europe // *Food Chem.* 2020. Vol. 310. Article ID 125912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125912>
  19. Van de Velde F., Esposito D., Grace M.H., Pirovani M.E., Lila M.A. Anti-inflammatory and wound healing properties of polyphenolic extracts from strawberry and blackberry fruits // *Food Res. Int.* 2019. Vol. 121. P. 453–462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.059>
  20. Cervantes L., Martínez-Ferri E., Soria C., Ariza M.T. Bioavailability of phenolic compounds in strawberry, raspberry and blueberry: insights for breeding programs // *Food Biosci.* 2020. Vol. 37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100680>
  21. Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L., Mišurcová L. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits // *Food Chem.* 2019. Vol. 284. P. 323–333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.072>
  22. Martins V., Garcia A., Alinho A.T., Costa P., Lanceros-Méndez S., Costa M.M.R. et al. Vineyard calcium sprays induce changes in grape berry skin, firmness, cell wall composition and expression of cell wall-related genes // *Plant Physiol. Biochem.* 2020. Vol. 150. P. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.033>

## References

1. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Khotimchenko S.A. Normative base of food quality and safety assessment. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017; (2): 74–120. (in Russian)
2. Papadaki A., Sánchez-Tainta A. Fruits and vegetables. In: A. Sanchez-Villegas, A. Sanchez-Tainta (eds). *The Prevention of Cardiovascular Disease through the Mediterranean Diet*. London: Academic Press, 2018: 101–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811259-5.00006-8>
3. Dickerson R.N. Metabolic support challenges with obesity during critical illness. *Nutrition*. 2019; 57: 24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.05.008>
4. Sarkar P., Thirumurugan K. Modulatory functions of bioactive fruits, vegetables and spices in adipogenesis and angiogenesis. *J Funct Foods*. 2019; 53: 318–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.036>
5. Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., et al. Biological value of fruits and berries of Russian production. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 220–32. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055> (in Russian)
6. Norms of physiological needs in energy and food substances for various groups of the population of the Russian Federation: Methodological recommendations of Rospotrebnadzor MR 2.3.1.2432-08 of 18.12.2008. (in Russian)
7. Cosmulescu S., Trandafir I., Nour V., Botu M. Variation in minerals of skin and pulp of different cultivars of plum. *Acta Horticulturae*. 2017; 1175: 93–8. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1175.17>
8. Savikin K., Zivković J., Zdunić G., Godevac D., Dordević N. Phenolic and mineral profiles of four Balkan indigenous apple cultivars monitored at two different maturity stages. *J Food Compos Anal.* 2014; 35 (2): 101–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.05.004>
9. De Souza V.R., Pereira P.A.P., da Silva T.L.T., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian black-

- berry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chem.* 2014; 156: 362–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>
10. Foster-Powell K., Holt S.H., Brand-Miller J.C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr.* 2020; 76 (1): 5–56. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
  11. Atkinson F.S., Foster-Powell K., Brand-Miller J.C. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008. *Diabetes Care.* 2008; 31 (12): 2281–3. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc08-1239>
  12. ISO 26642:2010 Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification.
  13. Hakala M., Lapveteläinen A., Huopalahti R., Kallio H., Tahvonon R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *J Food Compos Anal.* 2003; 16: 67–80. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(02\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(02)00165-5)
  14. Skupien K., Oszmianski J. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria ananassa* Duch) grown in Northwest Poland. *Eur Food Res Technol.* 2004; 219: 66–70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0918-1>
  15. Pantelidis G.A., Vasilakakis M., Manganaris G.A., Diamantidis G.R. Antioxidant capacity phenol anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants gooseberries, and cornelian cherries. *Food Chem.* 2007; 102: 777–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>
  16. Sidorova Yu.S., Shipelin V.A., Petrov N.A., Frolova Yu.V., Kochetkova A.A., Mazo V.K. The experimental evaluation in vivo of hypoglycemic properties of functional food ingredient – polyphenolic food matrix. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (4S): 5–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10036> (in Russian)
  17. Wang X., Ouyang Y., Liu J., Zhu M., Zhao G., Bao W., et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ.* 2014; 349: 44–90. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.g4490>
  18. Łysiak G.P., Michalska A., Wojdyło A. Postharvest changes in phenolic compounds and antioxidant capacity of apples cv. Jonagold growing in different locations in Europe. *Food Chem.* 2020; 310: 125912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125912>
  19. Van de Velde F., Esposito D., Grace M.H., Pirovani M.E., Lila M.A. Anti-inflammatory and wound healing properties of polyphenolic extracts from strawberry and blackberry fruits. *Food Res Int.* 2019; 121: 453–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.059>
  20. Cervantes L., Martínez-Ferri E., Soria C., Ariza M.T. Bio-availability of phenolic compounds in strawberry, raspberry and blueberry: insights for breeding programs. *Food Biosci.* 2020; 37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100680>
  21. Orsavová J., Hlaváčková I., Mlček J., Snopek L., Mišurcová L. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits. *Food Chem.* 2019; 284: 323–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.072>
  22. Martins V., Garcia A., Alhinho A.T., Costa P., Lanceros-Méndez S., Costa M.M.R., et al. Vineyard calcium sprays induce changes in grape berry skin, firmness, cell wall composition and expression of cell wall-related genes. *Plant Physiol Biochem.* 2020; 150: 49–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.033>

**Для корреспонденции**

Эллер Константин Исаакович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией метаболического и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»  
Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
Телефон: (495) 698-54-07  
E-mail: ellki42@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

Эллер К.И., Перова И.Б.

## Тенденции развития аналитических методов определения качества и подлинности пищевых продуктов

Trends in the development of analytical methods for determination of the quality and authenticity of foodstuffs

Eller K.I., Perova I.B.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация  
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

*В обзоре представлены некоторые результаты исследований, проведенных в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», по разработке и применению современных химико-аналитических методик определения показателей качества, пищевой и биологической ценности пищевых продуктов. Особое внимание уделено методическим подходам к определению биологически активных веществ растительного происхождения, определению критериев подлинности и методикам выявления фальсификации пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище. Показано практическое применение современных аналитических методик (капиллярная газожидкостная хроматография, капиллярный электрофорез, высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим и ультрафиолетовым детектором на диодной матрице и др.), сочетающих высокоэффективное и селективное разделение и детектирование для идентификации, а также качественного и количественного определения компонентов сложного матрикса пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище.*

**Ключевые слова:** аналитическая химия, биологически активные вещества, биологически активная добавка, БАД к пище, подлинность, фальсификация пищевых продуктов, газожидкостная хроматография, ГЖХ, высокоэффективная жидкостная хроматография, ВЭЖХ, масс-спектрометрия

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Эллер К.И., Перова И.Б. Тенденции развития аналитических методов определения качества и подлинности пищевых продуктов // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 255–261. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10059

**Статья поступила в редакцию** 20.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out within the framework of the state task.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Eller K.I., Perova I.B. Trends in the development of analytical methods for determination of the quality and authenticity of foodstuffs. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 255–61. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10059 (in Russian)

**Received** 20.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

*The review presents several results of investigations carried out at the Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety on the development and application of modern chemical-analytical methods for determining the quality indicators, nutritional and biological value of foodstuffs. Particular attention is paid to methodological approaches to the determination of biologically active substances of dietary supplements of plant origin, to the definition of criteria for authenticity and methods to disclose falsification of food and dietary supplements. The practical application of modern analytical techniques (capillary GLC, capillary electrophoresis, HPLC with a mass spectrometric detection, UV/VIS diode-array detection, etc.), combining high efficiency and selective separation and detection for identification and qualitative and quantitative determination of components in complex matrix of foodstuffs and dietary supplements is shown.*

**Keywords:** analytical chemistry, biologically active substances, dietary supplements, authenticity, falsification of foodstuffs, GLC, HPLC, mass spectrometry

Основной задачей аналитической химии пищевых продуктов традиционно было обеспечение их безопасности для потребителя. Вопросы безопасности остаются актуальными в связи с растущим загрязнением окружающей среды, широким применением в сельском хозяйстве пестицидов, химических удобрений, антибиотиков, ветеринарных лекарств, в пищевой промышленности – пищевых добавок и технологических вспомогательных средств. Кроме проблем безопасности не менее важны для потребителей вопросы качества, пищевой и биологической ценности пищевых продуктов. В настоящее время отмечается также растущий интерес к питанию как одному из основных факторов здорового образа жизни. Это расширяет круг задач пищевой аналитической химии с целью определения целого спектра минорных биологически активных веществ (БАВ) пищи в обогащенных продуктах, функциональных ингредиентах, нутрицевтиках и биологически активных добавках (БАД) к пище. Производство и реализация фальсифицированной продукции наряду с намеренным введением потребителя в заблуждение относительно свойств и происхождения продуктов может наносить прямой ущерб здоровью населения и способствует недобросовестной конкуренции на продовольственном рынке. Кроме того, в последнее время становится все более актуальной проблема ложной или вводящей в заблуждение маркировки пищевых продуктов. Неправильные и необоснованные заявления изготовителей при этикетировании продукции могут касаться существенных характеристик, пищевой ценности, т.е. непосредственно затрагивать сферу безопасности и законных прав потребителей. Это обусловило необходимость разработки соответствующих методик выявления фальсификации.

В последние 20 лет постоянно расширяются и совершенствуются различные методические подходы к анализу пищевых продуктов. Эти методы включают спектроскопические, такие как спектрофотометрия в ультрафиолетовой (УФ) и видимой областях, спектрофлуориметрия, масс-спектрометрия (МС), ядерный магнитный резонанс, инфракрасная спектрометрия, атомная адсорбционная спектроскопия, атомно-эмис-

сионная спектроскопия. Расширилось применение биологических методов, таких как полимеразная цепная реакция, иммуноферментные (ELISA), энзиматические методы и биосенсоры. Существенное развитие получили различные виды разделения, такие как высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), капиллярная газовая и газожидкостная хроматография (ГХ и ГЖХ), капиллярный электрофорез, суперкритическая флюидная хроматография. Существенно расширилось применение более экономичных, менее трудозатратных методов пробоподготовки, таких как твердофазная экстракция, экстракции жидкости под давлением и с помощью микроволнового излучения, применение аффинных сорбентов.

В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» постоянно проводятся систематические исследования по разработке и внедрению в практику лабораторий надзорных органов современных методик по определению безопасности, качества и подлинности пищевых продуктов [1–4]. Некоторые примеры исследований по разработке и применению современных аналитико-химических подходов для оценки качества и подлинности различных групп пищевых продуктов приведены ниже.

### Жиры, масла

Применение современных аналитических методов контроля значительно расширило возможности достоверного подтверждения качества, оценки пищевой ценности и выявления фальсификации жиров, масел и продуктов на их основе. Важными гигиеническими характеристиками качества жировых продуктов наряду с общими показателями безопасности и качества, предусмотренными требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и Технического регламента ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», являются концентрация и состав жирных кислот, стеролов и жирорастворимых витаминов. Эти показатели не только характеризуют пищевую ценность, но и служат критериями подлинности и выявления фаль-

сификации. В последние годы существенно обновлена методическая база, позволяющая исследовать жиры и масла по этим показателям (табл. 1) [3, 5–7].

Пищевая ценность и натуральность растительных масел, животных жиров, а также комбинированных жировых продуктов могут быть оценены по соответствию их жирнокислотного и стероинового состава показателям, приведенным в международном стандарте Кодекса Алиментариус «Растительные жиры, масла и производные продукты» (Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты [8]).

Эти методики позволяют определить также наличие недеklarированных гидрогенизированных масел по содержанию транс-изомеров ненасыщенных жирных кислот, оценивать подлинность нетрадиционных и дорогостоящих растительных масел повышенной пищевой ценности. В качестве примеров можно привести установление подлинности масла семян граната, где до 85% составляет уникальная  $\omega$ -5 линоленовая (пуниковая) кислота, и натуральности масла кедрового ореха по наличию 5,9,12-октадекатриеновой (пиноленовой) кислоты. Важным применением является также возможность качественной и количественной оценки в рыбных жирах полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega$ -3. В связи с растущим производством функциональных и обогащенных жировыми компонентами продуктов повышенной пищевой ценности приобретает особое значение применение современных методик анализа для качественного и количественного определения с помощью ГЖХ- и ВЭЖХ-методик состава фитостероинов ( $\beta$ -ситостерина, кампестерина, стигмастерина и др.). Анализ стероидной фракции успешно применяется также для выявления недеklarированного добавления растительного масла в молочный жир, например в сливочное масло, сгущенное молоко, сметану, сыры и другие жировые продукты животного происхождения. Сотрудники ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» продолжают исследования по оценке качества, выявлению фальсификаций и оценке безопасности масложировых продуктов и жировых пищевых ингредиентов.

В настоящее время продолжают начатые в 2015 г. исследования токсичности индивидуальных продуктов вторичного окисления, разработаны методы выявления добавления заменителей молочного жира в молочных

продуктах. В результате разработки, проведенной с использованием методов хромато-масс-спектрометрии, внедрен в практику работы Роспотребнадзора метод определения глицидиловых эфиров и монохлорпропандиола [7].

## Соковая продукция

В последнюю декаду существенно обновлен набор аналитических методик для оценки качества и выявления возможной фальсификации соковой продукции. Российским союзом производителей соков (РСПС) и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» подготовлено российское издание «Свод правил для оценки качества фруктовых и овощных соков АИЖН (Европейская ассоциация производителей фруктовых соков)» [9]. В сборнике приведены 27 полных справочных руководств для основных фруктовых, ягодных и овощных соков. В каждом руководстве приведены такие специфические для данного сока параметры, как содержание сухих веществ (Brix), профиль углеводов, органических кислот, профиль антоцианиновых пигментов для красных и фиолетовых соков, состав минеральных веществ, свободных аминокислот, изотопные соотношения. Для методического обеспечения контроля данных показателей ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» совместно с РСПС разработаны соответствующие ГОСТы (табл. 2).

РСПС при сотрудничестве с ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведено исследование соковой продукции, представленной на российском рынке, с целью получения актуальной информации о ее химическом составе. На основании полученных результатов в совокупности с данными справочников подготовлено издание «Нутриентные профили соков» [10], где приведены нутриентные профили 10 наиболее популярных видов соков: яблочного, апельсинового, томатного, грейпфрутового, ананасового, виноградного, вишневого, персикового, гранатового, морковного. С 2017 по 2020 г. в журнале «Вопросы питания» вышла серия публикаций, посвященных нутриентным профилям этих видов соков [11–20]. Отдельно следует остановиться на важности состава антоцианиновых пигментов, присутствующих в красных и фиолетовых ягодных соках. Для комплексного исследования антоцианинов в соковой продукции

**Таблица 1.** Государственные стандарты на определение жирных кислот и стероидов в пищевых продуктах

**Table 1.** State Standards for the determination of fatty acids and sterols in foods

Номер ГОСТа <i>The number of the State Standard</i>	Название ГОСТа <i>The title of the State Standard</i>
ГОСТ 31665-2012 <i>GOST 31665-2012</i>	Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот <i>Vegetable oils and animal fats. Preparation of methyl esters of fatty acids</i>
ГОСТ 31663-2012 <i>GOST 31663-2012</i>	Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот <i>Vegetable oils and animal fats. Determination of methyl esters of fatty acids by gaz chromatography method</i>
ГОСТ 31979-2012 <i>GOST 31979-2012</i>	Молоко и молочные продукты. Метод обнаружения растительных жиров в жировой фазе газо-жидкостной хроматографией стероидов <i>Milk and milk products. Detection method of vegetable fat in lipid phase by gas-liquid chromatography of sterols</i>

Таблица 2. Государственные стандарты на определение показателей в соковой продукции

Table 2. State Standards for the determination of indicators in juice products

Номер ГОСТа <i>The number of the State Standard</i>	Название ГОСТа <i>The title of the State Standard</i>
ГОСТ Р 54742-2011 <i>GOST R 54742-2011</i>	Продукция соковая. Определение нарингина и неогесперидина в апельсиновом соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of naringin and neohesperidin in orange juice by high-performance liquid chromatography</i>
ГОСТ Р 54744-2011 <i>GOST R 54744-2011</i>	Продукция соковая. Определение хинной, яблочной и лимонной кислот в продуктах из клюквы и яблок методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of quinic, malic and citric acids in products from cranberry and apples by high-performance liquid chromatography</i>
ГОСТ 31643-2012 <i>GOST 31643-2012</i>	Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of ascorbic acid by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method</i>
ГОСТ 31644-2012 <i>GOST 31644-2012</i>	Продукция соковая. Определение 5-гидроксиметилфурфурола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method</i>
ГОСТ 31669-2012 <i>GOST 31669-2012</i>	Продукция соковая. Определение сахарозы, глюкозы, фруктозы и сорбита методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of sucrose, glucose, fructose and sorbite by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)</i>
ГОСТ 32709-2014 <i>GOST 32709-2014</i>	Продукция соковая. Методы определения антоцианинов <i>Juice products. Methods for determination of Anthocyanins</i>
ГОСТ 32771-2014 <i>GOST 32771-2014</i>	Продукция соковая. Определение органических кислот методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Juice products. Determination of organic acids by reversed-phase High Performance Liquid Chromatography (HPLC)</i>
ГОСТ 33277-2015 <i>GOST 33277-2015</i>	Продукция соковая. Определение массовой концентрации каротиноидов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии <i>Determination of carotenoids by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)</i>

при участии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» был разработан ГОСТ 32709-2014 «Продукция соковая. Методы определения антоцианинов». В основе суммарного определения содержания антоцианинов с помощью рН-дифференциальной спектрофотометрии лежит специфическое для антоцианинов изменение поглощения в зависимости от рН раствора. В кислой среде (рН 1,0) антоцианины находятся в форме катиона флавилия, имеющего интенсивную красную окраску; при рН 4,5 антоцианины превращаются в форму бесцветного карбинола. Специфичность методики позволяет не только оценить реальную концентрацию мономерных антоцианинов в соковой продукции, но и выявить недекларированное добавление синтетических красных и синих красителей, которые не изменяют своей окраски при изменении рН. Для того чтобы выявить фальсификацию дешевым антоцианин-содержащим сырьем (экстракты бузины, черной моркови, гибискуса), а также путем недекларированного добавления другого ягодного сырья, в ГОСТе предусмотрена методика определения специфического для каждого окрашенных ягод и фруктов профиля индивидуальных антоцианинов с помощью ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектированием в видимой области при длинах волн от 500 до 530 нм.

### Определение биологически активных веществ

Применение современного аппарата аналитической химии: капиллярная ГЖХ, ГЖХ-времяпролетная-МС

и ГЖХ-МС/МС, ВЭЖХ с диодно-матричным УФ-видимым спектрофотометрическим детектором (ДМД), рефрактометрическим, флуориметрическим и МС-детекторами, капиллярный электрофорез с ДМД, – позволило существенно расширить список исследуемых минорных БАВ и получить принципиально новые данные как о качественном и количественном составе БАВ, так и об их новых растительных источниках. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» разработан и адаптирован целый ряд ВЭЖХ-методик для идентификации и количественной оценки биологически активных компонентов, определяющих пищевую ценность и/или фармакологический эффект, а также являющихся индикаторными веществами БАД к пище, критериями их подлинности и стандартизации. Полученные с помощью современных аналитических методик данные необходимы для оценки уровня потребления БАВ, для определения качества и подлинности исходного сырья и готовой продукции, для стандартизации готовой продукции, для поиска новых растительных источников БАВ и их химико-таксономической классификации. На основании анализа наиболее актуальных растительных объектов (растительные сборы, фиточаи, БАД к пище на растительной основе) и оценки в них индикаторных биологически активных фитингредиентов разработаны или адаптированы оптимальные условия экстракции, очистки, хроматографического разделения и селективного спектрофотометрического и МС-детектирования. По результатам подготовлен сборник [4], включающий 51 методику определения минорных БАВ, относящихся

к разным группам: флавоноиды (флаванолы, флавоны, халконы, флаваноны, катехины, флаволигнаны, антоцианины), полифенольные соединения нефлавоноидной природы (гидроксикоричные кислоты, простые фенолы, фенолокислоты, фенолоспирты, стильбеноиды, ксантоны), проантоцианидины, индольные и пуриновые алкалоиды, элеутерозиды элеутерококка и панаксозиды женьшеня, схизандрин лимонника и др. Ряд методик сборника переведен в соответствующие межгосударственные стандарты, например, по определению проантоцианидинов (ГОСТ 32623-2019 «Продукция пищевая специализированная, биологически активные добавки к пище. Метод определения проантоцианидинов») и кверцетина (ГОСТ Р 57990-2017 «Продукция пищевая специализированная, биологически активные добавки к пище. Метод определения кверцетина»), эта работа продолжается в настоящее время.

Разработанные в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» аналитические подходы используются для выявления все чаще встречающейся в последнее время фальсификации БАД к пище и ингредиентов для различных формул специализированных диет для лиц, контролирующих массу тела. Одним из наиболее распространенных видов фальсификации является добавление синтетических ингибиторов фосфодиэстеразы 5-го типа (иФДЭ-5) в БАД к пище для мужчин с целью повышения эффективности продукта. Обычно такие БАД к пище содержат экстракты растений, витамины, микроэлементы. По результатам исследований наряду с перечисленными компонентами в составе таких БАД к пище были обнаружены недеklarированные фармацевтические субстанции из группы синтетических иФДЭ-5 и/или их структурные аналоги. Нелегальное включение синтетических иФДЭ-5 в состав БАД к пище может привести к развитию серьезных побочных эффектов и представляет значительную угрозу для здоровья потребителей. В целях защиты здоровья населения и обеспечения качества и безопасности БАД к пище для мужчин в 2015 г. Роспотребнадзор начал мониторинг возможных случаев фальсификации синтетическими иФДЭ-5. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» была разработана и метрологически аттестована методика измерений массовой доли синтетических иФДЭ-5 (тадалафила, варденафила и силденафила) в многокомпонентном матрице БАД к пище методом ВЭЖХ с УФ-спектрофотометрическим МС-детектированием [21]. С помощью разработанной методики было проана-

лизировано более 200 БАД к пище для мужчин [22]. Проведенные исследования показали, что 26% БАД к пище для мужчин содержат недеklarированные синтетические иФДЭ-5, по результатам мониторинга БАД указанного типа были сняты с реализации. При государственной регистрации новых БАД к пище проводится их обязательная проверка на содержание недеklarированных синтетических иФДЭ.

В последние годы другой актуальной проблемой, связанной с фальсификацией БАД к пище, стало недеklarированное добавление сибутрамина в БАД к пище для похудения с целью повышения эффективности продукта. Сибутрамин представляет собой высокоэффективный анорексигенный лекарственный препарат, применяемый для лечения алиментарного ожирения, коррекции массы тела у пациентов с дислипотеинемией и сахарным диабетом 2 типа. Прием сибутрамина может вызывать многочисленные побочные эффекты: повышение систолического и/или диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений, головные боли, расстройства желудочно-кишечного тракта, возможно появление судорог и острого психоза. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» была разработана и метрологически аттестована методика определения сибутрамина в БАД к пище методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с УФ- и МС-детектированием [23]. По разработанной методике проанализировано порядка 100 БАД к пище для похудения, в некоторых был обнаружен сибутрамин.

Приведенные в настоящем обзоре отдельные примеры проводимых в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» химико-аналитических исследований пищевых продуктов показывают основные тенденции в развитии аналитической пищевой химии:

- широкое развитие методов, обеспечивающих наряду с показателями безопасности определение показателей, характеризующих пищевую и биологическую ценность продуктов;
- разработка и внедрение методических подходов к определению подлинности и выявлению фальсификации пищевых продуктов, включая БАД к пище и специализированные пищевые продукты;
- развитие методической базы аналитической химии пищевой продукции за счет внедрения современных инструментальных методик, таких как капиллярная ГЖХ и ВЭЖХ с МС-детекторами, капиллярного электрофореза, иммуноферментных (ELISA) и изотопных методов анализа.

### Сведения об авторах

*Эллер Константин Исаакович (Konstantin I. Eller)* – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)  
E-mail: ellki42@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

*Перова Ирина Борисовна (Irina B. Perova)* – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Литература

1. Эллер К.И. Методы контроля качества и безопасности пищевых продуктов // Российский химический журнал. 1994. Т. 38, № 1. С. 92–97.
2. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. В.А. Тутельяна, И.М. Скурихина. Москва : Брандес, 1998. 337 с.
3. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.
4. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / под ред. В.А. Тутельяна, К.И. Эллера. Москва : Династия, 2010. 180 с.
5. Макаренко М.А., Малинкин А.Д., Боков Д.О., Бессонов В.В. Монохлорпропандиолы, глицидол и их эфиры в детском питании // Вопросы детской диетологии. 2019. Т. 17, № 1. С. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2019-1-38-48>
6. Макаренко М.А., Бессонов В.В. Подходы к идентификации состава заменителей молочного жира в масложировых и молокосодержащих продуктах // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 55. С. 50.
7. Определение содержания 3-монохлорпропандиола, 2-монохлорпропандиола и глицидола в пищевых растительных маслах и животных жирах МУК 4.1.3547-19. 2019. 17 с.
8. Кодекс Алиментариус. Жиры, масла и производные продукты : пер. с англ. Москва : Весь Мир, 2007. 68 с.
9. Свод правил для оценки качества фруктовых и овощных соков. АИЖН (Европейская ассоциация производителей фруктовых соков) : пер. на русский язык – Некоммерческая организация «Российский союз производителей соков» (РСПС). Москва : Планета, 2019. 224 с.
10. Нутриентные профили соков : справочник. Москва : Планета, 2020. 224 с.
11. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль яблочного сока // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 125–136. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00068>
12. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль апельсинового сока // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 6. С. 103–113. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00012>
13. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Бекетова Н.А. Нутриентный профиль томатного сока // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 2. С. 53–64. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10019>
14. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль вишневого сока // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 4. С. 78–86. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10045>
15. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль грейпфрутового сока // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 5. С. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10057>
16. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль виноградного сока // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 6. С. 95–105. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10071>
17. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль ананасового сока // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 2. С. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10020>
18. Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль гранатового сока // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 5. С. 80–92. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10057>
19. Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль персикового сока-пюре // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10070>
20. Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль морковного сока // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 1. С. 92–101. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10010>
21. Методика измерений массовой доли синтетических ингибиторов фосфодиэстеразы-5 (тадалафила, варденафила и силденафила) в биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с ультрафиолетовым и масс-спектрометрическим детектированием. Методические указания. Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 22 с.
22. Перова И.Б., Эллер К.И., Тумольская Е.В. Результаты скрининга недекларированного добавления синтетических ингибиторов фосфодиэстеразы-5 в БАД к пище растительного происхождения // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.06>
23. Суханова А.М., Перова И.Б., Родионова Г.М., Эллер К.И., Гегечкори В.И. Использование сибутрамина в лекарственных препаратах и БАД к пище анорексигенного действия (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2019. Т. 8, № 1. С. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2019-8-1-97-101>

References

1. Eller K.I. Methods for determination of quality and safety of food products. Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal [Russian Chemical Journal]. 1994; 38 (1): 92–7. (in Russian)
2. Tutelyan V.A., Skurikhin I.M. (eds). Guidelines for methods of analysis of food quality and safety. Moscow: Brandes, 1998: 337 p. (in Russian)
3. Guidelines for quality control and safety of biologically active food dietary supplements. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004: 240 p. (in Russian)
4. Tutelyan V.A., Eller K.I. (eds). Methods of analysis of minor biologically active substances of food. Moscow: Dynastiya, 2010: 28–41. (in Russian)
5. Makarenko M.A., Malinkin A.D., Bokov D.O., Bessonov V.V. Monochloropropanediols, glycidol and their esters in baby food. Voprosy detskoy dietologii [Problems of Pediatric Nutrition]. 2019; 17 (1): 38–48. (in Russian)
6. Makarenko M.A., Bessonov V.V. Approaches to the identification of the composition of milk fat substitutes in fat-and-oil and milk-containing products. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (55): 50. (in Russian)
7. Determination of 3-monochloropropanediol, 2-monochloropropanediol and glycidol content in edible vegetable oils and animal fats MUK 4.1.3547-19. 2019. 17 p. (in Russian)
8. Codex Alimentarius. Fats, oils and related products. 2004.
9. Code of Practice for Evaluation of Fruit and Vegetables Juices. AIJN. Translated into Russian by RSPS. Moscow: Planeta, 2019: 224 p. (in Russian)
10. Nutritional profiles of juices. Reference document. Moscow: Planeta, 2020: 224 p. (in Russian)
11. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Apple juice nutritional profile. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2017; 86 (4): 125–36. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00068> (in Russian)
12. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Orange juice nutritional profile. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2017; 86 (6): 103–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00012> (in Russian)

13. Ivanova N.N., Khomich L.M., Beketova N.A. Tomato juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (2): 53–64. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10019> (in Russian)
14. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Cherry juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (4): 78–86. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10045> (in Russian)
15. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Grapefruit juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (5): 85–94. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10057> (in Russian)
16. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Grape juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (6): 95–105. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10071> (in Russian)
17. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Pineapple juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (2): 76–85. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10020> (in Russian)
18. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Pomegranate juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (5): 80–92. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10057> (in Russian)
19. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Peach juice-puree nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 100–9. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10070> (in Russian)
20. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Carrot juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 92–101. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10010> (in Russian)
21. Methods for the measurement of mass concentration of synthetic phosphodiesterase-5 inhibitors (tadalafil, vardenafil and sildenafil) in food dietary supplements by high performance liquid chromatography with ultraviolet and mass spectrometric detection: Guidelines. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2016: 22 p. (in Russian)
22. Perova I.B., Eller K.I., Tumul'skaya E.V. Screening results for non-declared synthetic phosphodiesterase-5 inhibitors being added to dietary supplements of plant origin. *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risks Analysis]. 2019; (3): 50–9. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.06> (in Russian)
23. Sukhanova A.M., Perova I.B., Rodionova G.M., Eller K.I., Gegechkori V.I. Use of sibutramin in pharmaceutical drugs and anorexic dietary supplements. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug Development and Registration]. 2019; 8 (1): 97–101. DOI: <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2019-8-1-97-101> (in Russian)

**Для корреспонденции**

Погожева Алла Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)  
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14  
 Телефон: (495) 698-53-87  
 E-mail: allapogozheva@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3983-0522>

Погожева А.В.<sup>1, 2</sup>, Смирнова Е.А.<sup>1</sup>

## К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания

To the health of the nation through multi-level educational programs for the population in the field of optimal nutrition

Pogozheva A.V.<sup>1, 2</sup>, Smirnova E.A.<sup>1</sup>

- <sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, Российская Федерация
- <sup>1</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation
- <sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

*Здоровое питание – важнейшая составляющая качества жизни, под которым понимается интегральный показатель психического, физического и социального функционирования человека. В рационе россиян недостаточно овощей и фруктов, молочных продуктов, избыток сахара, соли, продуктов, содержащих животный жир и транс-изомеры жирных кислот. Нарушения структуры питания, пищевого статуса приводят к развитию алиментарно-зависимых заболеваний (таких, как сердечно-сосудистые, онкологические, сахарный диабет, ожирение, подагра, остеопороз и др.) – основных причин преждевременной смертности населения. Все это свидетельствует о низком уровне знаний населения о принципах здорового питания. 49,2% россиян практически не имеют представления о правилах здорового питания. В связи с этим представляется*

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность за предоставленные материалы главным внештатным специалистам-диетологам федеральных округов РФ: Блинковой Л.Н., Кадыровой Л.М., Кондратьевой А.М., Поповой Н.А., Степановой А.В., Шарафетдинову Х.Х.

**Для цитирования:** Погожева А.В., Смирнова Е.А. К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 262–72. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10060

**Статья поступила в редакцию** 20.07.2020. **Принята в печать** 29.07.2020.

**Funding.** The research was carried out within the framework of the state task.

**Conflict of interests.** Authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgements.** Authors are grateful for the materials provided by the chief freelance dietitians of the Federal districts of the Russian Federation: Blinkova L.N., Kadyrova L.M., Kondratieva A.M., Popova N.A., Stepanova A.V., Sharafetdinov Kh.Kh.

**For citation:** Pogozheva A.V., Smirnova E.A. To the health of the nation through multi-level educational programs for the population in the field of optimal nutrition. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (4): 262–72. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10060 (in Russian)

**Received** 20.07.2020. **Accepted** 29.07.2020.

исключительно важным ликвидировать сформировавшийся пробел в области образования населения по вопросам здорового питания путем внедрения обучающих программ. С этой целью разработаны обучающие (просветительские) программы по вопросам здорового питания для целевых групп населения (детей дошкольного и школьного возраста; взрослого населения всех возрастов, в том числе беременных и кормящих женщин, лиц старше трудоспособного возраста; лиц с повышенным уровнем физической активности; работающих в тяжелых и вредных условиях труда; проживающих на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды). На базе научных учреждений Роспотребнадзора и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» созданы 4 научно-методических и образовательный центр по вопросам здорового питания. Большую работу по реализации образовательных программ для населения по вопросам здорового питания проводит профильная комиссия по диетологии Минздрава России, включающая главных внешних специалистов-диетологов федеральных округов и субъектов РФ.

**Ключевые слова:** питание, пищевой статус, алиментарно-зависимые заболевания, образовательные программы

*Healthy nutrition is the most crucial component of the quality of life, which is understood as an integral indicator of mental, physical and social functioning of a person. The diet of Russians doesn't contain enough vegetables and fruits, dairy products, while white sugar, salt, products containing animal fat, and trans fats are in excess. Violations of the structure of nutrition and nutritional status lead to the development of diet related non-communicable diseases (cardiovascular, oncological, diabetes mellitus, obesity, gout, osteoporosis, etc.) that are the leading causes of mortality of the population. All this indicates a low level of knowledge of the people about the principles of healthy nutrition. 49.2% of Russians have almost no idea about the rules of healthy eating. In this regard, it is essential to eliminate the existing gap in the education of the population on healthy nutrition through the introduction of training programs. For this purpose, training (educational) programs on healthy eating have been developed for target groups of the population (preschool and school-age children; adults of all ages, including pregnant and breastfeeding women, people older than working age; people with an increased level of physical activity; persons working in severe and harmful conditions or living in territories with unique features in terms of the impact of environmental factors). Based on scientific institutions of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing and Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, four scientific-methodical centres and one educational centre on the issues of healthy nutrition have been created for the development of training (education) programs. A great deal of work on the implementation of educational programs for the population on healthy nutrition is carried out by the Profile Commission on Dietetics of the Ministry of Health of the Russian Federation, which includes the chief dietitians of Federal districts of the Russian Federation.*

**Keywords:** nutrition, nutritional status, non-communicable diseases, educational programs

Одной из ведущих потребностей человека является питание. Здоровое питание – важнейшая составляющая качества жизни, под которым понимается интегральный показатель психического, физического и социального функционирования человека. Было установлено, что среди различных факторов окружающей среды на питание приходится 50% влияния на здоровье, т.е. столько, сколько занимают коммунальные, производственные экологические и другие факторы, взятые вместе. Однако традиционное питание россиян все еще далеко до оптимального [1–5].

Результаты исследований последних лет позволили сделать вывод о том, что практически половина самых распространенных заболеваний современного человека обусловлена неадекватным питанием. Очевидно значение негативных последствий для здоровья населения,

связанных с нарушениями структуры питания и пищевого статуса. Такие нарушения ведут к постоянному росту распространенности алиментарно-зависимых неинфекционных заболеваний (НИЗ), таких как сердечно-сосудистые, онкологические, сахарный диабет, ожирение, подагра, остеопороз и др., которые являются основной причиной смертности населения экономически развитых стран, в том числе России [2, 3, 6].

В 2018 г. более половины случаев смертности в России приходилось на НИЗ, в том числе на болезни системы кровообращения – 47% смертей, на новообразования – 16% [6, 7]. Только две данные позиции обуславливают более половины случаев смертности в России, а в сочетании с болезнями эндокринной системы (2,4%), включая расстройства питания и нарушения обмена веществ, составляют более 65% причин смертности. При этом

данные НИЗ развиваются на фоне постоянного роста распространенности среди взрослого (19 и более лет) населения избыточной массы тела, которая в настоящее время диагностируется у 47,3% мужчин и у 35,5% женщин, и ожирения – у 18,8 и у 27,4% соответственно [8]. Аналогичная тенденция наблюдается и среди детского населения. Распространенность избыточной массы тела у детей в возрасте 5–14 лет составляет 19,4%, у подростков в возрасте 15–18 лет – 12,7%, а ожирения – 10,4 и 2,6% соответственно [8].

Рацион большинства взрослого населения России характеризуется избыточной калорийностью, высоким потреблением животного жира, соли, добавленного сахара при недостатке овощей и фруктов, рыбы и морепродуктов, что вносит свой вклад в развитие НИЗ. По сравнению с мужчинами женщины потребляют больше рыбных и молочных продуктов, свежих овощей и фруктов, меньше – мясных и консервированных продуктов, хлебобулочных изделий [8, 9].

Складывающаяся до настоящего времени структура питания населения России не соответствует оптимальной, представленной в утвержденных приказом Минздрава России от 19.08.2016 № 614 «Рекомендациях по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»: потребление овощей и бахчевых, фруктов и ягод – ниже в 1,3 раза, молока и молочных продуктов – в 1,2 раза, масла растительного и маргарина – в 1,2 раза, яиц – в 1,1 раза, тогда как мяса и мясопродуктов – выше в 1,2 раза, сахара и кондитерских изделий – в 1,4 раза. Только потребление хлебо- и рыбопродуктов соответствует рациональным нормам [8, 9].

В 2018 г. по сравнению с 2013 г. в России потребление населением хлебопродуктов, молока и молочных продуктов, сахара и кондитерских изделий, масла растительного и маргарина практически не изменилось, картофеля, фруктов и ягод, рыбы и рыбопродуктов снизилось на 4%, тогда как овощей и бахчевых, мяса и мясопродуктов, яиц возросло на 5–8% [8, 9].

Структура потребления пищевых продуктов отражается на химическом составе рациона питания населения России. С 2013 по 2018 г. на фоне некоторого возрастания калорийности рациона отмечается тенденция к увеличению содержания в нем жира (на 2,3%) и животного белка (на 3,0%), количество которого в составе общего белка составило 63,6% (рекомендуемое соотношение животного и растительного белка – 1:1) [10].

Несмотря на то что в последнее время выявлена тенденция к снижению распространенности дефицита ряда витаминов за счет использования в питании специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище [11, 12], проблема адекватной обеспеченности населения микронутриентами остается нерешенной, о чем свидетельствуют результаты массовых обследований различных групп населения [13–15].

Такое состояние питания населения России нельзя считать здоровым, так как известно, что нарушение его режима и структуры, а также недостаточное представ-

ление о принципах здорового питания способствуют увеличению риска развития ожирения, сахарного диабета 2 типа, сердечно-сосудистых и других НИЗ.

Одной из причин нарушения структуры питания является тот факт, что не все население знает и придерживается принципов здорового питания.

По данным выборочного наблюдения поведенческих факторов, влияющих на состояние здоровья населения, выполненного Росстатом в 2018 г., большинство населения (>80% опрошенных) вполне осознают, что состояние их здоровья зависит прежде всего от них самих. Многие люди не приучены к стилю жизни и поведению, которые предупреждают заболевания, подвержены влиянию отрицательных социальных норм и традиций. Признавая на декларативном уровне важность здоровья, пользу занятий физической культурой, пагубность курения, употребления алкоголя и т.д., большинство людей в реальной жизни пренебрегают возможностями сохранения здоровья и рисками его потери. Например, только 34,9% населения считают целью занятий спортом увеличение продолжительности жизни, при этом 82,9% признают ведущую роль спорта в укреплении здоровья. Среди основных причин, мешающих заниматься физкультурой и спортом, респонденты указывают отсутствие свободного времени – 39,6%, отсутствие желания, интереса – 33,2%, плохое состояние здоровья – 22,8%, лень – 21,8%, вредные привычки (курение, употребление алкоголя и др.) – 3,3% [16].

По данным мониторинга здорового образа жизни, проведенного Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ) в 2019 г., доля граждан, следящих за своим питанием, на сегодняшний день составляет 59%: 7% соблюдают диету, рекомендованную врачом, 13% – выбранную самостоятельно, 39% – в целом стараются есть здоровую пищу. Выросла доля тех, кто отмечает отсутствие возможности следить за своим рационом ввиду нехватки денежных средств, – с 14 до 19%. Каждый 5-й (21%) употребляет в пищу любые продукты, поскольку чувствует себя совершенно здоровым [17]. Результаты еще одного исследования ВЦИОМ [18] о рационе питания россиян и представлениях о правильном питании свидетельствуют о том, что свое питание считают правильным 48% россиян, столько же придерживаются обратной точки зрения. При этом о правильности своего рациона чаще говорят представители старших поколений – от 45 до 59 лет (52%) и от 60 лет (35%). Напротив, считают свое питание неправильным чаще молодые люди от 25 до 34 лет (56%). Под правильным питанием россияне понимают в первую очередь отказ от вредных продуктов (43%). Около 1/3 респондентов связывают данное понятие с принятием небольших порций пищи 4–5 раз в день (35%), употреблением достаточного количества воды (35%), потреблением только органических продуктов (33%), умеренным питанием (31%) и контролем состава пищи (30%). При этом только 8% россиян придерживаются мнения, что понятие «полезные продукты» связано с их пищевой ценностью, а 15% считают, что полезные продукты – те, что богаты витаминами.

Таблица 1. Оценка приверженности россиян принципам здорового питания (на основе данных [16])

Table 1. Assessment of Russians' adherence to the principles of healthy eating (based on data [16])

Приверженность принципам здорового питания <i>Adherence to the principles of healthy eating</i>	Мужчины, % <i>Men, %</i>	Женщины, % <i>Women, %</i>	Всего, % <i>Total, %</i>
Не знают о правильном питании <i>Don't know about healthy eating</i>	60,3	41,0	49,2
Прием пищи 1–3 раза в день <i>1–3 meals per day</i>	34,8	29,5	31,7
Не соблюдают режим питания <i>Do not follow eating regimen</i>	66,8	56,1	60,7
Прием обильной пищи перед сном <i>Abundant eating before bedtime</i>	27,9	11,8	18,7
Еда всухомятку <i>Dry snack</i>	29,6	17,4	22,6

Как видно из табл. 1, практически не имеют представления о правилах здорового питания около половины населения. При этом около 60% населения не соблюдают режим питания, треть принимают пищу 1–3 раза в день, а примерно каждый 5-й употребляет перед сном обильную пищу или питается всухомятку (бутерброды, хот-доги, пирожки и т.д.) вместо полноценного приема пищи [16].

Очевидно, что основным путем снижения распространенности НИЗ является широкое внедрение профилактических мероприятий, направленных на продвижение здорового образа жизни, и среди них лидирующие позиции занимает оптимизация питания, в том числе путем реализации образовательных программ [19–21].

Однако, несмотря на то что вопросами просвещения в области здорового питания в нашей стране занимаются центры профилактики, центры здоровья (и существующие в них кабинеты здорового питания), а также специально созданные консультативно-диагностические центры «Здоровое питание», сведения от них получают только 11,7% россиян, а для большинства населения источником информации о здоровом питании служат средства массовой информации (газеты, журналы, теле- и радиопередачи, интернет-сайты) [16, 22].

Показательными в отношении образовательной деятельности в области здорового питания могут служить программы, разработанные на национальном и региональном уровнях в Финляндии, Англии, Норвегии, США и в некоторых других странах [23, 24].

Выделяют **несколько направлений реализации образовательных программ** [25]:

1) *информационное* (или пропаганда здорового питания) – обеспечение высокого качества доступной и легко понимаемой для любого нуждающегося в ней информации в области здоровья; трансляция медицинских и гигиенических знаний всеми средствами, и в первую очередь средствами массовой информации (газеты, журналы, радио, телевидение, сайты и т.д.);

2) *образовательное* – разработка и реализация программ воспитания и обучения правилам здорового питания для разных групп населения и специалистов;

3) *координационное* – объединение деятельности органов законодательной и исполнительной власти, раз-

личных общественных групп и структур, усилия которых направлены на повышение приверженности граждан здоровому образу жизни и питания и включение этих проблем в повестку дня лиц, принимающих управленческие решения на государственном уровне;

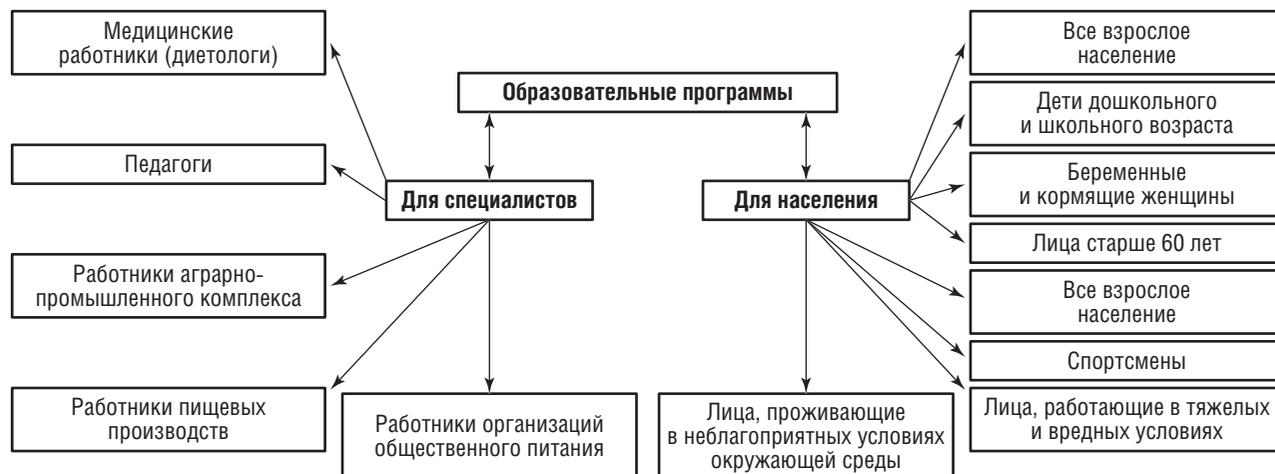
4) *педагогическое* – непосредственное участие специалистов по образовательной деятельности в разработке и реализации индивидуальных или групповых программ в области здорового питания профилактической направленности, технологий оценки уровня персонализации и его коррекции, методов прогностического скрининга и т.д.

Все системы обучения в области здорового питания подразделяются в зависимости от целевых аудиторий на общие (для населения) и специальные, для специалистов в области питания: медицинских работников, педагогов, работников аграрно-промышленного комплекса, пищевых производств и общественного питания (см. рисунок) [22, 26].

**Общеобразовательные программы** – это система государственных, общественных и медицинских мероприятий, направленных на распространение среди населения знаний, умений и навыков, необходимых для охраны и укрепления здоровья, предупреждения болезней, сохранения активного долголетия, высокой работоспособности, воспитания здоровой смены. Проведение обучения населения в области здорового питания обязательно для всех медицинских учреждений, для всех медицинских работников.

Реализация государственной политики в области здорового питания находится под постоянным контролем Президента РФ и Правительства РФ и направлена на достижение национальных целей развития страны – обеспечение устойчивого естественного роста численности населения и повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет [27].

Ответом на существующие вызовы призвана стать системная деятельность, направленная на создание и поддержание информационно-просветительской среды, способствующей распространению устойчивых изменений в образе жизни, включая приверженность здоровому образу жизни и принципам здорового пита-



Системы обучения в области здорового питания

*Healthy eating training systems*

ния. Разработка и реализация такой среды предусмотрена федеральным проектом «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» («Укрепление общественного здоровья») национального проекта «Демография».

Образовательно-просветительская деятельность является одним из главных приоритетов федерального проекта, а ключевую роль в ее реализации выполняет Роспотребнадзор при методической поддержке ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

В 2019 г. на базе научных организаций Роспотребнадзора и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» была создана сеть научно-методических и образовательных центров по вопросам здорового питания. В 2020 г. утверждена Концепция создания обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания, цель которой – внедрение разработанных на основании данных научных исследований образовательных программ по вопросам здорового питания в практику (приказ Роспотребнадзора от 24.03.2020 № 186), а также ряд образовательных программ, включая разработанные ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» обучающие (просветительские) программы по вопросам здорового питания для взрослого населения всех возрастов, в том числе для беременных и кормящих женщин, лиц пожилого и старческого возраста, лиц с повышенным уровнем физической активности» (приказ Роспотребнадзора от 07.07.2020 № 379). В настоящее время учреждения Роспотребнадзора приступили к реализации программ в 24 регионах (охват – не менее 5 млн человек). Согласно плану мероприятий федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» к 2024 г. охват населения образовательными программами должен составить не менее 30 млн человек в 80 субъектах РФ. Последовательная реализация и масштабирование обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания – ключевой механизм

преодоления препятствий на пути к распространению и принятию в обществе норм здорового образа жизни, в том числе здорового питания.

Большое значение имеют образовательные программы в области здорового питания для детей дошкольного и школьного возраста. На возраст от 7 до 18 лет, когда ребенок учится в школе, приходится наиболее интенсивный соматический рост организма, сопровождающийся повышенными умственными и физическими нагрузками. Недостаточное или несбалансированное питание в младшем школьном возрасте приводит к отставанию в физическом и психическом развитии, что практически невозможно скорректировать в дальнейшем. По свидетельству специалистов при поступлении в школу различные заболевания имеет каждый 10-й ребенок, тогда как при выпуске – лишь каждый 10-й не имеет отклонений по здоровью. Заболевания, связанные с питанием, имеют в возрасте 3–6 лет 21,1% детей, 7–11 лет – 24,7%, 12–13 лет – 30,4% [28].

В письме Минобрнауки России от 12.04.2012 № 06-731 «О формировании культуры здорового питания обучающихся, воспитанников» от 24.05.2012 отмечено, что одной из важнейших задач совершенствования организации питания является формирование у детей навыков здорового питания, повышение квалификации руководящих и педагогических кадров, работников сферы дошкольного и школьного питания в части формирования культуры здорового питания, а также просветительская работа среди детей, их родителей и педагогов.

В общеобразовательных дошкольных и школьных учреждениях работа по формированию знаний и умений здорового питания должна проводиться по следующим направлениям [29, 30]:

1. Структура, режим и организация питания в образовательных учреждениях должны не только соответствовать всем гигиеническим требованиям, но и служить примером здорового питания.

2. Комплексная и системная работа постепенно формирует основы гигиены и режима питания, представление о полезных продуктах и полезной пище, о необходимых пищевых веществах, о рациональной структуре питания, о культуре питания разных народов и т.п. Принципы формирования здорового питания: научная обоснованность и практическая целесообразность; возрастная адекватность; необходимость и достаточность информации; модульность структуры; системность и последовательность; вовлеченность семьи в реализацию программы.

3. Просветительская работа с родителями (законными представителями) способствует вовлечению их в процесс формирования культуры здорового питания в семье. Питание детей в семье, как правило, нерационально и несбалансировано, нарушен режим питания. Только 20% родителей знакомы с общими принципами организации здорового питания.

4. Повышение уровня компетенции специалистов образовательных учреждений, которые должны знать основы современной государственной политики в сфере питания; федеральные законы, региональные нормативные правовые акты и СанПиНы, регулирующие деятельность в сфере питания; основы возрастной физиологии и гигиены.

В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» за 2017–2019 гг. было реализовано более 7000 образовательных (просветительских) мероприятий (табл. 2).

Разработаны материалы для образовательных программ по здоровому питанию всех групп населения. Среди них значительное место занимают материалы для просветительских программ по питанию беременных, кормящих матерей и детей в возрасте до 3 лет [30, 31].

Большое внимание уделяется также образовательным программам в области здорового питания детей и подростков, тесно связанным с просвещением родителей и сотрудников учебных заведений [32–35]. Разработаны 5 учебных пособий для обучения принципам здорового питания детей разных возрастных групп (дошкольники 5–6 лет, учащиеся 1–4, 5–6, 7–9, 10–11-х классов), а также образовательная программа «Здоровье, сила, красота», включающая раздел по здоровому питанию для этого контингента [36–41].

Взрослой целевой аудитории образовательных программ необходима информация о структуре здорового рациона, основных группах пищевых продуктов, их количественных пропорциях, правилах выбора пищевых продуктов, гигиенических навыках их хранения и кулинарной обработки. Разработанные ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» материалы представлены в печатной и электронной форме [42–47].

Лица старше 60 лет заинтересованы в получении информации не только о здоровом рационе, но и о питании при заболеваниях, ассоциированных с возрастом. Наряду с теоретическими знаниями людям пожилого возраста очень важно получать практические навыки в приготовлении блюд здорового питания в процессе

**Таблица 2.** Образовательная деятельность Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии» по вопросам здорового питания для населения за 2017–2019 гг.

**Table 2.** Educational activities of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety on healthy nutrition for the population for the period 2017–2019

Вид образовательной деятельности <i>Type of educational activity</i>	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Выступления в средствах массовой информации (радио, телевидение, газеты, журналы и др.) <i>Mass media (radio, television, newspapers, journals, etc.)</i>	381	664	343
Интернет-издания <i>Internet</i>	1869	1674	2330
Научно-популярные книги <i>Popular science books</i>	3	2	16
<b>Всего</b> <b>Total</b>	2253	2340	2689

коллективных занятий (мастер-классов, тематических фестивалей и др.), что оправдано и с психологической точки зрения [48, 49].

В последнее время набирают популярность образовательные программы для спортсменов и лиц, занимающихся в фитнес-клубах. Вопросы просвещения для этого контингента включают сведения об особенностях питания спортсменов различных видов спорта, принципы которого направлены на повышение спортивной результативности и профилактику НИЗ, а также на рекомендации по персонализации рациона – включению в него специализированных продуктов спортивного питания и биологически активных добавок к пище [50–55].

### Методы и средства, используемые в реализации образовательных программ

Методы, с помощью которых реализуются образовательные программы в области здорового питания, включают 3 основных способа ведения пропаганды: устный, печатный, изобразительный (наглядный) и их комбинации. Термин «средства» или «формы» объединяет всю совокупность конкретных приемов ведения работы. Они входят в состав каждого метода, отражая его главную характерную особенность [25, 29].

**Метод устной пропаганды** включает лекции, семинары, школы и др.

**Метод печатной пропаганды** включает разнообразные средства, из них наиболее доступные и часто используемые на практике: лозунг, листовка, памятка, брошюра, буклет, бюллетень, календарь, ящик вопросов и доска ответов, стенная газета.

**Метод изобразительной пропаганды** может включать натуральные, искусственные и комбинированные средства. *Искусственные средства* делятся на 2 вида: объ-

**Таблица 3.** Образовательная деятельность профильной комиссии по диетологии Минздрава России в области здорового питания для целевых групп населения за период 2018–2019 гг.

**Table 3.** Educational activities of the specialized commission on dietetics of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for target groups of the population for the period 2018–2019

Вид образовательной деятельности <i>Type of educational activity</i>	Целевая аудитория <i>Target audience</i>	Количество <i>Amount</i>
Лекции Вебинары Школы Круглые столы	Все население	183 878
	Дети всех возрастов	16 475
	Беременные и кормящие женщины	13 401
	Спортсмены	1120
	Пожилые лица	1637
Книги (научно-популярные) Учебники	Все население	24
	Дети всех возрастов	44
	Беременные и кормящие женщины	636
	Спортсмены	6
	Пожилые лица	7
Выступления в средствах массовой информации (радио, телевидение, газеты, журналы и др.) Размещение информации на сайтах	Все население	18 267
	Дети всех возрастов	520
	Беременные и кормящие женщины	4054
	Спортсмены	3203
	Пожилые лица	3301
Печатная продукция (памятки, плакаты, буклеты)	Все группы населения	18 320
Другие виды деятельности (массовые акции, ролики для демонстраций и др.)	Все группы населения	9216

емного воспроизведения (муляж, модель, макет, фантом) и плоскостные (плакат, диафильм, слайды, фотографии, фотоплакат, фотогазета, фотоателье, фотовыставка, диаграммы, схемы, диапозитивы). *Натуральные средства* – это предметы, изделия, например образцы продуктов. Могут быть и комбинированные средства.

Выставки (передвижные и стационарные) – наиболее интересное и эффективное средство изобразительной пропаганды, особенно если говорить о выставке-музее или о большой стационарной выставке. Это совокуп-

ность различного рода экспонатов, текстов, оформительских приемов, а также во многих случаях – работа экскурсовода [25, 26, 29].

В настоящее время важными средствами реализации образовательных программ для населения являются размещение информации по здоровому питанию на официальных сайтах, информационных порталах, тематических блогах и страницах в социальных сетях, в специализированных приложениях для смартфонов и т.п.

Большая работа по образованию (просвещению) населения по вопросам здорового питания возложена на диетологическую сеть, которая состоит из главного внештатного диетолога Минздрава России (академик В.А. Тутельян), профильной комиссии по диетологии Минздрава России, включающей главных внештатных специалистов-диетологов федеральных округов и субъектов РФ.

В табл. 3 представлены виды образовательной деятельности профильной комиссии по диетологии Минздрава России в области здорового питания для целевых групп населения в 2018–2019 гг.

В заключение необходимо отметить, что амбициозные цели, определенные Указом Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»: снижение показателей смертности населения трудоспособного возраста (до 350 случаев на 100 тыс. населения) и повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет, увеличение ожидаемой продолжительности здоровой жизни до 67 лет, – могут быть достигнуты только при массовом вовлечении граждан в практику здорового образа жизни и стимулирование отказа от вредных привычек, включая потребление алкоголя, табака и нерациональное питание.

В настоящее время государством реализуется целый ряд мероприятий, направленных на формирование среды, способствующей ведению гражданами здорового образа жизни, включая здоровое питание, а разработка и внедрение образовательных программ для населения в области здорового питания в этих мероприятиях занимают ключевое место, что в конечном итоге должно способствовать здоровьесбережению, улучшению качества и увеличению продолжительности жизни населения России.

### Сведения об авторах

*Погожева Алла Владимировна (Alla V. Pogozheva)* – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: allapogozheva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3983-0522>

*Смирнова Елена Александровна (Elena A. Smirnova)* – кандидат технических наук, заведующий лабораторией демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: smirnova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-2045-5729>

## Литература

- Тутельян В.А., Суханов Б.П., Керимова М.Г., Елизарова Е.В. Оптимизация питания россиян – путь к здоровью и повышению качества жизни // Сеченовский вестник. 2014. № 3 (17). С. 8–13.
- Погожева А.В., Батурич А.К. Питание и профилактика неинфекционных заболеваний. Beau Bassin : Lambert Academic Publishing, 2017. 184 с.
- Погожева А.В., Батурич А.К. Правильное питание – фундамент здоровья и долголетия // Пищевая промышленность. 2017. № 10. С. 58–61.
- Литвинова О.С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 5. С. 11–14.
- Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Баглушкина С.Ю. Гигиеническая оценка питания и риск заболеваемости, связанный с его нарушением // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 9. С. 868–872.
- Естественное движение населения в разрезе субъектов Российской Федерации за январь–декабрь 2018 г. Москва : Росстат, 2019.
- Россия в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник. Москва : Росстат, 2019. 549 с.
- Итоги выборочного наблюдения рациона питания населения в 2018 году. Москва : Росстат, 2019. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html)
- Итоги выборочного наблюдения рациона питания населения в 2013 году. Москва : Росстат, 2013. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food1/survey0/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/food1/survey0/index.html)
- Батурич А.К., Мартинчик А.Н., Погожева А.В. Эпидемиология питания // Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 169–183. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации (1987–2017 гг.) // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 4. С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных микроэлементами пищевых продуктов и йодирования соли // Микроэлементы в медицине. 2015. Т. 16, № 4. С. 3–20.
- Коденцова В.М., Бекетова Н.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации // Профилактическая медицина. 2018. Т. 21, № 4. С. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed201821432>
- Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Обеспеченность детей водорастворимыми витаминами (2015–2018 гг.) // Вопросы практической педиатрии. 2019. Т. 14, № 2. С. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-2-7-14>
- Вржесинская О.А., Коденцова В.М., Переверзева О.Г., Леоненко С.Н. Обеспеченность витаминами детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения в разных регионах (Московская область, г. Екатеринбург) // Педиатр. 2017. Т. 8, № 5. С. 49–53.
- Итоги выборочного наблюдения поведенческих факторов, влияющих на состояние здоровья населения в 2018 году. Москва : Росстат. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/ZDOR/Factors2018\\_2812/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/ZDOR/Factors2018_2812/index.html)
- Результаты мониторинга здорового образа жизни, Всероссийский центр изучения общественного мнения. 2019. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=9713>
- Результаты исследования о рационе питания россиян и представлениях о правильном питании. Всероссийский центр изучения общественного мнения. 2019. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=10047>
- Первая Глобальная министерская конференция по здоровому образу жизни и неинфекционным заболеваниям. Москва, 28–29 апреля 2011 г. Московская декларация. URL: [https://www.who.int/nmh/events/global\\_forum\\_ncd/documents/moscow\\_declaration\\_ru.pdf?ua](https://www.who.int/nmh/events/global_forum_ncd/documents/moscow_declaration_ru.pdf?ua)
- Вторая Международная конференция по вопросам питания. Рим, 19–21 ноября 2014 г. Итоговый документ конференции: Римская декларация по вопросам питания. URL: <http://www.fao.org/3/a-ml542r.pdf>
- Онищенко Г.Г. Главное – профилактика // Стандарты и качество. 2016. № 8. С. 8–13.
- Погожева А.В., Елизарова Е.Ю. Образовательные программы в области здорового питания для специалистов и населения // Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 183–192. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632>
- McNamara J., Sweetman S., Connors P., Lofgren I., Greene G. Using interactive nutrition modules to increase critical thinking skills in college courses // J. Nutr. Educ. Behav. 2020. Vol. 52. P. 343–350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.06.007>
- Begley A., Bird A., Palermo C. developing national conceptual understanding to describe entry-to-practice dietetics competence // J. Nutr. Educ. Behav. 2020. Vol. 52. P. 351–358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.08.003>
- Войт Л.Н. Медико-социальные аспекты формирования здорового образа жизни. Благовещенск : АГМА, 2008. 25 с.
- Батурич А.К., Погожева А.В., Сазонова О.В. Основы здорового питания. Образовательная программа для студентов медицинских вузов и врачей. Методическое пособие. Москва, 2011. 79 с.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 № 1873-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 года».
- Тамова М.Ю., Тутельян В.А., Шамкова Н.Т. Организация питания детей раннего и дошкольного возраста в дошкольной образовательной организации: монография. Москва : ДеЛи плюс, 2019. 152 с.
- Игнатъева Л.П., Чирцова М.В., Потапова М.О. Формирование культуры здоровья. Программы формирования здорового образа жизни : учебное пособие. ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра коммунальной гигиены и гигиены детей и подростков. Иркутск : ИГМУ, 2014. 61 с.
- Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Погожева А.В., Конь И.Я. Питание в начале жизни. От беременности до 3 лет. Москва : Эксмо, 2017. 288 с.
- Гмошинская М.В. Питание беременных и кормящих женщин // Карманные рекомендации по педиатрии / под ред. И.Н. Захаровой. Москва : Ремедиум, 2019. С. 267–299.
- Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы: монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубовой, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 1: Состояние здоровья детей и подростков: федеральные и региональные аспекты. 2019. 340 с. (Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Детская конституциология: современные подходы, состояние проблемы и методика исследования. С. 8–17)
- Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 3: Основные факторы риска, определяющие здоровье молодежи. Вопросы нарушения питания. 2019. 340 с. (Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Шарафетдинов Х.Х. Здоровое питание – основа здорового

- образа жизни и профилактики хронических неинфекционных заболеваний. С. 203–227)
34. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 3: Основные факторы риска, определяющие здоровье молодежи. Вопросы нарушения питания. 2019. 340 с. (Тутельян В.А., Герасименко Н.Ф., Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Оптимальное питание – основа здорового образа жизни. С. 228–249)
  35. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы: монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, О.Ю. Милушкиной, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 5: Психологическое здоровье молодежи. Роль информационных технологий. 2019. 248 с.
  36. Колопатова Е.Е., Мошина Р.Ш., Петрук Е.Н., Погожева А.В., Самкова И.А. Здорово быть здоровым. 5–6 лет : учебное пособие для общеобразовательных организаций / под ред. Г.Г. Онищенко. Москва : Просвещение, 2019. 144 с. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--5-6-let9563>
  37. Мошина Р.Ш., Погожева А.В. Здорово быть здоровым. 1–4 классы : учебное пособие для общеобразовательных организаций / под ред. Г.Г. Онищенко. Москва : Просвещение, 2019. 143 с. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--1-4-klassy9564>
  38. Зюрин Э.А., Погожева А.В., Шаповаленко И.В., Кочетова Ю.А., Кузнецова О.В., Фокина А.В. Здорово быть здоровым. 5–6 классы : учебное пособие для общеобразовательных организаций / под ред. Г.Г. Онищенко. Москва : Просвещение, 2019. 143 с. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--5-6-klassy9455>
  39. Зюрин Э.А., Погожева А.В., Шаповаленко И.В., Кочетова Ю.А., Кузнецова О.В., Фокина А.В. Здорово быть здоровым. 7–9 классы : учебное пособие для общеобразовательных организаций / под ред. Г.Г. Онищенко. Москва : Просвещение, 2019. 143 с. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym-7-9-klassy9574>
  40. Зюрин Э.А., Погожева А.В., Шаповаленко И.В., Кочетова Ю.А., Кузнецова О.В., Фокина А.В. Здорово быть здоровым. 10–11 классы : учебное пособие для общеобразовательных организаций / под ред. Г.Г. Онищенко. Москва : Просвещение, 2019. 142 с. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym-10-11-klassy>
  41. Образовательная программа (шифр 02808). Курс «Здоровье. Сила. Красота» для внеурочной деятельности в образовательной организации. URL: [https://www.dpomos.ru/upload/iblock/bb2/02808\\_APRO\\_VSE\\_2018\\_4d1.pdf](https://www.dpomos.ru/upload/iblock/bb2/02808_APRO_VSE_2018_4d1.pdf)
  42. Книга о вкусной и здоровой пище / под ред. В.А. Тутельяна. Москва : Эксмо, 2016. 432 с.
  43. Погожева А.В. Вкусная и здоровая пища. Как научиться сочетать. Москва : Эксмо, 2016. 320 с.
  44. Погожева А.В. Основы питания при аллергии. Москва, 2017. 256 с.
  45. Качество жизни. Здоровье и питание : атлас / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка, Д.А. Буряка, С.Е. Акользиной, А.К. Батурина ; пер. на англ. О.Н. Кишко. Москва : Медицина, 2018. 696 с.
  46. Погожева А.В. Меню-магнит для лиц с избыточной массой тела и ожирением. URL: [www.СтройнаяРоссия.рф](http://www.СтройнаяРоссия.рф)
  47. Погожева А.В. Здоровье в правильной форме (в помощь пациентам с избыточным весом и ожирением), 2016. URL: [www.СтройнаяРоссия.рф](http://www.СтройнаяРоссия.рф)
  48. Погожева А.В. Ешь, пей, молодежь. Уникальные принципы геродиететики – здорового питания в пожилом возрасте. Москва : АСТ, 2015. 416 с.
  49. Норбеков М.С. Погожева А.В., Мильнер Е., Евдокименко П.В. Жизнь после пятидесяти. Москва : АСТ, 2015. 256 с.
  50. Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Питание спортсменов. В кн.: Пища Москвы и России в истории и культуре народа. Т. 2. Москва : Известия, 2019. С. 98–102.
  51. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Спортивное питание: от теории к практике. Москва : ДеЛи, 2020. 56 с.
  52. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубовой, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 2: Технологии снижения рисков здоровью. Профилактика и диспансеризации. Здоровое питание. 2019. 396 с. (Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Питание и спорт: реалии и перспективы. С. 219–227)
  53. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, О.Ю. Милушкиной, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 4: Образ жизни и физическая активность детей и подростков. Особенности формирования вредных привычек, основные направления противодействия. 2019. 224 с.
  54. Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Питание спортсменов // Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 257–264. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632>
  55. Никитюк Д.Б., Ханферьян Р.А. Специализированные продукты для питания спортсменов // Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 265–274. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632>

## References

1. Tutelyan V.A., Sukhanov B.P., Kerimova M.G., Elizarova E.V. Optimization of Russians' nutrition is the path to the health and life quality. Sechenovskiy vestnik [Sechenov Bulletin]. 2014; 3 (17): 8–13. (in Russian)
2. Pogozheva A.V., Baturin A.K. Nutrition and prevention of non-infectious diseases. Beau Bassin: Lambert Academic Publishing, 2017: 184 p. (in Russian)
3. Pogozheva A.V., Baturin A.K. Proper nutrition – is the Foundation of health and longevity. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]. 2017; (10): 58–61. (in Russian)
4. Litvinova O.S. Structure of nutrition of the population of the Russian Federation. Hygienic assessment. Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Public Health and Life Environment]. 2016; 5 (278): 11–4. (in Russian)
5. Tarmayeva I.Yu., Efimova N.V., Baglushkina S.Yu. Hygienic assessment of nutrition and the risk of morbidity associated with its violation. Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]. 2016; 95 (9): 868–72. (in Russian)
6. Natural movement of the population in the context of the regions of the Russian Federation for January-December 2018. Moscow: Rosstat, 2019. (in Russian)
7. Russia in numbers. 2019: Short statistical collection. Moscow: Rosstat, 2019: 549 p. (in Russian)
8. Results of selective observation of the diet of the population in 2018. Moscow: Rosstat, 2019. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food18/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html) (in Russian)

9. Results of selective observation of the diet of the population in 2013. Moscow: Rosstat, 2013. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/food1/survey0/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/food1/survey0/index.html) (in Russian)
10. Baturin A. K., Martinchik A. N., Pogozheva A.V. Epidemiology of nutrition. In: Tutelyan V.A., Nikitiuk D.B. (eds). The Nutrition Science and Clinical Nutrition: National guideline. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 169–83. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632> (in Russian)
11. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Vitamin sufficiency of the adult population of the Russian Federation (1987–2017). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (4): 62–8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043> (in Russian)
12. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V. Analysis of domestic and international experience in the use of food products fortified with trace elements and salt iodization. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2015; 16 (4): 3–20. (in Russian)
13. Kodentsova V.M., Beketova N.A., Nikityuk D.B., Tutel'yan V.A. Characteristics of vitamin sufficiency in the adult population of the Russian Federation. *Profilakticheskaya meditsina* [Preventive Medicine]. 2018; 21 (4): 32–7. DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed201821432> (in Russian)
14. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Provision of children with water-soluble vitamins (2015–2018). *Voprosy prakticheskoy pediatrii* [Problems of Practical Pediatrics]. 2019; 14 (2): 7–14. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-2-7-14> (in Russian)
15. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Pereverseva O.G., Leonenko S.N. Vitamin sufficiency of children attending preschool educational institutions in different regions (Moscow region, Yekaterinburg). *Pediatr* [Pediatrician]. 2017; 8 (5): 49–53. (in Russian)
16. Results of selective observation of behavioral factors affecting the health of the population in 2018. Moscow: Rosstat. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/ZDOR/Factors2018\\_2812/index.html](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/ZDOR/Factors2018_2812/index.html) (in Russian)
17. Results of monitoring a healthy lifestyle. All-Russian Public Opinion Research Center. 2019. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=9713> (in Russian)
18. Results of a study on the diet of Russians and ideas about proper nutrition. All-Russian Center for the Study of Public Opinion. 2019. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=10047> (in Russian)
19. First global Ministerial conference on healthy lifestyles and noncommunicable diseases. Moscow, April 28–29, 2011. URL: [https://www.who.int/nmh/events/global\\_forum\\_ncd/documents/moscow\\_declaration\\_ru.pdf?ua](https://www.who.int/nmh/events/global_forum_ncd/documents/moscow_declaration_ru.pdf?ua) (in Russian)
20. Second international conference on nutrition. Rome, 19–21 November 2014 Final document of the conference: the Rome Declaration on nutrition. URL: <http://www.fao.org/3/a-ml542r.pdf>. (in Russian)
21. Onishchenko G.G. The main thing – prevention. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality]. 2016; (8): 8–13. (in Russian)
22. Pogozheva A.V., Elizarova E. Yu. Educational programs in the field of healthy nutrition for specialists and the population. In: Tutelyan V.A., Nikitiuk D.B. (eds). The Nutrition Science and Clinical Nutrition: National guide. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 183–92. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632> (in Russian)
23. McNamara J., Sweetman S., Connors P., Lofgren I., Greene G. Using interactive nutrition modules to increase critical thinking skills in college courses. *J Nutr Educ Behav*. 2020; 52: 343–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.06.007>
24. Begley A., Bird A., Palermo C. developing national conceptual understanding to describe entry-to-practice dietetics competence. *J Nutr Educ Behav*. 2020; 52: 351–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.08.003>
25. Voyt L.N. Medical and social aspects of the formation of a healthy lifestyle. *Blagoveshchensk: AGMA*, 2008: 25 p. (in Russian)
26. Baturin A.K., Pogozheva A.V., Sazonova O.V. Fundamentals of healthy nutrition. Educational program for medical students and doctors. Methodical manual. Moscow, 2011: 79 p. (in Russian)
27. Resolution of the Government of the Russian Federation of 25.10.2010 No. 1873-R “Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the period up to 2020”. (in Russian)
28. Tamova M.Yu., Tutel'yan V.A., Shamkova N.T. organization of nutrition for children of early and preschool age in preschool educational organizations: monograph. Moscow: Deli plus, 2019: 152 p. (in Russian)
29. Ignatieva L.P., Chirtsova M.V., Potapova M.O. Formation of health culture. Programs for the formation of a healthy lifestyle: a textbook. Irkutsk State Medical University of the Ministry of health of Russia, Department of municipal hygiene and hygiene of children and adolescents. Irkutsk: IGMU, 2014: 61 p. (in Russian)
30. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Pogozheva A.V., Kon' I.Ya. Nutrition at the beginning of life. From pregnancy to 3 years. Moscow: Eksmo, 2017: 288 p. (in Russian)
31. Gmshinskaya M.V. Nutrition of pregnant and nursing women. In: Zakharova I.N. (ed.). *Pocket Recommendations for Pediatrics*. Moscow: Remedium, 2019: 267–299. (in Russian)
32. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Esaulenko I.E., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. Vol. 1: State of health of children and adolescents: Federal and regional aspects. 2019: 340 p. (Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. Children's constitutionology: modern approaches, state of the problem and research methodology: 8–17) (in Russian)
33. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Esaulenko I.E., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. Vol. 3: Main risk factors that determine the health of youth. Issues of eating disorders. 2019: 340 p. (Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Sharafetdinov Kh. Healthy nutrition is the basis of a healthy lifestyle and prevention of chronic non-communicable diseases: 203–27) (in Russian)
34. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Esaulenko I.E., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. Vol. 3: Main risk factors that determine the health of youth. Issues of eating disorders. 2019: 340 p. (Tutelyan V.A., Gerasimenko N.F., Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Optimal nutrition is the basis of a healthy lifestyle: 228–49) (in Russian)
35. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Esaulenko I.E., Milushkina O.Yu., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. Vol. 5: Psychological health of youth. The role of information technology. 2019: 248 p. (in Russian)
36. Kolopatova E.E., Moshnina R.Sh., Petruk E.N., Pogozheva A.V., Samkova I.A.; Onishchenko G.G. (ed). It's great to be healthy. 5–6 years: textbook for secondary schools organizations. Moscow: Prosveshchenie, 2019: 144 p. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--5-6-let9563> (in Russian)
37. Moshnina R.Sh., Pogozheva A.V.; Onishchenko G.G. (ed). It's great to be healthy. Grades 1–4: textbook for general education organizations. Moscow: Prosveshchenie, 2019: 143 p. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--1-4-klassy9564> (in Russian)
38. Zyurin E.A., Pogozheva A.V., Shapovalenko I.V., Kochetova Yu.A., Kuznetsova O.V., Fokina A.V.; Onishchenko G.G. (ed). It's great to be healthy. Grades 5-6: textbook for general education organizations. Moscow: Prosveshchenie, 2019: 143 p. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym--5-6-klassy9455> (in Russian)
39. Zyurin E.A., Pogozheva A.V., Shapovalenko I.V., Kochetova Yu.A., Kuznetsova O.V., Fokina A.V.; Onishchenko G.G. (ed). It's great to be healthy. Grades 7–9: textbook for general education organiza-

- tions. Moscow: Prosveshchenie, 2019: 143 p. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym-7-9-klassy9574> (in Russian)
40. Zyurin E.A., Pogozheva A.V., Shapovalenko I.V., Kochetova Yu.A., Kuznetsova O.V., Fokina A.V.; Onishchenko G.G. (ed). It's great to be healthy. Grades 10-11: textbook for General education. Organizations. Moscow: Prosveshchenie, 2019: 142 p. URL: <https://shop.prosv.ru/zdorovo-byt-zdorovym-10-11-klassy> (in Russian)
  41. Educational program (code 02808) Course «Health. Force. Beauty» for extracurricular activities in an educational organization. URL: <https://www.dpomos.ru>. (in Russian)
  42. Tutelyan B.A. (ed). Book about delicious and healthy food. Moscow: Eksmo, 2016: 432 p. (in Russian)
  43. Pogozheva A.V. Delicious and healthy food. How to learn to combine. Moscow: Eksmo, 2016: 320 p. (in Russian)
  44. Pogozheva A.V. Basics of nutrition for allergies. Moscow, 2017: 256 p. (in Russian)
  45. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Buryak D.A., Akolzina S.E., Baturina A.K. (eds); Kishko O.N. (transl. from Engl.). Quality of life. Health and nutrition: Atlas. Moscow: Meditsina, 2018: 696 p. (in Russian)
  46. Pogozheva A.V. Menu-magnet for overweight and obese people. URL: [www.SlenderRussia.RF](http://www.SlenderRussia.RF) (in Russian)
  47. Pogozheva A.V. Health in the correct form (to help patients with overweight and obesity), 2016. URL: [www.SlenderRussia.RF](http://www.SlenderRussia.RF) (in Russian)
  48. Pogozheva A.V. Eat, drink, be young. Unique principles of herodietics – healthy nutrition in the elderly. Moscow: AST, 2015: 416 p. (in Russian)
  49. Pogozheva A.V. Life after 50. Moscow: AST, 2016: 256 p. (in Russian)
  50. Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Nutrition of athletes. In: Food of Moscow and Russia in the History and Culture of the People. Vol. 2. Moscow: Izvestiya, 2019: 98–102. (in Russian)
  51. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Sports nutrition: from theory to practice. Moscow: Deli, 2020: 256 p. (in Russian)
  52. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Esaulenko I.E., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. Vol. 2: Technologies for reducing health risks. Prevention and medical examinations. Healthy nutrition. 2019: 396 p. (Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. Nutrition and sport: realities and prospects: 219–27) (in Russian)
  53. Gerasimenko N.F., Glybochko P.V., Milushkina O.Yu., Popova V.I., Starodubova V.I., Tutelyan V.A. Health of youth: new challenges and prospects: monograph: in 5 vols. In: Moscow: Nauchnaya kniga, 2019; 4: Lifestyle and physical activity of children and adolescents. Features of forming bad habits, the main directions of counteraction. 2019: 224 p. (in Russian)
  54. Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Nutrition of athletes. In: Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. (eds). The nutrition science and clinical nutrition: national guide. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 257–64. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632> (in Russian)
  55. Nikityuk D.B., Khanferyan R.A. Specialized products for athletes' nutrition. In: Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. (eds). The Nutrition Science and Clinical Nutrition: National guide. Moscow: GEOTAR-Media, 2020: 265–74. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-5352-0-NKD-2020-1-632> (in Russian)