



Учредитель

Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Федеральный центр гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека
(ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора)

ISSN 2219-5238 (Print)
ISSN 2619-0788 (Online)

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Russian monthly peer-reviewed scientific and practical journal

PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Established in 1993

№9 Том 30 · 2022
Vol. 30 · 2022

Журнал входит в рекомендованный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Журнал зарегистрирован в каталоге периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory, входит в коллекцию Национальной медицинской библиотеки (США).

Журнал представлен на платформах агрегаторов «eLIBRARY.RU», «КиберЛенинка», входит в коллекцию реферативно-аналитической базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), баз данных: Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, РГБ, Dimensions, LENS.ORG, Google Scholar, VINITI RAN.

Москва • 2022

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый научно-практический журнал
Том 30 № 9 2022

Выходит 12 раз в год
Основан в 1993 г.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-71110 от 22 сентября 2017 г. (печатное издание)

Учредитель: Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Цель: распространение основных результатов научных исследований и практических достижений в области гигиены, эпидемиологии, общественного здоровья и здравоохранения, медицины труда, социологии медицины, медико-социальной экспертизы и медико-социальной реабилитации на российском и международном уровне.

Задачи журнала:

- ➔ Расширять свою издательскую деятельность путем повышения географического охвата публикуемых материалов (в том числе, с помощью большего вовлечения представителей международного научного сообщества).
- ➔ Неукоснительно следовать принципам исследовательской и издательской этики, беспристрастно оценивать и тщательно отбирать публикации, для исключения неэтичных действий или плагиата со стороны авторов, нарушения общепринятых принципов проведения исследований.
- ➔ Обеспечить свободу контента, редколлегии и редсовета журнала от коммерческого, финансового или иного давления, дискредитирующего его беспристрастность или снижающего доверие к нему.

Все рукописи подвергаются рецензированию.

Всем статьям присваивается индивидуальный код DOI (Crossref DOI prefix: 10.35627).

Для публикации в журнале:

статьи в электронном виде должны быть отправлены через личный кабинет автора на сайте <https://zniso.fcgi.ru/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А.Ю. Попова

Д.м.н., проф., Заслуженный врач Российской Федерации; Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главный государственный санитарный врач Российской Федерации; заведующий кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора В.Ю. Ананьев

К.м.н.; Главный врач ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора; доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Г.М. Трухина

Д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; руководитель отдела микробиологических методов исследования окружающей среды института комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

Ответственный секретарь Н.А. Горбачева

К.м.н.; заместитель заведующего учебно-издательским отделом ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

В.Г. Акимкин д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

Е.В. Ануфриева д.м.н., доц.; заместитель директора по научной работе ГАУ ДПО «Уральский институт (научный редактор) управления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский внештатный специалист по медицинской помощи в образовательных организациях Минздрава России по Уральскому федеральному округу (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

А.М. Большаков д.м.н., проф. (г. Москва, Российская Федерация)

Н.В. Зайцева д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

О.Ю. Милушкина д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Н.В. Рудаков д.м.н., проф., акад. РАЕН; директор ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора; заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский ГМУ» Минздрава России (г. Омск, Российская Федерация)

О.Е. Троценко д.м.н.; директор ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора (г. Хабаровск, Российская Федерация)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.В. Алехнович д.м.н., проф.; заместитель начальника ФГБУ «Третий центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России по исследовательской и научной работе (г. Москва, Российская Федерация)

В.А. Алешкин д.б.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «Московский НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.Н. Габричевского» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

С.В. Балахонов д.м.н., проф.; директор ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Н.А. Бокарева д.м.н., доц.; профессор кафедры гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Е.Л. Борщук д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Оренбург, Российская Федерация)

Н.И. Брико д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; директор института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

В.Б. Гурвич д.м.н., Заслуженный врач Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Т.К. Дзагурова д.м.н., проф.; заведующий лабораторией геморрагических лихорадок ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита) (г. Москва, Российская Федерация)

С.Н. Киселев д.м.н., проф.; проректор по учебно-воспитательной работе, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Хабаровск, Российская Федерация)

О.В. Клепиков д.б.н., проф.; профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж, Российская Федерация)

В.Т. Комов д.б.н., проф.; заместитель директора по научной работе ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН» (п. Борок, Ярославская обл., Российская Федерация)

Э.И. Коренберг д.б.н., проф., акад. РАЕН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, заведующий лабораторией переносчиков инфекций ФГБУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

В.М. Корзун д.б.н.; старший научный сотрудник, заведующий зоолого-паразитологическим отделом ФКУЗ «Иркутский орден Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Е.А. Кузьмина к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

В.В. Кутырев д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)

Н.А. Лебедева-Несверя д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профилактическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

А.Н. Покида к.социол.н.; директор Научно-исследовательского центра социально-политического мониторинга Института общественных наук ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации) (г. Москва, Российская Федерация)

- Н.В. Полунина д.м.н., проф., академик РАН; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения имени академика Ю.П. Лисицына педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.В. Прокопенко д.м.н., проф.; заведующая лабораторией физических факторов отдела по изучению гигиенических проблем в медицине труда ФГБУН «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (г. Москва, Российская Федерация)
- И.К. Романович д.м.н., проф., академик РАН; директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- В.Ю. Семенов д.м.н., проф.; заместитель директора по организационно-методической работе Института коронарной и сосудистой хирургии им. В.И. Бураковского ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- С.А. Судьин д.социол.н., доц.; заведующий кафедрой общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- А.В. Суров д.б.н., членкор РАН; заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией сравнительной этиологии биокommunikации ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- В.А. Тутельян д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), эксперт ВОЗ по безопасности пищи (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.А. Хляп к.б.н.; старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (ИПЭЭ РАН) (г. Москва, Российская Федерация)
- В.П. Чашин д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- А.Б. Шевелев д.б.н.; главный научный сотрудник группы биотехнологии и геномного редактирования ИОГен РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- Д.А. Шпилев д.социол.н., доц.; профессор кафедры криминологии Нижегородской академии МВД России, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- М.Ю. Щелканов д.б.н., доц., директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, заведующий базовой кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности в Институте наук о жизни и биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)
- В.О. Щепин д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, руководитель научного направления ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- М.К. Амрин к.м.н., доц.; начальник отдела медицинских программ филиала Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Инфракос» Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (МЦРИАП РК) в городе Алматы (г. Алматы, Республика Казахстан)
- К. Баждарич доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)
- А.Т. Досмухаметов к.м.н., руководитель Управления международного сотрудничества, менеджмента образовательных и научных программ Филиала «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологического экспертизы и мониторинга» (НПЦ СЭЭИМ) РГП на ПХВ «Национального Центра общественного здравоохранения» (НЦОЗ) Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)
- В.С. Глушанко д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПК и ПК, профессор учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» Министерства здравоохранения Республики Беларусь (г. Витебск, Республика Беларусь)
- М.А. оглы Казимов д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку, Азербайджан)
- Ю.П. Курхинен д.б.н.; приглашенный ученый (программа исследований в области органической и эволюционной биологии), Хельсинкский университет, (Финляндия), ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научно-исследовательского центра РАН (г. Петрозаводск, Российская Федерация)
- С.И. Сычик к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)
- И. Томассен Cand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)
- Ю.О. Удланд доктор философии (мед.), профессор глобальной охраны здоровья, Норвежский университет естественных и технических наук (г. Тронхейм, Норвегия); ведущий научный сотрудник института экологии НИУ ВШЭ (г. Москва, Российская Федерация)
- Г. Ханн доктор философии (мед.), профессор; председатель общественной организации «Форум имени Р. Коха и И.И. Мечникова», почетный профессор медицинского университета Шарите (г. Берлин, Германия)
- А.М. Цацакис доктор философии (органическая химия), доктор наук (биофармакология), профессор, иностранный член Российской академии наук, полноправный член Всемирной академии наук, почетный член Федерации европейских токсикологов и европейских обществ токсикологии (Eurotox); заведующий кафедрой токсикологии и судебно-медицинской экспертизы Школы медицины Университета Крита и Университетской клиники Ираклиона (г. Ираклион, Греция)
- Ф.-М. Чжан д.м.н., заведующий кафедрой микробиологии, директор Китайско-российского института инфекции и иммунологии при Харбинском медицинском университете; вице-президент Хэйлунцзянской академии медицинских наук (г. Харбин, Китай)

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 30 № 9 2022

Выходит 12 раз в год

Основен в 1993 г.

Все права защищены. Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала ЗНиСО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. При использовании материалов ссылка на журнал ЗНиСО обязательна.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. Ответственность за достоверность информации, содержащейся в рекламных материалах, несут рекламодатели.

Контакты редакции:

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
E-mail: zniso@fcgje.ru
Тел.: +7(495) 633-1817 доб. 240
факс: +7(495) 954-0310
Сайт журнала: <https://zniso.fcgje.ru/>

Издатель:

ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
E-mail: gsen@fcgje.ru
Тел.: +7 (495) 954-45-36
<https://fcgje.ru/>

Редактор Я.О. Кин
Корректор Л.А. Зелексон
Переводчик О.Н. Лежнина
Верстка Е.В. Ломанова

Журнал распространяется по подписке. Подписной индекс по каталогу агентства «Урал-Пресс» – 40682. Статьи доступны по адресу <https://www.elibrary.ru>. Подписка на электронную версию журнала: <https://www.elibrary.ru>

По вопросам размещения рекламы в номере обращаться: zniso@fcgje.ru, тел.: +7(495) 633-1817

Опубликовано 30.09.2022
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 12,0
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9
С. 7–95.

Отпечатано в типографии ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 19А

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNI SO

Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 30, Issue 9, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor). Certificate of Mass Media Registration PI No. FS 77-71110 of September 22, 2017 (print edition)

Founder: Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Federal Budgetary Health Institution of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотrebnadzor)

The purpose of the journal is to publish main results of scientific research and practical achievements in hygiene, epidemiology, public health and health care, occupational medicine, sociology of medicine, medical and social expertise, and medical and social rehabilitation at the national and international levels.

The main objectives of the journal are:

- ✦ to broaden its publishing activities by expanding the geographical coverage of published data (including a greater involvement of representatives of the international scientific community);
- ✦ to strictly follow the principles of research and publishing ethics, to impartially evaluate and carefully select manuscripts in order to eliminate unethical research practices and behavior of authors and to avoid plagiarism; and
- ✦ to ensure the freedom of the content, editorial board and editorial council of the journal from commercial, financial or other pressure that discredits its impartiality or undermines confidence in it.

All manuscripts are peer reviewed. All articles are assigned digital object identifiers (Crossref DOI prefix: 10.35627)

Electronic manuscript submission at <https://zniso.fcgiie.ru>

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотrebnadzor, 2022

EDITORIAL BOARD

Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

Cand. Sci. (Med.); Head Doctor of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Assoc. Prof. of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief (Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Head of the Department of Microbiological Methods of Environmental Research, Institute of Complex Problems of Hygiene, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Moscow, Russian Federation

Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head of the Department for Educational and Editorial Activities, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vasily G. Akimkin

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Elena V. Anufrieva
(Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation

Alexey M. Bolshakov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation

Nina V. Zaitseva

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Olga Yu. Milushkina

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Nikolai V. Rudakov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Olga E. Trotsenko

Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichevsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Alekhnovich

Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Sergey A. Balakhonov

Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation

Natalia A. Bokareva

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Evgeniy L. Borshchuk

Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

Nikolai I. Briko

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Vladimir B. Gurvich

Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation

Tamara K. Dzagurova

Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomielitis), Moscow, Russian Federation

Sergey N. Kiselev

Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

Oleg V. Klepikov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geocology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Victor T. Komov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation

Eduard I. Korenberg

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir M. Korzun

Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation

Elena A. Kuzmina

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Kutyrev

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation

Natalia A. Lebedeva-Neseyrya Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovskiy Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Alexey V. Surov	Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director for Science, Chief Researcher, Head of the Laboratory for Comparative Ethology of Biocommunication, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation
Victor A. Tutelyan	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation
Liudmila A. Khlyap	Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Institute of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Valery P. Chashchin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation
Alexey B. Shevelev	Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Biotechnology and Genomic Editing Group, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation
Dmitry A. Shpilev	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, N.I. Lobachevsky National Research State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Mikhail Yu. Shchelkanov	Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Director of G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Head of the Basic Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology with the International Research and Educational Center for Biological Safety, School of Life Sciences and Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Virology Laboratory, Federal Research Center for East Asia Terrestrial Biota Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
Vladimir O. Shchepin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of Research Direction, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

Meiram K. Amrin	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Head of the Department of Medical Programs, Branch Office of RSE "Infrakos" of the Aerospace Committee, Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan, in Almaty, Almaty, Republic of Kazakhstan
Ksenia Bazhdarich	PhD, Senior Researcher, Medical Informatics Department, Faculty of Medicine, University of Rijeka, Rijeka, Croatia
Askhat T. Dosmukhametov	Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of International Cooperation, Management of Educational and Research Programs, Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring, National Center of Public Health Care of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan
Vasily S. Glushanko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care with the course of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Vitebsk, Republic of Belarus
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
Juri P. Kurhinen	Dr. Sci. (Biol.), Visiting Scientist, Research Program in Organismal and Evolutionary Biology, University of Helsinki, Finland; Leading Researcher, Laboratory of Landscape Ecology and Protection of Forest Ecosystems, Forest Institute, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
Yngvar Thomassen	Candidatus realium (Chem.), Senior Advisor, National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway; Leading Scientist, Arctic Biomonitoring Laboratory, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation
Aristidis Michael Tsatsakis	PhD (Org-Chem), DSc (Biol-Pharm), Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Full Member of the World Academy of Sciences, Honorary Member of EUROTOX; Director of the Department of Toxicology and Forensic Science, School of Medicine, University of Crete and the University Hospital of Heraklion, Heraklion, Greece
Sergey I. Sychik	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Director of the Republican Scientific and Practical Center for Hygiene, Minsk, Republic of Belarus
Jon Øyvind Odland	MD, PhD, Professor of Global Health, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway; Chair of AMAP Human Health Assessment Group, Tromsø University, Tromsø, Norway
Helmut Hahn	MD, PhD, Professor, President of the R. Koch Medical Society, Berlin, Germany
Feng-Min Zhang	Dr. Sci. (Med.), Chairman of the Department of Microbiology, Director of the China-Russia Institute of Infection and Immunology, Harbin Medical University; Vice President of Heilongjiang Academy of Medical Sciences, Harbin, China

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNIso

Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 30, Issue 9, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

All rights reserved. Reprinting and any reproduction of materials and illustrations in printed or electronic form is allowed only with the written permission of the founder and publisher – FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. A reference to the journal is required when quoting. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. Advertisers are solely responsible for the contents of advertising materials.

Editorial Contacts:

Public Health and Life Environment
FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology
19A Varshavskoe Shosse, Moscow,
117105, Russian Federation
E-mail: zniso@fcgie.ru
Tel.: +7 495 633-1817 Ext. 240
Fax: +7 495 954-0310
Website: <https://zniso.fcgie.ru/>

Publisher:

FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology
19A Varshavskoe Shosse, Moscow,
117105, Russian Federation
E-mail: gsen@fcgie.ru
Tel.: +7 495 954-4536
Website: <https://fcgie.ru/>

Editor Yaroslava O. Kin
Proofreader Lev A. Zelekson
Interpreter Olga N. Lezhnina
Layout Elena V. Lomanova

The journal is distributed by
subscription.
"Ural-Press" Agency Catalog
subscription index – 40682
Articles are available at [https://www.
elibrary.ru](https://www.elibrary.ru)

Subscription to the electronic version of
the journal at <https://www.elibrary.ru>
For advertising in the journal, please
write to zniso@fcgie.ru.

Published: September 30, 2022
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 12.0

Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.
2022;30(9):7–95.

Published at the Printing House of
the Federal Center for Hygiene and
Epidemiology, 19A Varshavskoe
Shosse, Moscow, 117105

© FBHI Federal Center for Hygiene and
Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Кадникова Е.П., Ярушин С.В. История становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области 7

СОЦИОЛОГИЯ МЕДИЦИНЫ

Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Различия в поведенческих практиках по сохранению и укреплению здоровья среди работников умственного и физического труда 18

МЕДИЦИНА ТРУДА

Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Чемезов А.И., Минигалиева И.А., Бушуева Т.В., Шеломенцев И.Г., Клинова С.В. Оценка влияния на биоэнергетические процессы клеток наночастиц селена как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья 29

Унесихина М.С., Чемезов А.И., Сутункова М.П. Метаболомное профилирование при атеросклеротическом поражении сосудов и влияние тяжелых металлов на протекание заболевания (обзор литературы) 35

Привалова Л.И., Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Гурвич В.Б., Минигалиева И.А., Бушуева Т.В., Тажигулова А.В., Соловьева С.Н., Кашнелсон Б.А. Профилактика комбинированного цитотоксического действия наночастиц оксидов селена и меди в эксперименте 43

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Козубская В.И., Мажаева Т.В., Синецкая С.В., Шелунцова Н.Г., Панов В.Г. Нарушения требований законодательства, приводящие к угрозе реализации пищевой продукции, не соответствующей качеству и безопасности, на предприятиях розничной торговли 49

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Потапкина Е.П., Мажаева Т.В., Носова И.А., Козубская В.И., Синецкая С.В., Дубенко С.Э. Система управления рисками в организации питания детей в муниципальных образовательных учреждениях 59

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Кадникова Е.П. Оценка состояния здоровья детей, проживающих в условиях воздействия токсической нагрузки в городах с развитой цветной металлургией Свердловской области 67

Мажаева Т.В., Дубенко С.Э., Штин Т.Н., Ярушин С.В., Чеботарькова С.А. Признаки фенотипических изменений у детей, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды 77

Хлыстов И.А., Харьковская П.К., Бугаева А.В., Замолотских Т.В., Штин Т.Н., Гурвич В.Б. Определение индикативных показателей для организации мониторинга источников питьевого водоснабжения при изменении климатических условий 84

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

Из истории санитарно-эпидемиологической службы Татарстана: Яковсон Абрам Львович (01.11.1923–10.12.1997) 91

Светлой памяти учителя. К 85-летию со дня рождения доктора медицинских наук, профессора Михайлуца Анатолия Павловича 92

Галина Константиновна Фетисова: «Гигиеническое воспитание и обучение населения – это очень важно и необходимо» 94

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

Памяти Кашнелсона Бориса Александровича 95

Public Health and Life Environment – PH&LE / Volume 30, Issue 9, 2022

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Gurvich VB, Kuzmin SV, Malykh OL, Kadnikova EP, Yarushin SV. The history of elaboration and development of socio-hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region 7

MEDICAL SOCIOLOGY

Pokida AN, Zygunovskaya NV. Differences in behavioral practices of health maintenance and promotion between knowledge and manual workers 18

OCCUPATIONAL MEDICINE

Ryabova YuV, Sutunkova MP, Chemezov AI, Minigalieva IA, Bushueva TV, Shelomentsev IG, Klinova SV. Evaluation of effects of selenium nanoparticles as an occupational and environmental chemical hazard on cellular bioenergetic processes 29

Unesikhina MS, Chemezov AI, Sutunkova MP. Metabolomic profiling in atherosclerotic lesions and the effect of heavy metals on the course of disease: A literature review 35

Privalova LI, Ryabova YuV, Sutunkova MP, Gurvich VB, Minigalieva IA, Bushueva TV, Tazhigulova AV, Solovyova SN, Katsnelson BA. Prevention of the combined cytotoxic effect of selenium and copper oxide nanoparticles in the animal experiment 43

NUTRITIONAL HYGIENE

Kozubskaya VI, Mazhaeva TV, Sinitsyna SV, Sheluntsova NG, Panov VG. Regulatory noncompliance posing threat of retailing nonconforming food products 49

PEDIATRIC HYGIENE

Potapkina EP, Mazhaeva TV, Nosova IA, Kozubskaya VI, Sinitsyna SV, Dubenko SE. Risk management system in municipal school catering 59

COMMUNAL HYGIENE

Kadnikova EP. Assessment of the health status of children exposed to industrial toxicants in the towns with developed non-ferrous metallurgy of the Sverdlovsk Region 67

Mazhaeva TV, Dubenko SE, Shtin TN, Yarushin SV, Chebotarkova SA. Signs of phenotypic changes in children constantly exposed to elevated environmental levels of chemical pollutants in the city of Nizhny Tagil 77

Khlystov IA, Kharkova PK, Bugaeva AV, Zamolotskikh TV, Shtin TN, Gurvich VB. Determination of key quality indicators for organization of potable water source monitoring under changing climatic conditions 84

MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

From the history of the sanitary and epidemiological service of Tatarstan: Abram L. Yakobson (Nov 1, 1923–Dec 10, 1997) 91

The teacher of blessed memory: Marking the 85th birth anniversary of Professor Anatoly P. Mikhailuts 92

Galina K. Fetisova: "Hygiene education and training of the population is very important and necessary" 94

REVERING THE MEMORY OR THE COLLEAGUE

In memory of Boris A. Katsnelson 95



История становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области

В.Б. Гурвич¹, С.В. Кузьмин², О.Л. Малых¹, Е.П. Кадникова³, С.В. Ярушин¹

¹ ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

² ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, д. 2, г. Мытищи, Московская обл., 141014, Российская Федерация

³ Управление Роспотребнадзора по Свердловской области, пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

Резюме

Введение. Создание и развитие социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области является примером реализации актуального и практически значимого государственного инструмента в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на междисциплинарной основе с использованием системного подхода к анализу взаимосвязей качества среды обитания и состояния здоровья человека. Это определило цель исследования: проанализировать историю становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области в XX–XXI вв.

Материалы и методы. Рассмотрены три периода становления социально-гигиенического мониторинга: 1991–2000, 2001–2010 и 2011–2020 годы, а также период с 2021 года, каждый из которых характеризуется внедрением значимых решений, направленных на повышение результативности и эффективности информационно-аналитического обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, оценку, управление, мониторинг и информирование о рисках для здоровья населения.

Результаты. Рассмотрены основные события, определившие развитие системы социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области, специалисты, обеспечившие это развитие, их новации, зачастую впервые внедренные в практическую деятельность органов и организаций Роспотребнадзора, а также тиражирование опыта и достигнутых результатов в иных субъектах Российской Федерации.

Заключение. Дано описание направлений совершенствования и задач на среднесрочную перспективу, стоящих перед социально-гигиеническим мониторингом в Свердловской области, по реализации Концепции развития социально-гигиенического мониторинга на период до 2030 г.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, создание, развитие, санитарно-эпидемиологическое благополучие, оценка и управления риском для здоровья населения.

Для цитирования: Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Кадникова Е.П., Ярушин С.В. История становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 7–17. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-7-17>

Сведения об авторах:

Гурвич Владимир Борисович – д.м.н., научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: info@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Кузьмин Сергей Владимирович – д.м.н., профессор, директор ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: kuzminsv@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9119-7974>.

Малых Ольга Леонидовна – к.м.н., научный сотрудник лаборатории социально-гигиенического мониторинга и управления рисками, ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: malyh_ol@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Кадникова Екатерина Петровна – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Свердловской области; e-mail: Kadnikova_EP@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8891-1922>.

✉ **Ярушин Сергей Владимирович** – заведующий лабораторией социально-гигиенического мониторинга и управления рисками, ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: sergeyy@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7735-0274>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн работы: Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Ярушин С.В.; сбор материалов, обзор литературы: Малых О.Л., Кадникова Е.П.; подготовка рукописи: Ярушин С.В., Малых О.Л., Кадникова Е.П., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б.; редактирование: Ярушин С.В. Все авторы одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 21.07.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

The History of Elaboration and Development of Socio-Hygienic Monitoring in the Sverdlovsk Region

Vladimir B. Gurvich,¹ Sergey V. Kuzmin,² Olga L. Malykh,¹
Ekaterina P. Kadnikova,³ Sergey V. Yarushin¹

¹ Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

² F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, 2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

³ Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

Summary

Background: The creation and development of socio-hygienic (public health) monitoring in the Sverdlovsk Region is an example of implementing a relevant and practically important governmental instrument in the field of ensuring sanitary and

epidemiological welfare of the population on an interdisciplinary basis using a systematic approach to analyzing health effects of environmental factors. This has determined the *objective* of the study to analyze the history of the development of social and hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region in the 20th – 21st centuries.

Materials and methods: We describe three timespans of the development of socio-hygienic monitoring: the years 1991–2000, 2001–2010, and 2011–2020, as well as the period since 2021, each described by implementation of significant decisions aimed to increase efficiency of information and analytical support of sanitary and epidemiological welfare and health risk assessment, management, monitoring, and communication.

Results: The article highlights the milestones that have influenced the development of the system of socio-hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region, name its contributors and specify their innovations put into practice, often for the first time in history, of the bodies and institutions of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), and delineate dissemination of experience and achieved results in other constituent entities of the Russian Federation.

Conclusion: We outline areas for improvement and medium-term objectives of socio-hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region within implementation of the Concept for Development of Socio-Hygienic Monitoring through to 2030.

Keywords: socio-hygienic monitoring, formation, development, sanitary and epidemiological wellbeing, health risk assessment and management.

For citation: Gurvich VB, Kuzmin SV, Malykh OL, Kadnikova EP, Yarushin SV. The history of elaboration and development of socio-hygienic monitoring in the Sverdlovsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):7–17. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-7-17>

Author information:

Vladimir B. **Gurvich**, Dr. Sci. (Med.), Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: info@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Sergey V. **Kuzmin**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, of F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene; e-mail: kuzminsv@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9119-7974>.

Olga L. **Malykh**, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Laboratory of Socio-Hygienic Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: malyh_ol@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>.

Ekaterina P. **Kadnikova**, Head of the Department of Socio-Hygienic Monitoring, Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: Kadnikova_EP@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8891-1922>.

✉ Sergey V. **Yarushin**, Head of the Laboratory of Socio-Hygienic Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: sergeyy@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8215-9944>.

Author contributions: conception and design: *Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Yarushin S.V.*; data collection, literature review: *Malykh O.L., Kadnikova E.P.*; draft manuscript preparation: *Yarushin S.V., Malykh O.L., Kadnikova E.P., Kuzmin S.V., Gurvich V.B.*; revision: *Yarushin S.V.* All authors approved the final version of the manuscript.

Compliance with the rules of bioethics: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: July 21, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Становление и развитие социально-гигиенического мониторинга (далее – СГМ) в последние три десятилетия является примером реализации актуального и практически значимого государственного инструмента в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, реализуемого на междисциплинарной основе с использованием системного подхода к анализу взаимосвязей качества среды обитания и состояния здоровья человека [1]. Информационно-аналитическая составляющая обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения является составной частью решения задач санитарно-эпидемиологической службы и основой надзорной деятельности в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения на протяжении всего столетия ее существования.

В год 100-летнего юбилея санитарно-эпидемиологической службы – система социально-гигиенического мониторинга отпраздновала 31-ю годовщину со дня создания первого в России отдела социальной гигиены, а в последующем социально-гигиенического мониторинга. Развитие и практическая значимость системы социально-гигиенического мониторинга актуальна и сегодня, что связано с усилением и ужесточением требований к своевременности, полноте и достоверности исходной информации, формированию баз данных и их аналитической и прогностической обработке, оценке эффективности и результативности деятельности всех уровней государственной власти и местного самоуправления в комплексной системе оценок «надзор – управление – среда – здоровье» [2].

В 80-х годах прошлого столетия в Свердловской области сложились уникальные условия для создания и апробации актуальных для этих лет требований к информационно-аналитической системе для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Для Свердловской области как административной единицы Российской Федерации характерны все базовые приоритетные общегосударственные проблемы страны в сфере организации наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания. В регионе сложился кадровый, ресурсный и научный потенциал, позволивший в этот период сделать первые шаги к полномасштабному сбору информации и изучению проблем состояния здоровья населения в связи с влиянием загрязнения окружающей среды в крупных промышленных городах, приступить к созданию, а в последующем и развитию социально-гигиенического мониторинга в 54 центрах государственного санитарного эпидемиологического надзора области. Впервые были предложены оптимальные решения для реализации функций СГМ в зависимости от уровня развития территории, от поставленных задач, отработать их в практической деятельности по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, унифицировать и в последующем тиражировать опыт и результаты в иных субъектах Российской Федерации на основе создания единой многоуровневой системы, объединяющей федеральный, региональный и муниципальный

уровни управления [3]. В этот период становления информационно-аналитической системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области накопился значительный опыт сбора и формирования информационных потоков, их обработки и применения результатов анализа в практической деятельности по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Все это стало базой для создания и развития региональной системы социально-гигиенического мониторинга, реализуемой во всех муниципальных образованиях Свердловской области, и этот опыт лег в основу разработанных впервые методических документов федеральной системы СГМ. Были предложены, отработаны и внедрены в практическую деятельность Центра госсанэпиднадзора в Свердловской области программно-технические комплексы и лабораторно-диагностическое оборудование на уровне современных зарубежных аналогов, позволяющие обеспечить решение расширяющихся задач информационно-аналитического обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Основы легитимности системы социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области были заложены в 1989 г., когда была разработана «Концепция деятельности санитарно-эпидемиологической службы Свердловской области», принятая на совещании главных санитарных врачей городов и районов области и в 1990 г. одобренная Коллегией Министерства здравоохранения РСФСР. Для реализации этой Концепции, суть которой состояла в ориентации службы на управление охраной здоровья «здоровых людей» и профилактику эпидемиологически и социально значимых заболеваний, была принята схема, не потерявшая свою значимость и в настоящее время. Эта схема включает следующие составляющие:

– мониторинг здоровья населения, как объект и конечная социально-значимая цель обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

– факторный мониторинг состояния среды обитания, обеспечивающий наблюдение не только и даже не столько за отдельными показателями, характеризующими объекты среды обитания, а за их комплексом, обеспечивающим получение интегрированной, многокомпонентной информации о состоянии факторов среды обитания;

– анализ информации и установление влияния на состояние здоровья населения комплекса факторов среды обитания и оценка санитарно-эпидемиологической ситуации (включая влияние социально-экономических и санитарно-гигиенических факторов, а также факторов образа жизни);

– разработка мероприятий по управлению санитарно-эпидемиологической обстановкой и деятельностью санэпидслужбы по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

– контроль за выполнением обоснованных и принятых к исполнению мероприятий, оценка их результативности и экономической эффективности по критериям состояния и риска для здоровья населения.

Это определило **цель исследования**: проанализировать историю становления и разви-

тия социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области в XX–XXI вв.

Материалы и методы. Рассмотрены периоды становления социально-гигиенического мониторинга. Проведено экспертное и аналитическое исследование исторических источников, научных трудов, показана реализация международных методических подходов по перспективным направлениям деятельности службы и внедрена система медико-профилактических мероприятий.

Результаты. В апреле 1991 г. впервые в Российской Федерации под руководством Бориса Ивановича Никонова, Владимира Борисовича Гурвича, Сергея Владимировича Кузьмина был создан отдел социальной гигиены в Свердловском областном центре госсанэпиднадзора. В последующем были открыты первые отделы социально-гигиенического мониторинга в городах: Екатеринбург, Каменск-Уральский, Серов, Верхняя Пышма, Березовский, Первоуральск, которые активно участвовали в развитии и реализации задач социально-гигиенического мониторинга, проведении эколого-эпидемиологических исследований, оценки риска для здоровья и были передовыми площадками для обучения специалистов из других центров госсанэпиднадзора. На базе крупных городских центров Нижнего Тагила, Екатеринбурга, Каменска-Уральского были созданы первые группы по сбору информации, формированию баз данных и оценке влияния факторов среды обитания человека на состояние здоровья населения.

Периоды становления и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области определяются теми ключевыми моментами, которые позволили изменить и кардинально поменять подходы к ведению информационно-аналитического обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в регионе. Первоочередным вектором развития социально-гигиенического мониторинга являлось и было синхронизировано, в первую очередь, обеспечением наиболее эффективного и результативного надзора за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований в различных областях деятельности.

1991–2000 годы

В первой пятилетке этого периода реализованы элементы информационно-аналитической системы оценки влияния факторов среды обитания на здоровье человека:

– создана региональная система сбора, верификации данных и информации по показателям здоровья населения и качества среды обитания;

– разработаны и систематизированы показатели социально-гигиенического мониторинга;

– отработана и внедрена методология факторно-типологического анализа [4];

– проведена оценка существующих баз данных и предложено их расширение на основе оценки состояния санитарно-эпидемиологического благополучия населения, включая данные специальных эпидемиологических исследований.

Впервые в Российской Федерации результаты социально-гигиенического мониторинга на систематической основе начали использоваться для планирования и оценки деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, разработки и обоснования региональных целевых программ.

В этот период началось использование программного средства АИС-Заболеемость, разработанного сотрудниками отдела автоматизированных систем управления Центра госсанэпиднадзора в Свердловской области. Специалистами отдела СГМ созданы программные средства для сбора и обработки данных по осложнениям беременности и родов, по заболеваемости злокачественными новообразованиями и врожденными пороками развития. Впервые была создана система персонализированного мониторинга социально-значимых заболеваний, включая злокачественные новообразования, острые отравления, детский травматизм, врожденные пороки развития, инфекционные, профессиональные заболевания, болезни системы кровообращения. В городе Нижнем Тагиле, который был пилотной территорией в РСФСР, отрабатывались технологии ежедневного сбора данных по смертности населения, по обращаемости за скорой медицинской помощью, по персонализированной заболеваемости всего населения. В этот период активно осуществлялось межведомственное взаимодействие по созданию баз данных по качеству среды обитания, комплексу показателей состояния здоровья в Свердловской области.

В 1992 г. с участием научных организаций на основе анализа всего массива данных выходит первый Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Свердловской области», который определил приоритетные задачи по улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки для Свердловской области.

В период становления и разработки основ концептуального развития информационно-аналитической системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения с 1991 по 1996 г. заведующим отделом социальной гигиены в областном центре госсанэпиднадзора был Кузьмин Сергей Владимирович.

В 1995–2001 гг. социально-гигиенический мониторинг становится самостоятельным направлением обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, определяемым как государственная информационно-аналитическая система мониторинга. Разработаны и внедрены методы и технологии анализа влияния факторов среды обитания на здоровье человека [5]. Внедрена методология оценки риска для здоровья населения. Внедряются методы проведения лабораторных исследований специально для решения задач социально-гигиенического мониторинга. Усиливается направленность социально-гигиенического мониторинга на обеспечение и оптимизацию надзорной деятельности по приоритетным факторам среды обитания и объектам надзора.

Разработаны и апробированы с учетом реализации международных подходов методические подходы по перспективным направлениям деятельности службы, проведению специальных эколого-эпидемиологических исследований, оценке риска для здоровья населения; осуществлен первый опыт проведения эпидемиологических исследований по оценке свинцового риска для здоровья детей и применения результатов в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Начаты работы по оценке экономического ущерба для здоровья населения в результате загрязнения среды обитания человека

и деятельности промышленных предприятий, а также внедрение элементов управления риском для здоровья населения, подвергающегося воздействию неблагоприятных факторов среды обитания, включая компенсационные меры для снижения вреда для здоровья населения. Выполнены исследования по оценке влияния социально-экономических факторов на состояние здоровья населения и их типологизация.

На протяжении этих лет деятельность по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия настраивалась на приоритеты в состоянии здоровья населения и среды обитания, определяемые по результатам социально-гигиенического мониторинга. Получают развитие работы по биомониторингу содержания токсичных веществ в биологических средах как инструмента оценки экспозиции и влияния факторов загрязнения среды обитания на здоровье человека [6].

Заложены основы создания системы профилактики, диагностики и восстановительного лечения заболеваний у детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях, внедрены технологии гигиенической диагностики, биомониторинг оценки содержания приоритетных химических соединений и их метаболитов в биологических средах. Служба активно взаимодействует с научными и учебными учреждениями санитарно-эпидемиологического профиля, начата целевая подготовка кадров для подразделений Службы в муниципальных образованиях. Практико-ориентированный подход, заложенный доктором медицинских наук, профессором Никоновым Борисом Ивановичем в систему подготовки специалистов, в настоящее время является главным принципом образовательных программ для медико-профилактического факультета Уральской государственной медицинской академии.

В 1996–2001 гг. решение задач развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области получило поддержку в рамках реализации международного Проекта по управлению окружающей средой в Российской Федерации. Специалисты отдела социально-гигиенического мониторинга Областного центра госсанэпиднадзора, Екатеринбургского медицинского научного центра профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий в рамках подкомпонентов «Экологическая эпидемиология», «Экологическая политика», «Управление водными ресурсами», «Управление отходами» этого проекта, ориентированных на Международные подходы CDC, EPA, ВОЗ к изучению загрязнения среды обитания, оценке и управлению рисками, коммуникационным технологиям, существенно обогатили научными и практическими знаниями созданную в области школу гигиенистов, токсикологов и эпидемиологов, ученых, экологов, экономистов, политиков [7].

Впервые в России и области проведены исследования по изучению влияния загрязнения атмосферного воздуха на развитие хронических респираторных симптомов у детей в 8 городах Свердловской области, влияния краткосрочных изменений уровней загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле на респираторную систему детей и была проведена оценка многосредового риска для здоровья населения города Верхняя Пышма. Параллельно проводились

исследования по установлению влияния свинца в окружающей среде на здоровье детей, нервно-психическое развитие различных групп детей в городах с развитой металлургической промышленностью: Красноуральске, Кировграде, Первоуральске, а также Екатеринбурге, Кушве. На основе международного опыта были внедрены технологии биологического мониторинга свинца в организме детей, беременных женщин. Был отработан опыт управления и снижения свинцового риска и реализован в региональной целевой программе «Охрана окружающей природной среды от свинцового загрязнения и снижение его влияния на здоровье населения Свердловской области»¹ (Постановление Правительства Свердловской области № 293-ПП от 15 марта 1999 г.), успешно реализованной в территориях риска.

Впервые в практическую деятельность службы внедрены методические подходы к ведению мониторинга пылевых частиц PM10 и PM2,5, проведению специальных эколого-эпидемиологических исследований в системе «среда обитания – здоровье» в комплексе с прогностической оценкой риска для здоровья населения.

2001–2010 годы

Основой развития социально-гигиенического мониторинга этого периода в Свердловской области являлся системный подход к оценке риска для здоровья населения как основной части социально-гигиенического мониторинга [8, 9]. Начался период разработки и внедрения методов и технологий управления риском для здоровья населения в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, применения результатов СГМ в надзорной деятельности по соблюдению санитарно-эпидемиологических требований на основе риск-ориентированных подходов и применения экономических инструментов управления риском для здоровья.

Для этого периода характерно расширение использования методов и технологий, обеспечивающих системное решение проблем, связанных с нейтрализацией угроз, минимизацией рисков и предотвращением вреда здоровью человека:

– впервые начались работы по проведению пространственного анализа данных на основе использования геоинформационных технологий при оценке и управлении санитарно-эпидемиологической обстановкой;

– разработаны методические подходы по использованию результатов СГМ при бюджетировании, ориентированном на социально значимый конечный результат;

– осуществлялось ведение и получил развитие региональный информационный фонд СГМ [10], базирующийся на сборе сведений и данных в за-

висимости от выполняемых функций на уровне каждого центра ГСЭН и решения территориальных задач муниципальных образований;

– внедрены методы статистического анализа данных (с применением методов факторно-типологического, корреляционного и регрессионного анализа) и проведены работы по установлению наличия статистически значимых связей между показателями среды обитания и популяционного здоровья населения;

– создана и внедрена региональная система управления рисками для здоровья населения Свердловской области;

– разработаны и внедрены инструменты и экономические оценки для обоснования и выбора управленческих решений в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, основанные на методах «затраты – эффективность», «затраты – выгоды».

В 2001 г. выходит первый Атлас «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Свердловской области», в 2002 г. – первая брошюра «Региональные особенности санитарно-эпидемиологической обстановки в Свердловской области» и «Санитарно-эпидемиологический паспорт муниципального образования», которые определяли не только приоритетные проблемы территорий, но и задачи для управления рисками на уровне каждого муниципального образования.

В этот период велика роль Службы в управлении рисками для здоровья населения на всех уровнях принятия решений в Свердловской области и в подтверждение этого принята и успешно реализованная первая в области «Концепция экологической безопасности Свердловской области»² 2004 г.; «Концепция «Сбережение населения Свердловской области на период до 2015 года»³ (постановление Правительства Свердловской области № 393-ПП от 06 июня 2001 г.), областной государственной целевой программы «Экология и природные ресурсы Свердловской области»⁴, решения Совета общественной безопасности Свердловской области от 13 марта 2002 г.

Начиная с 2001 г. внедрена система медико-профилактических мероприятий по управлению риском для здоровья населения, проживающего на территориях с высоким уровнем химического загрязнения среды обитания. Впервые приняты на уровне Правительства Свердловской области документы: областная государственная целевая программа «Создание системы профилактики, диагностики и лечения заболеваний у детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях»⁵ (постановление Правительства Свердловской области № 150-ПП от 11 марта 2001 г.), областная государственная целевая программа «Экология и

¹ Постановление Правительства Свердловской области от 15 марта 1999 г. № 293-п «Об областной целевой программе «Охрана окружающей природной среды от свинцового загрязнения и снижение его влияния на здоровье населения Свердловской области»».

² Постановление Правительства Свердловской области от 16 июня 2004 г. № 505-ПП «О Концепции экологической безопасности Свердловской области на период до 2015 года».

³ Постановление Правительства Свердловской области от 31 марта 2003 г. № 172-ПП «Об утверждении плана мероприятий по реализации Концепции «Сбережение населения Свердловской области на период до 2015 года» на 2003–2004 годы».

⁴ Постановление Правительства Свердловской области от 15 ноября 2001 г. № 769-ПП «Об областной государственной целевой программе «Экология и природные ресурсы Свердловской области на 2002 год» (с изменениями и дополнениями).

⁵ Постановление Правительства Свердловской области от 11 марта 2001 г. № 150-ПП «Об утверждении основных направлений и областной государственной целевой программы «Создание системы профилактики, диагностики и лечения заболеваний у детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях, в 2001 году»».

природные ресурсы Свердловской области»⁶ (постановление Правительства Свердловской области № 393-ПП от 01 июля 2003 г.), Комплексный план реабилитации здоровья населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях Свердловской области, на период до 2015 года⁷ (принят на заседании Правительства Свердловской области 11 октября 2004 г.).

В рамках реализации комплекса медико-профилактических мероприятий в 2003–2008 гг. впервые в Свердловской области внедрена система индивидуальной диагностики заболеваний у детей, ассоциированных с химическим загрязнением [11]. Работы по реабилитации здоровья населения, проживающего на территориях повышенного химического загрязнения среды обитания, проводятся в 14 муниципальных образованиях Свердловской области (города Екатеринбург, Нижний Тагил, Каменск-Уральский, Краснотурьинск, Серов, Красноуральск, Кировград, Верхняя Пышма, Первоуральск, Рева, Реж, Асбест, Полевской, Сухой Лог). Для всех городов выполнена многосредовая оценка химического риска здоровью населения и оценка персональных экспозиций, что позволило установить причины зачастую низкой эффективности оздоровительных и лечебных мероприятий среди групп риска, проводимых без достаточного учета индивидуальных уровней воздействия загрязнения. Это существенно повысило адресность реализуемых медико-профилактических мероприятий. В таком объеме и детализации оценка риска для здоровья, в том числе и до настоящего времени, выполнена только в Свердловской области среди всех субъектов Российской Федерации.

Совместная работа с научными школами гигиенистов, педиатров, аллергологов, акушеров-гинекологов, психологов системы здравоохранения позволила оценить вклад индивидуальных и химических факторов в риски для здоровья беременных женщин, новорожденных детей и детей первых лет жизни, проживающих на территориях с высокими уровнями химического загрязнения среды обитания. Были разработаны и до настоящего времени реализуются рекомендации по адресной персонализированной медико-профилактической помощи, основанные на принципах опережающего противодействия риску для здоровья и адаптации к неблагоприятному химическому воздействию. Технологии биологической профилактики риска развития заболеваний, связанных с химическим загрязнением среды обитания, разработанные, апробированные и внедряемые под руководством профессора Б.А. Кацнельсона, профессора Л.И. Приваловой, д.м.н. М.П. Сутунковой, к.м.н.

Ю.И. Солобоевой и других ученых, до настоящего времени не имеют аналогов в России по своей эффективности.

Применение экономических оценок в системе управления рисками легло в основу разработанных и внедренных в практическую деятельность методических рекомендаций «Методические подходы к экономической оценке рисков для жизни здоровья населения в связи с воздействием факторов среды обитания»⁸ и «Методические подходы к экономической оценке и обоснованию решений в области управления риском для жизни и здоровья населения в связи с воздействием факторов среды обитания»⁹, впервые принятых и апробированных в Российской Федерации.

На каждом этапе развития СГМ отработывались новые задачи, методические подходы [12] с учетом современной обстановки, новых вызовов и потребностей в управлении рисками для здоровья населения [13]. Так, важным направлением развития системы социально-гигиенического мониторинга явилось изучение поведенческих факторов риска развития приоритетных заболеваний и разработка рекомендаций по формированию здорового образа жизни населения. Роспотребнадзор Свердловской области во взаимодействии с гигиенической наукой, профилактической медициной, образовательными организациями активно приступили к разработке и внедрению мероприятий, направленных на улучшение качества жизни населения [14]. При поддержке Губернатора Свердловской области и Правительства Свердловской области приняты первые документы: «План мероприятий по формированию здорового образа жизни населения Свердловской области на 2009–2012 годы»¹⁰, «Концепция формирования здорового образа жизни и профилактики заболеваний, травм и несчастных случаев на территории Свердловской области до 2020 года»¹¹. С 2008 г. стали традиционными ежегодные Уральский Конгресс по здоровому образу жизни, марафоны и выставки, посвященные ЗОЖ, и в 2022 г. пройдет уже XIV Уральский Конгресс.

Огромная заслуга в научно-методическом сопровождении СГМ принадлежит Уральской школе ученых, впервые были подготовлены и тиражированы в Российской Федерации: сборник информационно-методических документов «Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение», 2003 г. (авторы Л.И. Привалова, Б.А. Кацнельсон, С.В. Кузьмин, Б.И. Никонов, В.Б. Гурвич, А.А. Кошелева, О.Л. Малых, С.А. Воронин), «Оценка и управление риском для здоровья населения» (авторы С.В. Кузьмин, Б.А. Кацнельсон, С.В. Ярушин, Л.И. Привалова,

⁶ Постановление Правительства Свердловской области от 1 июля 2003 г. № 393-ПП «Об утверждении областной государственной целевой программы “Экология и природные ресурсы Свердловской области на 2004 год”» (с изменениями и дополнениями).

⁷ Постановление Правительства Свердловской области от 16 августа 2005 г. № 665-ПП «О комплексном плане мероприятий по реабилитации здоровья населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях Свердловской области, на период до 2015 года».

⁸ МР 5.1.0029–11 «Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.).

⁹ МР 5.1.0030–11 «Методические рекомендации к экономической оценке и обоснованию решений в области управления риском для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.).

¹⁰ Постановление Правительства Свердловской области от 14 октября 2009 г. № 1196-ПП «Об утверждении Комплексного плана мероприятий по формированию здорового образа жизни населения Свердловской области на 2009–2012 годы» (с изменениями и дополнениями).

¹¹ Постановление Правительства Свердловской области от 20 мая 2009 года № 557-ПП «О концепции формирования здорового образа жизни и профилактики заболеваний в Свердловской области на период до 2020 года».

Т.Д. Дегтярева, Е.А. Кузьмина), монография «Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга» (авторы Б.А. Кашнелсон, Л.И. Привалова, С.В. Кузьмин, В.И. Чибуряев, Б.И. Никонов, В.Б. Гурвич).

С 2002 г. заведующим отделом социальной гигиены в областном центре госсанэпиднадзора, а затем начальником отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора до октября 2020 г. была к.м.н. Малых Ольга Леонидовна.

С 2005 по 2011 г. заведующим отделом социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» был к.м.н. Воронин Сергей Александрович.

2010–2020 годы

Ключевым трендом развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области, как и в Российской Федерации, в этот период являлась информационно-аналитическая составляющая обеспечения методологии оценки риска для здоровья населения, основанная на развитии лабораторного обеспечения, мониторинга качества объектов среды обитания на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» и его филиалов. Впервые предложенные д.м.н. В.Б. Гурвичем, д.м.н., профессором С.В. Кузьминым, к.м.н. С.А. Ворониным методические подходы к организации и проведению оптимизированного мониторинга факторов среды обитания человека (включая атмосферный воздух, почву, продукты питания, питьевую воду) успешно внедряются в практическую деятельность Службы и нашли отражение в методических рекомендациях для специалистов Роспотребнадзора.

Все эти годы создание и развитие СГМ невозможно без научного обеспечения и сопровождения. Подтверждение этому созданный отдел комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения с входящей в его структуру лабораторией социально-гигиенического мониторинга и управления риском в Екатеринбургском медицинском научном центре профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий путем объединения двух отделов (отдела гигиены окружающей среды и экологии человека и отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения). Все это позволило оперативно и результативно решать возникшие перед Службой задачи с учетом современных угроз и вызовов санитарно-эпидемиологической обстановки, обеспечить научно-методическое сопровождение социально-гигиенического мониторинга, эффективно внедрять в практическую деятельность инновационные разработки [15].

Достижения этого периода развития системы СГМ сконцентрированы на ключевых направлениях:

- адресное управление рисками в условиях новых рисков и угроз, связанных с влиянием санитарно-гигиенических и эпидемиологических факторов, социально-экономических факторов, условий жизнедеятельности и факторов образа жизни;

- совершенствование системы мониторинга и управления острыми отравлениями населения в быту;

- развитие системы гигиенической диагностики, оценки риска для здоровья населения и эффективной реализации системы медико-профилактических мероприятий управления химическим риском для здоровья населения;

- реализация системы анализа и обоснования принятия управленческих решений на региональном и муниципальном уровнях в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, включая применение экономических механизмов;

- построение алгоритмов анализа, включая пространственный анализ на картографическом материале, и оценки санитарно-эпидемиологической обстановки, выбора приоритетных объектов надзора в связи с проведением Чемпионата мира по футболу в 2018 г. в Екатеринбурге.

Отдельного внимания заслуживают эколого-эпидемиологические работы по оценке влияния изменения климатических условий на состояние здоровья населения по результатам которых были оценены влияние волн жары (действие стабильного антициклона), высокая температура и дополнительное загрязнение атмосферного воздуха от пожаров на качество атмосферного воздуха в промышленно развитых городах Свердловской области (на примере городов Нижний Тагил и Верхняя Пышма), повышение риска для здоровья и влияние на уровень смертности населения. По результатам этих исследований выпущены на федеральном уровне методические рекомендации «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения высокого риска»¹².

Велика заслуга д.м.н., профессора, академика РАН Величковского Бориса Тихоновича в изучении влияния социально-экономических факторов, социального стресса на преждевременную смертность и состояние здоровья населения Российской Федерации и Свердловской области. Впервые на основе математических моделей был показан вклад факторов социального стресса в продолжительность жизни, потери трудового потенциала. Полученные результаты использованы при разработке и принятии управленческих решений, обосновании стратегических документов по демографическому развитию Свердловской области [16].

Учитывая современную эпидемиологическую обстановку, обусловленную распространением новой коронавирусной инфекцией COVID-19, важным направлением развития аналитических задач СГМ явился мониторинг гриппа, пневмоний, ОРЗ и анализ влияния комплекса факторов на показатели заболеваемости и преждевременной смертности населения, прогнозирование возникновения случаев новой коронавирусной инфекции, управление ситуацией и оценка экономически потерь. Успешное применение ГИС-технологий позволило визуализировать данные мониторинга для информирования населения области, ежедневный оперативный анализ с применением ГИС-технологий позволил представить доступную информацию для лиц, принимающих решения.

¹² МР 2.1.10.0057–12 «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска» (утв. Роспотребнадзором 17 января 2012 г.).

Реализация Федеральных проектов «Чистый воздух», «Чистая вода», «Укрепление общественного здоровья» с 2019 г. на территориях Свердловской области дали толчок к оптимизации и очередному пересмотру системы мониторинга объектов среды обитания [17, 18]. Полученные данные по загрязнению атмосферного воздуха, питьевой воды, потреблению, качеству и безопасности продуктов питания в муниципальных образованиях позволили оценить риски для здоровья населения, включая детское население в образовательных учреждениях. Впервые получены результаты проведения мониторинговых исследований атмосферного воздуха города Нижний Тагил по 33 приоритетным загрязняющим веществам, выполнена оценка риска и обоснованы приоритетные вещества для квотирования выбросов от основных источников. Это позволило обосновать принятый в городе «Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух», подготовленный с использованием экономических инструментов обоснования мер по управлению рисками.

Реализуемая система СГМ позволяет получить ключевые результаты для обоснования и целевого адресного планирования мер по управлению рисками в целях улучшения демографической, экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки и дать прогноз изменения медико-демографической ситуации при различных сценариях управления риском для здоровья населения в среднесрочной перспективе.

Опыт Свердловской области, основанный на научной платформе, прочно созданной Екатеринбургским медицинским научным центром профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, представлен в материалах Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 г. [19], определяющей на долгосрочную перспективу стратегию, цели и задачи, принципы, пути, этапность и механизмы повышения эффективности и результативности информационно-аналитического обеспечения принятия управленческих решений на федеральном, региональном и местном уровнях, а также на уровне субъекта хозяйствования по приоритетным направлениям государственной политики в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и защиты прав потребителей. В Свердловской области создана уникальная конгломерация практического и научного потенциалов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека для достижения целей и решения стратегических задач развития социально-гигиенического мониторинга как на региональном уровне в Свердловской области, так и целом в Российской Федерации [20].

Важным направлением развития системы СГМ является коммуникация и информирование о рисках, включая все фокус-группы среды населения, представителей бизнеса и общественности, и эти технологии также активно реализуются на всех территориях области. По результатам СГМ издаются буклеты, плакаты, брошюры, календари, видеоролики, обучающие программы.

В этот период были подготовлены: сборник организационных, информационных и методических

материалов «Региональная система управления риском для здоровья населения» (под ред. д.м.н. В.Б. Гурвича), монография «Роспотребнадзор: организация, полномочия и функции» (авторы: А.П. Боярский, Б.И. Никонов, О.В. Диконская).

В 2014 г. была создана кафедра социальной гигиены и организации санитарно-эпидемиологической службы в Уральской государственной медицинской академии, которую основал и возглавил выпускник Свердловского государственного медицинского института д.м.н. профессор С.В. Кузьмин. На кафедре впервые разработана и реализуется дисциплина «социально-гигиенический мониторинг» и ведется подготовка по этому направлению не только студентов – будущих врачей по специальности «медико-профилактическое дело», но и переподготовка, повышение квалификации по направлению «социально-гигиенический мониторинг и оценка риска». В 2018 г. в связи с присоединением кафедр возникла объединенная кафедра эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы, которая является выпускающей на медико-профилактическом факультете. На кафедре реализуются образовательные программы подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре по специальности «Социальная гигиена и организация госсанэпидслужбы».

С августа 2020 по 2021 г. исполняющим обязанности начальником отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора была к.м.н. Кочнева Наталия Ивановна.

С 2012 г. в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» заведующим отделом социально-гигиенического мониторинга по настоящее время является к.м.н. Корнилов Алексей Сергеевич.

2021 год и среднесрочная перспектива

Основой перспективных направлений совершенствования социально-гигиенического мониторинга на среднесрочный период является выполнение этапов, определенных Концепцией развития социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года¹³. Целью развития системы СГМ в этот период как на федеральном уровне, так и на региональном для Свердловской области является повышение результативности и эффективности информационно-аналитической поддержки принятия управленческих решений на межгосударственном, федеральном, региональном и местном уровнях, а также на уровне субъекта хозяйствования, по приоритетным направлениям государственной политики в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей.

Заключение. Таким образом, подводя итоги рассмотрения истории и развития социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области, отметим следующее.

Задачи развития системы СГМ в Свердловской области.

1. Развитие социально-гигиенического мониторинга как основы государственной системы для оценки и управления, контроля и информирования о рисках для здоровья населения и совершенствование межведомственного взаимодействия на региональном и муниципальном уровнях, а также на уровне субъекта хозяйствования.

¹³ Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. приказом Роспотребнадзора от 26 августа 2019 г. № 665).

2. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга в условиях новых рисков и угроз, связанных с санитарно-гигиеническими (химической, физической и биологической природы), социально-экономическими факторами и факторами образа жизни, повышения адекватности управления рисками для здоровья населения, санитарно-эпидемиологической обстановкой и ситуацией на потребительском рынке в муниципальных образованиях Свердловской области.

3. Совершенствование с учетом адаптируемости и гармонизации с международными санитарно-эпидемиологическими требованиями научно-методического, лабораторного, технического, информационного и программно-аппаратного обеспечения государственной региональной системы СГМ и принятия управленческих решений на ее основе.

4. Повышение эффективности и результативности деятельности территориальных органов (отделов) и учреждений (филиалов) Роспотребнадзора, целенаправленности и адресности контрольно-надзорных мероприятий на основе использования результатов СГМ и риск-ориентированной модели надзорной деятельности.

5. Повышение заинтересованности лиц, принимающих решения на всех уровнях функционирования региональной системы СГМ, в информации по проблемам состояния среды обитания, здоровья населения, защиты прав потребителей, обоснованию и выбору оптимальных и результативных мер по их решению на уровне каждого муниципального образования Свердловской области.

6. Развитие единой системы оценки эффективности деятельности органов государственной (на уровне Свердловской области), муниципальной исполнительной власти и хозяйствующих субъектов с учетом критериев состояния среды обитания, здоровья населения, защиты прав потребителей, результативности функционирования систем управления риском для здоровья населения муниципальных образований Свердловской области.

7. Формирование организационно-функциональной модели обеспечения развития системы СГМ на всех уровнях ее функционирования и оптимизация организационной структуры подразделений системы СГМ в территориальных органах (отделах) и учреждениях (филиалах) Роспотребнадзора, включая научно-исследовательские учреждения, укрепление кадрового, материально-технического, информационного и программно-аппаратного обеспечения СГМ.

8. Совершенствование форм и методов информирования общества, субъектов хозяйствования, населения, обеспечение доступности информации о рисках для здоровья населения и мерах по их контролю, предотвращению и снижению в Свердловской области.

Ключевым направлением развития СГМ является информационно-аналитическая поддержка

внедрения и совершенствования региональной системы управления риском для здоровья населения и рискованной модели надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей на всех уровнях функционирования СГМ в Свердловской области.

Этот период характеризуется необходимостью обеспечить эволюционное развитие социально-гигиенического мониторинга в среднесрочной перспективе по ключевым направлениям государственной политики обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации, включающее в себя:

– кардинальное повышение эффективности, результативности и оптимизация надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на основе принципов и требований федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»¹⁴, вступившего в действие с 1 июля 2021 г.;

– создание и развитие интегрированной государственной межведомственной системы оценки, управления, мониторинга и информирования о рисках для здоровья населения в целях информационно-аналитического сопровождения в достижении национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации в соответствии с Указами Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»¹⁵ и от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 года»¹⁶;

– создание информационно-аналитической системы обеспечения химической и биологической безопасности населения, включая генетическую паспортизацию и формирование генетического профиля населения в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»¹⁷, развитие системы СГМ на принципах 4П – персонализация, предиктивность, превентивность, партисипативность.

Задачи развития социально-гигиенического мониторинга в период с 2021 г. призваны не только завершить все то, что планировалось сделать в конце предыдущего десятилетия в рамках стратегической направленности совершенствования системы, но и перейти на принципиально новый качественный уровень.

Имеющийся кадровый потенциал, научный задел и уникальное партнерство с научными и образовательными учреждениями, материально-техническое обеспечение и лабораторно-диагностическая база, устойчивая организационная

¹⁴ Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (с изм.) (редакция, действующая с 01 января 2022 г.).

¹⁵ Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изм.).

¹⁶ Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

¹⁷ Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

основа органов и учреждений Роспотребнадзора, поддержка органов государственного управления и местного самоуправления муниципальных образований, созданная система взаимодействия и партнерства с промышленными предприятиями и холдингами позволяют рассматривать Свердловскую область, как и в предыдущие десятилетия, как экспериментальную базу для отработки методов, технологий и принципов развития социально-гигиенического мониторинга.

Предстоящее десятилетие должно показать, насколько возможности и амбиции по ведению социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области адекватны и соответствуют тем угрозам и проблемам, которые стоят перед Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в 21 веке.

С 2021 г. отделом социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Свердловской области руководит Кадникова Екатерина Петровна.

За более чем тридцатилетний период существования системы СГМ в Свердловской области огромная заслуга в его становлении, развитии принадлежит Учителям, Великим ученым, которые создали передовую школу гигиенистов, эпидемиологов, токсикологов, математиков, экологов, инженеров, преподавателей. Все они активно создавали новые технологии ведения мониторинга в области гигиены, коммунальной гигиены, гигиены детей и подростков, гигиены труда, гигиены питания, токсикологии, оценки и управления рисками, в частности свинцового риска и его снижения для здоровья детского населения и беременных женщин, лабораторного дела и т. д., некоторые из них ушли уже из этой жизни, а также ныне здравствующим низкий поклон и слова благодарности: д.м.н., профессору Садиловой М.С.; д.б.н., профессору Селянкиной К.П.; д.м.н., профессору Надеенко В.Г.; д.м.н., профессору Сайченко С.П.; д.м.н., профессору Константинову В.Г.; д.м.н. профессору **Кацнельсону Б.А.**; д.м.н. профессору Приваловой Л.И.; д.м.н. профессору Плотко Э.Г.; д.м.н. профессору Рослему О.Ф.; д.м.н. профессору Липатову Г.Я.; д.м.н. Плотниковой И.А.; д.м.н. Сутунковой М.П.; д.м.н., профессору Вараксину А.Н.; д.м.н., профессору Насыбуллиной Г.М.; д.м.н., профессору Русяевой Л.В.; к.м.н. Борзуновой Е.А.; к.м.н. Петиной А.А.; к.м.н. Егоровой Т.С.; к.м.н. Базель Л.И.; к.м.н. Мезениной Л.Б.; к.м.н. Косовой А.А.; к.м.н. Газимовой В.Г.; к.м.н. Шастину А.С.; к.м.н. Ворошилину С.И.; к.м.н. Рыжову В.В. Руководителям службы, которые заложили организационно-правовые основы деятельности СГМ в области: д.м.н., профессору Никонову Б.И.; д.м.н., профессору Кузьмину С.В.; д.м.н. Гурвичу В.Б.; к.м.н. Козловских Д.Н.; Романову С.В.; Чистяковой И.В.; Лаврентьеву А.Н.; Диконской О.В. Специалистам Екатеринбургского медицинского научного центра профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, Роспотребнадзора в Свердловской области, принимавших непосредственное участие в становлении и развитии СГМ: к.м.н. Малых О.Л.; к.м.н. Воронину С.А.; к.м.н. Корнилкову А.С.; к.м.н. Кочневой Н.И.; к.м.н. Мажаевой Т.В.; к.м.н. Чеботарьковой С.А.; к.м.н. Кузьминой Е.А.; Ярушину С.В.; Цепиловой Т.М.; Русакову Д.Ю.; Лежминой О.Н.; Козловой М.В.; Шевчик А.А.;

Пономаренко Л.А.; Войновой Е.А.; Перерве Л.А.; Вороновой Н.Г.; Девитъяровой Г.А.; Гооге В.С.; Тишковой Л.Г.; Пунгиной Л.М.; Лупынину В.С.; Мезенцевой Е.В.; Савиной Н.В.; Перескоковой Г.А.; Середина А.Н.; Александровой Ю.Л.; Горбань М.А.; Смирновой Т.Г.; Василенко С.Г.; Шаховой Н.И.; Есюниной Е.В. и др.

Список литературы

1. Беляев Е.Н., Зайцева Н.В., Шур П.З. Выбор приоритетов в системе социально-гигиенического мониторинга с использованием показателей риска // Социально-гигиенический мониторинг – практика применения и научное обеспечение: Сб. науч. тр. посвящ. организации Федер. науч. центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Минздрава России. Под общ. ред. А.И. Потапова. Москва: М-во здравоохранения Рос. Федерация. 2000. Ч. II. С. 168–176.
2. Кузьмин С.В. Развитие аналитических методов в системе социально-гигиенического мониторинга и управления популяционным здоровьем на региональном уровне. Вестник Российского государственного медицинского университета. 2004. № 7 (38). С. 42–45.
3. Региональная система управления риском для здоровья населения: Сборник организационных, информационных и методических материалов. Екатеринбург: Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий. 2019. 387 с.
4. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Кочнева Н.И., Ярушин С.В. Применение факторно-типологического анализа в системе регионального социально-гигиенического мониторинга. Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения в промышленно развитых регионах: Материалы научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 06–08 октября 2010 года / Редколлегия: Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева. Пермь: Книжный формат, 2010. С. 78–81.
5. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2 (251). С. 4–7.
6. Малых О.Л. Применение биомониторинга в системе социально-гигиенического мониторинга для оценки токсической нагрузки населения Свердловской области // Уральский медицинский журнал. 2008. № 8 (48). С. 88–93.
7. Никонов Б.И., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Воронин С.А., Козлов Г.В., Малых О.Л. Использование результатов реализации системы социально-гигиенического мониторинга для управления санитарно-эпидемиологической обстановки в Свердловской области. Гигиенический вестник Урала. 1998. № 1. С. 17–25.
8. Онищенко Г.Г. Проблемы совершенствования социально-гигиенического мониторинга // Здравоохранение Российской Федерации. 2004. № 3. С. 26–30.
9. Онищенко Г.Г., Шестопалов Н.В., Самошкин В.П., Лидэ Н.Я. Современные проблемы ведения и совершенствования социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2004. № 5. С. 3.
10. Верецагин А.И., Фокин М.В., Калиновская М.В. Формирование Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2006. № 10 (163). С. 11–15.
11. Кузьмин С.В., Привалова Л.И., Кацнельсон Б.А. и др. Оценка риска и эколого-эпидемиологические исследования как взаимосвязанные инструменты социально-гигиенического мониторинга на местном и региональном уровнях // Гигиена и санитария. 2004. № 5. С. 62.
12. Алябьев А.А., Серебряков С.В., Гурвич В.Б., Малых О.Л. Разработка и внедрение геоинформационных систем в свердловской области (на примере ГИС социально-гигиенического мониторинга). Гео-Сибирь. 2005. Т. 5. С. 32–36.
13. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В. и др. Социально-гигиенический мониторинг – интегрированная система оценки и управления

- риском для здоровья населения на региональном уровне // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 1. С. 30–32.
14. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография. Под общей редакцией Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2014. 738 с.
 15. Малых О.Л., Кочнева Н.И., Никонов Б.И., Шевчик А.А., Цепилова Т.М. Интегрированная система управления риском для здоровья населения на региональном и муниципальном уровнях // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1136–1140. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1136-1140
 16. Дерстуганова Т.М., Величковский Б.Т., Вараксин А.Н. и др. Оценка влияния социально-экономических факторов на состоянии здоровья населения Свердловской области в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 6. С. 87–89.
 17. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
 18. Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. и др. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 48–60. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
 19. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
 20. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Орлов М.С., Ярушин С.В., Мишина А.Л. Научная концепция развития нормативно-методической основы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1226–1230. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230
5. Popova AYu. Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(2(251)):4–7. (In Russ.)
6. Malykh OL. [Application of biomonitoring in the system of socio-hygienic monitoring to assess toxic load of the population of the Sverdlovsk Region.] *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2008;(8(48)):88–93. (In Russ.)
 7. Nikonov BI, Gurvich VB, Kuzmin SV, Voronin SA, Kozlov GV, Malykh OL. [The use of results of implementing the system of socio-hygienic monitoring in environmental health management in the Sverdlovsk Region.] *Gigienicheskiy Vestnik Urala*. 1998;(1):17–25. (In Russ.)
 8. Onishchenko GG. Problems in improving sociohygienic monitoring. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2004;(3):26–30. (In Russ.)
 9. Onishchenko GG, Shestopalov NV, Samoshkin VP, Lide NYA. Current problems in the performance and improvement of sociohygienic monitoring. *Gigiena i Sanitariya*. 2004;(5):3–4. (In Russ.)
 10. Vereschagin AI, Fokin MV, Kalinovskaya MV. Forming of federal information fund of social-hygienic monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2006;(10(163)):11–15. (In Russ.)
 11. Kuzmin SV, Privalova LI, Katsnelson BA, et al. Risk assessment and environmental and epidemiological studies as interrelated tools of sociohygienic monitoring at the local and regional levels. *Gigiena i Sanitariya*. 2004;(5):62. (In Russ.)
 12. Alyabyev AA, Serebryakov SV, Gurvich VB, Malykh OL. [Development and implementation of geoinformation systems in the Sverdlovsk Region (based on the example of GIS of socio-hygienic monitoring).] *Geo-Sibir*. 2005;(5):32–36. (In Russ.)
 13. Kuzmin SV, Gurvich VB, Dikonskaya OV, et al. The socio-hygienic monitoring as an integral system for health risk assessment and risk management at the regional level. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(1):30–32. (In Russ.)
 14. Onishchenko GG, Zaitseva NV, May IV, et al. [Health Risk Analysis in the Strategy of the National Socio-Economic Development: A Monograph.] Onishchenko GG, Zaitseva NV, eds. Moscow; Perm: Perm National Research Polytechnic University. Publ.; 2014. Accessed June 24, 2022. <https://frisk.ru/node/964>
 15. Malykh OL, Kochneva NI, Nikonov BI, Shevchik AA, Tsepilova TM. The integrated system of health risk management at the regional and municipal levels. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(12):1136–1140. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1136-1140
 16. Derstuganova TM, Velichkovskiy BT, Varaksin AN, et al. Assessment of the impact of socio-economic factors on the health state of the population of the Sverdlovsk Region in the system of social-hygienic monitoring. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(6):87–89. (In Russ.)
 17. Gurvich VB, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, et al. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):38–47. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
 18. Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, et al. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the Federal Clean Air Project on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):48–60. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
 19. Popova AYu, Kuz'min SV, Gurvich VB, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9(318)):4–12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
 20. Popova AYu, Gurvich VB, Kuzmin SV, Orlov MS, Yarushin SV, Mishina AL. The paradigm of the development of the regulatory and methodological framework aimed to maintain sanitary and epidemiological welfare of the population. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(12):1226–1230. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230

References

1. Kuzmin SV. [Development of analytical methods in the system of socio-hygienic monitoring and public health management on the regional level.] *Vestnik Rossiyskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2004;(7(38)):42–45. (In Russ.)
2. Belyaev EN, Zaitseva NV, Shur PZ. [Priority setting in the system of socio-hygienic monitoring based on risk indicators.] In: Belyaev EN, Zaitseva NV, Shur PZ. [Socio-Hygienic Monitoring: Practice of Application and Scientific Support.] Pt 2. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiologic Surveillance of the Russian Ministry of Health Publ.; 2000:168–176. (In Russ.)
3. Gurvich VB, ed. [The Regional System of Health Risk Management: Collection of Regulations, Information Materials and Guidelines.] Vols. 1 & 2. Yekaterinburg: Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers Publ., 2019. (In Russ.)
4. Kuzmin SV, Gurvich VB, Kochneva NI, Yarushin SV. [Application of factor and typological analysis in the system of regional socio-hygienic monitoring.] In: *Hygienic and Preventive Medicine Techniques of Health Risk Management in Industrialized Regions: Proceedings of the Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, October 6–8, 2010*. Onishchenko GG, Zaitseva NV, eds. Perm: Knizhnyy Format Publ.; 2010:78–81. (In Russ.)

© Покида А.Н., Зыбуновская Н.В., 2022

УДК 316.334:61



Различия в поведенческих практиках по сохранению и укреплению здоровья среди работников умственного и физического труда

А.Н. Покида, Н.В. Зыбуновская

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», пр. Вернадского, д. 82, г. Москва, 119571, Российская Федерация

Резюме

Введение. Проблема сохранения и укрепления здоровья относится ко всем работающим гражданам, независимо от специфики и условий их труда. Сокращение смертности в трудоспособном возрасте является одной из задач демографической политики государства. Значительное внимание со стороны работодателей должно уделяться безопасности условий труда работников, снижению рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний, режиму труда и отдыха, однако важное место в плане укрепления здоровья трудящихся занимают их повседневные практики поведения. При этом трудовая деятельность граждан, различающаяся видами активности на рабочих местах, оказывает влияние на их установки и поведенческие практики в сфере здорового образа жизни. **Цель исследования** – проанализировать различия в поведенческих практиках по сохранению и укреплению здоровья среди работников умственного и физического труда в современных российских условиях.

Методы исследования. Статья основана на результатах общероссийского социологического опроса населения, проведенного в период с 18 по 27 апреля 2022 г. в 30 субъектах Российской Федерации. Объем выборочной совокупности составил 1500 человек в возрасте 18 лет и старше. Метод опроса – личное формализованное интервью по месту жительства респондентов.

Результаты. Результаты опроса позволили выявить расхождения в поведенческих практиках представителей разных видов трудовой активности. Работники умственного труда, в сравнении с занятыми физическим трудом, больше внимания уделяют своему здоровью как с точки зрения употребления различных препаратов (лекарств, витаминов) для его поддержания и своевременного обращения к врачам, так и в плане соблюдения основных принципов здорового образа жизни. Они больше включены в занятия различными видами физической активности, чаще являются сторонниками здорового питания, реже имеют вредные привычки. В этом отношении работники физического труда представляют собой более проблемную категорию, демонстрируя значительно более негативные результаты.

Выводы. Приведенные данные, показывающие наличие различий в выделенных группах, представляют интерес с точки зрения оценки возможностей укрепления ресурсов здоровья работников с разными условиями и характером труда. Профилактические и оздоровительные мероприятия для трудящихся будут более эффективными при учете не только показателей производственных рисков, но и практик поведения граждан, связанных с их образом жизни.

Ключевые слова: здоровье, здоровый образ жизни, поведенческие практики, занятое население, умственный труд, физический труд.

Для цитирования: Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Различия в поведенческих практиках по сохранению и укреплению здоровья среди работников умственного и физического труда // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 18–28. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-18-28>

Сведения об авторах:

✉ **Покида Андрей Николаевич** – к.социол.н., директор Научно-исследовательского центра социально-политического мониторинга Института общественных наук; e-mail: pokida@ranepa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5439-3503>.

Зыбуновская Наталья Владимировна – научный сотрудник Научно-исследовательского центра социально-политического мониторинга Института общественных наук; e-mail: nzyb@ranepa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0326-8590>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Покида А.Н.; сбор данных: Покида А.Н.; анализ и интерпретация результатов: Покида А.Н., Зыбуновская Н.В.; обзор литературы: Зыбуновская Н.В.; подготовка рукописи: Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 15.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

Differences in Behavioral Practices of Health Maintenance and Promotion between Knowledge and Manual Workers

Andrei N. Pokida, Natalia V. Zybunovskaya

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
82 Vernadsky Avenue, Moscow, 119571, Russian Federation

Summary

Introduction: The problem of maintaining and promoting health is relevant for all working citizens, regardless of the form and conditions of their work. A decrease in the mortality rate in the working-age population is one of the priorities of the national demographic policy. Employers shall pay great attention to occupational safety, prevention of occupational injuries and diseases, and work-rest schedule. Routine behavioral practices of employees, however, play an important role in health promotion. At the same time, the form of labor activity affects their attitude to a healthy lifestyle and the respective behavior pattern. **The objective of the study** was to analyze current differences in behavioral practices of health maintenance and promotion between manual and non-manual workers.

Methods: The article is based on the results of the social survey of 1,500 people aged 18 years and older conducted on April 18–27, 2022 in 30 regions of the Russian Federation using the method of an in-home personal interview.

Result: The results of the survey revealed different behavioral practices in workers of physical and mental labor. Knowledge workers generally pay more attention to their health: they take dietary supplements and vitamins, have regular health check-up, follow basic principles of a healthy lifestyle, including systematic physical activity, a healthy diet, and rejection of bad habits. Blue-collar workers, however, raise concern as they demonstrate opposite results.

Conclusions: The survey findings are of interest in terms of assessing the potential of strengthening health resources of manual and non-manual workers. Measures of health promotion and disease prevention can be more effective if they address both occupational risks and lifestyle behaviors of the workforce.

Keywords: health, healthy lifestyle, behavioral practices, employed population, mental labor, physical labor.

For citation: Pokida AN, Zybulovskaya NV. Differences in behavioral practices of health maintenance and promotion between knowledge and manual workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):18–28. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-18-28>

Author information:

✉ Andrei N. Pokida, Cand. Sci. (Sociol.), Director, Research Center for Social and Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; e-mail: pokida@ranepa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5439-3503>.

Natalia V. Zybulovskaya, Research Fellow, Research Center for Social and Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; e-mail: nzyb@ranepa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0326-8590>.

Author contributions: study conception and design: Pokida A.N.; data collection: Pokida A.N.; analysis and interpretation of results: Pokida A.N., Zybulovskaya N.V.; literature review: Zybulovskaya N.V.; draft manuscript preparation: Pokida A.N., Zybulovskaya N.V. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The article was prepared within implementation of the state assignment research program of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 15, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Здоровье работников является значимым условием для их успешной трудовой деятельности, повышения производительности труда, результативности деятельности предприятий и экономического развития страны в целом. При этом проблема сохранения и укрепления здоровья относится ко всем работающим гражданам, независимо от специфики и условий их труда. Сокращение смертности в трудоспособном возрасте является одной из задач демографической политики государства¹.

Среди множества факторов, обуславливающих здоровье трудящихся, прежде всего следует отметить факторы производственной среды и поведенческие факторы риска, связанные с образом жизни граждан.

В зарубежной и отечественной научной литературе неоднократно исследовались вопросы рисков производственной среды для здоровья и их минимизации в отношении разных профессиональных групп [1–6]. Обращается внимание на характер профессиональной деятельности работников, напряженность их труда, степень вредности факторов трудового процесса [7].

К числу профессиональных факторов риска для здоровья относится эмоциональное выгорание. Эта проблема занятого населения актуализировалась в последнее время. Относительно недавно ВОЗ в Международную классификацию болезней в группу факторов, влияющих на состояние здоровья человека и связанных с трудоустройством, добавила синдром выгорания². Такое состояние систематически возникает в процессе трудовой деятельности, связанной с эмоциональными перегрузками и хроническими стрессами, и не может быть преодолено без квалифицированной помощи. Выгорание сопровождается целым рядом негативных психоэмоциональных состояний: повышенной тревожностью, частой раздражительностью, беспокойным сном, нервными срывами и др., что снижает качество жизни

и может приводить к развитию хронических заболеваний. Такие ситуации встречаются в любой сфере деятельности, но чаще им подвержены представители коммуникативных профессий, которым приходится много общаться с другими людьми, оказывать им помощь [8].

Российским законодательством предусмотрены обязанности работодателей по обеспечению безопасных условий труда работников, снижения рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний, соблюдения режима труда и отдыха сотрудников³. Однако, учитывая, что неинфекционные заболевания являются ведущими причинами временной нетрудоспособности, инвалидности и смертности населения, важна также их своевременная профилактика, основой которой является здоровый образ жизни, в частности подразумевающий «исключение или сокращение действия поведенческих факторов риска, к числу которых относятся употребление табака, вредное потребление алкоголя, нерациональное питание, отсутствие физической активности, а также неадаптивное преодоление стрессов»⁴. В этой связи определенную положительную роль выполняет мотивирование работодателями работников к ведению здорового образа жизни⁵. «Здоровье рабочих – это ключевой компонент качества их рабочей силы. Здоровье сотрудников – важный ресурс компании... Работодатель может минимизировать издержки предприятия, управляя здоровьем персонала» [9, с. 289].

Как показывают социологические исследования, отношение к здоровью и здоровому образу жизни различается среди представителей разных социально-демографических групп. Например, обнаруживаются различия в отношении к своему здоровью граждан в гендерно-возрастном аспекте [10, 11]. Существенное влияние оказывает на восприятие состояния здоровья, медицинскую активность и отношение к ЗОЖ образовательный статус респондентов [12]. Различия обнаруживаются

¹ Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Указом Президента РФ от 9 октября 2007 г. № 1351). ГАРАНТ. Доступно по: <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата доступа: 12.08.2022).

² МКБ-11 по статистике смертности и заболеваемости (Версия: 02/2022). Доступно по: <https://icd.who.int/browse11/1-m/en#/id.who.int/icd/entity/129180281> (дата доступа: 12.08.2022).

³ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25 февраля 2022 г.). КонсультантПлюс. Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/4fe318e6d09155659a4381ef26a85e7df9ebcf94/ (дата доступа: 12.08.2022).

⁴ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года». Доступно по: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73421912/> (дата доступа: 12.08.2022).

⁵ Распоряжение Правительства РФ от 26.04.2019 № 833-р «Об утверждении комплекса мер по стимулированию работодателей и работников к улучшению условий труда и сохранению здоровья работников, а также по мотивированию граждан к ведению здорового образа жизни». Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_323517/ (дата доступа: 12.08.2022).

и среди жителей разных типов поселений [13]. Повседневная трудовая активность граждан, различающаяся спецификой и характером труда, также не может не влиять на установки и поведенческие практики работающего населения в сфере здорового образа жизни, что показано в исследовательских работах в этой области [14–19]. Обнаруживаются и иные точки зрения, однако основанные на достаточно небольшой выборочной совокупности обследованных лиц [20]. Отмеченная неоднозначная позиция в оценках исследователей требует уточнения в текущих российских реалиях.

В настоящей статье рассматриваются две группы работников, различающиеся видами активности на рабочих местах: занятые преимущественно физическим и занятые умственным трудом, хотя рост культурно-технического прогресса все больше делает условной границу между ними. Критерии отнесения работников к этим группам многочисленны [21, 22], тем не менее выделим некоторые их отличительные признаки, значимые для темы настоящей статьи.

Так, физический труд связан с высокими энергозатратами, повышенной двигательной активностью, мышечным напряжением. При тяжелых физических работах требуется мобилизация всех ресурсов организма, что может приводить к физическому истощению, но и в случае легкой физической работы неудобные статичные позы с многократно повторяющимися однотипными движениями приводят к быстрому утомлению, снижению работоспособности. Физическим трудом заняты работники в сфере строительства, промышленности, сельскохозяйственных работ, водители различных видов транспорта и др.

Умственный (интеллектуальный)⁶ труд требует повышенной умственной активности, активизации процессов высшей нервной деятельности (памяти, мышления и др.). При этом двигательная активность, как правило, существенно снижена. Интеллектуальный труд связан с обработкой большого объема информации, длительными зрительными нагрузками, в том числе в связи с продолжительным проведением времени за экранами технических устройств. Работникам умственного труда не редко приходится выполнять работу в сжатые сроки, что вызывает стрессовые нагрузки, снижая психоэмоциональную устойчивость. Это труд научных и педагогических работников, руководителей трудовых коллективов, программистов, специалистов, управляющих сложным оборудованием, врачей, представителей творческих профессий и др.

Цель исследования — проанализировать различия в поведенческих практиках по сохранению и укреплению здоровья среди работников умственного и физического труда в современных российских условиях.

Методы исследования. Статья основана на данных общероссийского социологического опроса, проведенного Научно-исследовательским центром социально-политического мониторинга ИОН РАНХиГС в период с 18 по 27 апреля 2022 г. Реализованная выборочная совокупность составила 1500 человек в возрасте от 18 лет и старше в 30 субъектах Российской Федерации. Выборка репрезентирует основные социально-демографические группы российского населения. Опрос проведен

методом личного формализованного интервью по месту жительства респондентов.

Для выделения групп работников умственного и физического труда использовался вопрос «Какой труд преимущественно преобладает в Вашей трудовой деятельности?». Численность выделенных на основании самоопределения (субъективных оценок) групп составила 612 и 393 респондента соответственно.

По результатам опроса наблюдается гендерная специфика в наполняемости изучаемых категорий. Если среди работников физического труда преобладают мужчины — 59,3 % (женщины — 40,7 %), то в группе работников умственного труда, напротив, больше женщин — 60,3 % (мужчины — 39,7 %).

Молодежь (18–29 лет) примерно одинаково представлена в выделенных группах (в группе умственного труда — 18,3 %, физического труда — 19,6 %), однако в отношении других возрастных категорий отмечаются различия. В группе работников умственного труда шире представлена возрастная категория наиболее активного трудоспособного возраста 30–49 лет — 53,1 %, в случае физического труда доля таких работников составляет 44,3 %. В группе физического труда, напротив, чаще встречаются люди старших возрастных групп (50 лет и старше) — 36,2 %, при условии умственного труда — 28,6 %.

Занятые умственным трудом значительно более образованы, среди них 59,3 % имеют высшее образование, в то время как среди работников физического труда доля таких граждан находится на уровне 15,8 %. Соответственно, среднее специальное образование имеют 31,4 % представителей интеллектуальной трудовой сферы и 52,2 % занятых физическими работами, полное или неполное среднее образование — 9,3 и 32,1 % тех и других.

Работники умственного труда чаще являются жителями административных центров — 44,9 % (в группе физического труда — 36,6 %). Представители физического труда чаще проживают в сельских населенных пунктах — 28,8 % (среди занятых умственным трудом — 18,6 %). По городам, но не краевым или областным центрам наполняемость выделенных групп не различается: 36,4 и 34,6 % соответственно.

О своем материальном благополучии работники умственного труда сообщают чаще: 35,5 % представителей этой группы считают высоким уровень своего материального положения, в группе физического труда — только 20,4 % таких ответов.

Опросные данные проанализированы по различным вопросам, связанным с поведенческими практиками в сфере сохранения и укрепления здоровья представителей групп с разной трудовой спецификой. Статистическая обработка полученной эмпирической информации производилась с помощью функций программного пакета SPSS.

Результаты исследования и обсуждение. *Восприятие работниками состояния своего здоровья.* Одним из показателей здоровья трудящихся являются их собственные оценки относительно своего состояния. Самооценки здоровья основаны на субъективном восприятии человеком своего физического и психологического благополучия и отражают в комплексе разные его ощущения, в том числе связанные с текущими обстоятельствами жизнедеятельности, с удовлетворенностью

⁶ В настоящей статье эти определения применяются в качестве синонимов.

своей жизнью в целом. Свою долю в формирование самооценки здоровья вносят также личностные черты характера (оптимизм/пессимизм) [23].

Результаты опроса показывают, что работники умственного труда несколько более позитивно оценивают состояние своего здоровья: ответы «хорошее» или «очень хорошее» дали 53,6 % таких респондентов, работники физического труда в целом положительно характеризуют свое здоровье в 48,1 % случаев. Отрицательные оценки составили 3,9 и 8,1 % соответственно. Вместе с тем, оценивая свое здоровье, работники физического труда в основном учитывают собственные ощущения, а не результаты медицинской диагностики. Занятые интеллектуальной деятельностью чаще ориентируются на результаты медицинских обследований. Надо полагать, что самооценки здоровья последних более обоснованы и объективны, так как их субъективные ощущения подкрепляются мнением квалифицированных специалистов, наличием установленных диагнозов. Как показывают данные опроса, те респонденты, которые ориентируются при оценках здоровья только на свое самочувствие, как правило, их завышают.

Однако, несмотря на то что работники умственного труда более оптимистичны в восприятии своего здоровья, нельзя сказать, что они реже, чем занятые физическим трудом, болеют или сталкиваются с проблемами в своей жизнедеятельности из-за состояния здоровья.

Во-первых, среди них также широко распространены различные заболевания, как и среди работников физического труда. О наличии каких-либо хронических заболеваний (склонности к ним) сообщили 81,7 % работников умственного и 80,9 % физического труда. Можно отметить различия в видах заболеваний, которым подвержены респонденты выделенных групп. Среди занятых интеллектуальным трудом, по ответам самих опрошенных, чаще отмечаются простудные заболевания (ОРЗ, ОРВИ), заболевания органов зрения и нервной системы, при условии физического труда – заболевания опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистые и желудочно-кишечные. В количественном разрезе по заболеваемости различий не фиксируется.

Во-вторых, в течение прошлого (2021) и текущего (2022) годов работники умственного труда болели или испытывали серьезные недомогающие (по их собственным ответам) даже чаще, чем те, чей труд связан с физическим напряжением: 64,4 и 57,8 % соответственно. Хотя если заболеваемость первой группы в основном была связана с простудными заболеваниями, то во второй группе чаще проблемы были обусловлены обострением хронических заболеваний.

В-третьих, результаты исследования показывают, что работающие граждане и той и другой выделенных групп примерно в одинаковой степени испытывают трудности в разных сферах жизнедеятельности из-за состояния здоровья, при этом доля таких ответов весьма существенная. Около четверти представителей умственного и физического труда признались, что обычное состояние здоровья (учитывая наличие хронических заболеваний или склонности к ним) не позволяет им в полную силу заниматься бытовыми, хозяйственными делами, примерно столько же указали на проблемы с выполнением профессиональных обязанностей на работе или трудности для занятий физической культурой и спортом. В целом 40,0 % работников умственного труда и 37,2 % занятых физическим трудом сталкиваются с теми или иными сложностями в различных сферах жизнедеятельности в связи с повседневным состоянием здоровья, что негативно отражается на их психологическом и социальном самочувствии, успешности в жизни, снижает социальную активность.

Результаты опроса фиксируют недостаточно благополучное психологическое самочувствие трудящихся. Это связано с распространением различных форм негативных психоэмоциональных состояний. Причем такая проблема больше касается работников умственного труда. Например, только 32,4 % работников умственного труда и 38,9 % представителей физического труда никогда не жаловались на беспокойный сон. Состояние раздражительности никогда не испытывали лишь 13,7 % «интеллектуалов» и 17,6 % людей физического труда (рис. 1).

Еще одним негативным состоянием является тревожность, связанная с неопределенными

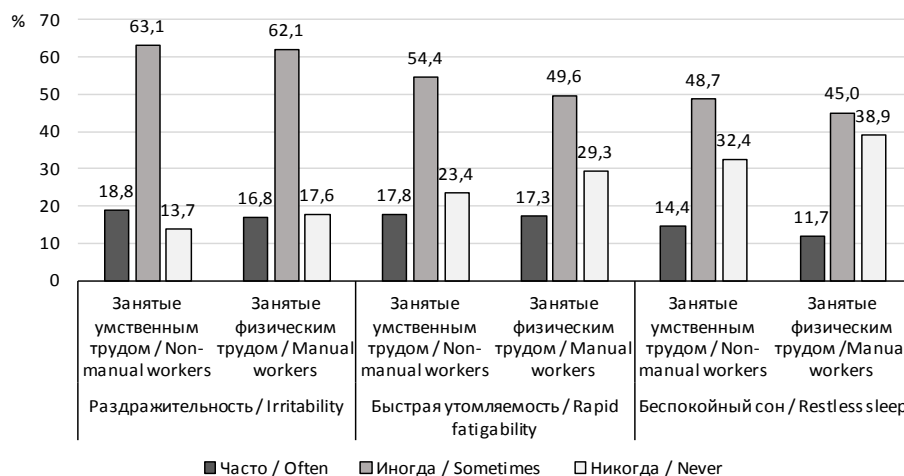


Рис. 1. Доля работников, испытывающих негативные психоэмоциональные состояния⁷ (в % по каждой выделенной категории)

Fig. 1. The proportion of knowledge and manual workers experiencing psychological and emotional ill-being

⁷ Приведены только содержательные ответы респондентов.

жизненными перспективами. Такое беспокойство чаще присуще гражданам, занятым интеллектуальной деятельностью, — 65,6 %. Доля таких ответов в группе работников физического труда ниже — 54,7 %. Причем женщины как первой, так и второй группы беспокойство выражают значительно чаще мужчин и практически не расходятся в своих оценках. Меньше опасений относительно будущего отмечается среди мужчин, занятых физическим трудом, которые, вероятно, менее активны в освоении и анализе информации о происходящих событиях и их вероятном развитии.

Оценка практик поведения работников, связанных с медицинской активностью. Медицинская активность рассматривается в настоящем исследовании с точки зрения взаимодействия граждан с медицинскими учреждениями в целях профилактики или получения квалифицированной помощи при заболеваниях, а также использования ими медицинских препаратов и лекарственных средств в целях поддержания и укрепления собственного здоровья.

Результаты опроса показывают, что занятыми гражданами не всегда выбирается оптимальная модель поведения, связанная со своевременным обращением к специалистам для профилактики возможных отклонений в здоровье. Забота о здоровье в основном проявляется в случае возникновения недомогания, болезни, но и в этом случае она не всегда является рациональной.

Так, важным способом диагностики здоровья граждан является диспансеризация — медицинское обследование с участием разных специалистов с целью своевременного выявления и профилактики заболеваний. Однако значительная часть выделенных по виду трудовой активности групп работников в течение последних двух лет диспансеризацию не проходили. Среди работников умственного труда об этом сообщили 56,7 %, в группе физического труда доля таких ответов еще выше — 62,1 %.

В случае заболевания (болезни) далеко не всегда занятые граждане прибегают к профессиональной медицинской помощи (рис. 2). Довольно часто практикуется самолечение с использованием лекарств и «народных» средств. Этот способ ле-

чения больше распространен среди работников физического труда. Занятые умственным трудом при возникновении проблем со здоровьем чаще обращаются к врачам.

Однако необходимо констатировать и тот факт, что склонность к самолечению отчасти обусловлена проблемами доступа к медицинским услугам, которые связаны как с отсутствием специалистов в регионе проживания, так и с отсутствием финансовых средств для их оплаты. Причем работники физического труда чаще сталкиваются с такими проблемами как в силу своего территориального размещения (многие являются жителями сел и деревень), так и в связи с более низким уровнем материального положения. Среди них 41,7 % сообщили, что им приходится отказываться от необходимых медицинских услуг и лекарств из-за недостатка денег, в группе работников умственного труда таким образом ответили 31,5 %. С отсутствием нужных специалистов (врачей) по месту проживания сталкивались 39,9 % работников физического и 35,5 % умственного труда.

Самолечение часто сопровождается бесконтрольным употреблением различных лекарственных препаратов, которые опасны и могут приводить к негативным побочным эффектам для здоровья. Особое беспокойство вызывает бесконтрольное употребление антибиотиков. Результаты опроса показывают, что с различной периодичностью используют в процессе лечения антибиотики без назначения врача порядка 45 % опрошенных в каждой из выделенных групп, из них около 5 % таким образом лечатся постоянно.

Если отношение респондентов в изучаемых группах к приему антибиотиков схожее, то в отношении витаминных комплексов и биологически активных добавок (БАДов) отмечаются различия. Такие нелекарственные препараты получили распространение в последние годы. Они используются как дополнительный источник пищевых веществ для нормализации или улучшения функционального состояния органов и систем организма человека. Однако увлечение такими нелекарственными препаратами также может приводить к непредсказуемым последствиям

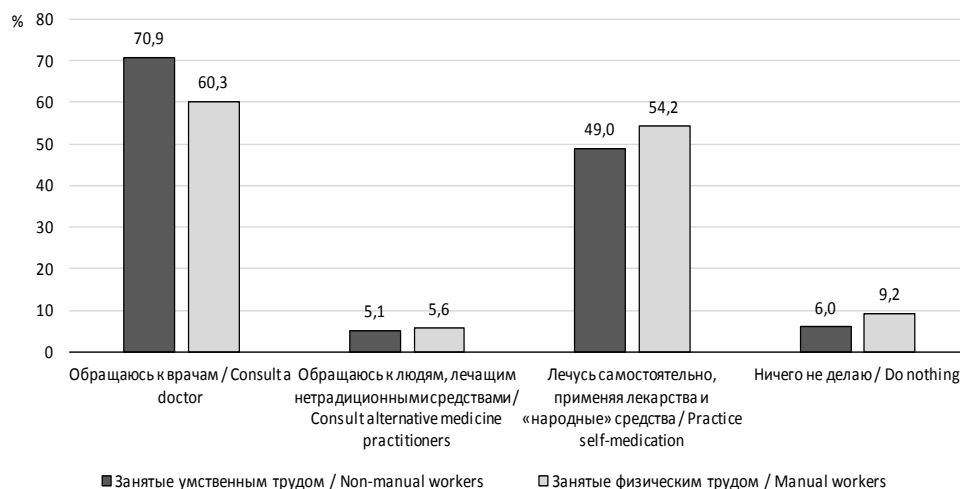


Рис. 2. Практика использования различных способов лечения (в % по каждой выделенной категории; сумма ответов не равна 100 %, так как по методике опроса можно было выбрать несколько вариантов)

Fig. 2. The practice of using various methods of treatment (% of each group; the total of answers does not equal 100 % since several options could be chosen according to the survey design)

для организма и их применение без консультации специалиста может ухудшить состояние здоровья или же просто не иметь никакого эффекта для его улучшения.

Распространенность употребления витаминных комплексов и БАДов чаще фиксируется среди работников умственного труда (рис. 3): 24,7 % употребляют их регулярно (сезонно), еще 9,5 % используют постоянно. В группе занятых физическим трудом такие ответы составляют существенно меньшие значения – 14,8 и 4,1 % соответственно.

Кроме того, занятые интеллектуальным трудом больше проявляют зависимость от приема лекарственных препаратов. За последний год 53,7 % работников умственного труда и 49,3 % занятых физическим трудом несколько раз в месяц и чаще вынуждены были для поддержания состояния своего здоровья или снятия болезненных ощущений прибегать к использованию различных лекарств (таблеток, капель и т. д.). Более того, 12,7 и 8,1 % по выделенным группам делали это ежедневно.

Вместе с тем стоит отметить, что если решение о приеме витаминных комплексов или БАДов

респонденты обеих изучаемых групп принимают в основном самостоятельно, без учета врачебного мнения, и в этом отношении они схожи (около 70 % по каждой группе), то к приему лекарственных средств работники умственного труда все же чаще относятся серьезнее, получая на это рекомендации специалистов (рис. 4). Например, среди занятых умственным трудом 50,1 % указали на прием лекарственных средств по назначению врача, среди представителей физического труда – 42,0 %. Занятые физическим трудом, напротив, больше занимаются самолечением – 57,4 %, в то время как такая поведенческая стратегия наблюдается у 49,7 % работников умственного труда.

Более осознанное и ответственное поведение работников умственного труда проявляется в ответах на вопрос о практике оформления больничного листа в случае явных признаков простудного заболевания (ОРЗ, ОРВИ, грипп и др.). Хотя, как показывают данные опроса, в силу специфики труда у занятых в интеллектуальной сфере больше возможностей лечиться в домашних условиях без больничного листа, среди них практика его оформления распространена шире – 54,2 %,

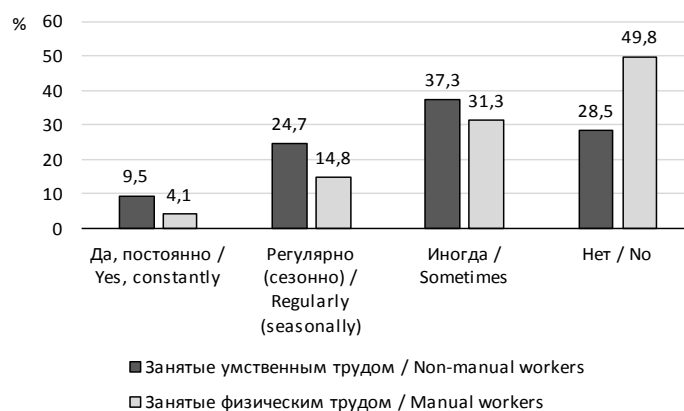


Рис. 3. Практика употребления витаминных комплексов (витаминов) или биологически активных добавок (БАДов) (% по каждой выделенной категории)

Fig. 3. The practice of taking vitamins or biologically active additives (% of each group)

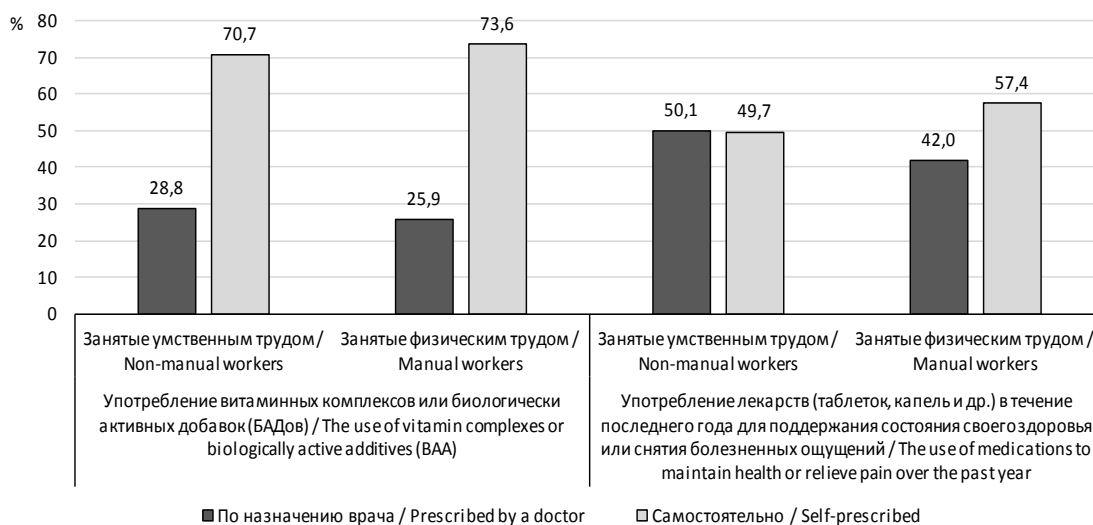


Рис. 4. Употребление нелекарственных и лекарственных средств с целью поддержания здоровья (данные приведены в % от количества респондентов, которые употребляют витамины / БАДы или лекарства, по каждой выделенной категории)

Fig. 4. The use of non-medicinal and medicinal preparations for health maintenance (the graphs show the proportion of the respondents taking vitamins/biologically active additives or medications in each group)

среди занятых физическим трудом об этом сообщили 47,1 %.

В перечне причин отсутствия оформления больничного листа занятые умственным трудом значительно чаще упоминают возможность взять работу на дом (рис. 5). Представители физического труда не могут это себе позволить, так как требуется их постоянное нахождение по месту работы. Они чаще опасаются увольнения или потери доходов и чаще пытаются договориться с работодателем о необходимости домашнего лечения или взять для этого отгулы (отпуск) в счет дней болезни.

Взаимодействие с медицинскими учреждениями в настоящее время возможно не только путем личного присутствия, но и с помощью телемедицинских технологий, дистанционно. В этой области занятые интеллектуальным трудом проявляют большую активность. В течение последнего года среди них 65,0 % использовали различные способы дистанционного (онлайн) взаимодействия с медицинскими учреждениями, врачами (по телефону или через Интернет), среди работников физического труда практика получения медуслуг таким образом распространена в меньшей степени – 53,4 %. Особенно это касается записи на прием с помощью онлайн-технологий и оформления больничного листа. В данном случае образовательная подготовка и специфика занятости в интеллектуальной сфере оказывает свое влияние, такие граждане больше интересуются новыми технологиями, лучше разбираются в их использовании. Неслучайно среди них больше доля тех, кто использует различные мобильные устройства, мобильные приложения в целях поддержания здорового образа жизни: фитнес-браслеты, умные часы, пульсометры, шагомеры и др. (47,5 % –

среди занятых умственным трудом, 25,7 % – среди занятых физическим трудом).

Оценка практик поведения работников, связанных с ведением здорового образа жизни. По мнению ВОЗ, здоровый образ жизни – это прежде всего «образ жизни, снижающий риск серьезного заболевания или преждевременной смерти»⁸. Следовательно, при здоровом образе жизни (ЗОЖ), во-первых, следует придерживаться того, что полезно для здоровья, и, во-вторых, ограничивать то, что может ему навредить. То есть двигательная активность, правильное питание, рациональная организация труда и отдыха, отказ от курения, алкоголя и других вредных привычек должны быть в приоритете.

Представления о здоровом образе жизни у занятых умственным трудом носят более комплексный характер. При ответе на вопрос, какой основной смысл они вкладывают в понятие «здоровый образ жизни», эти респонденты по большинству основных составляющих ЗОЖ давали ответы чаще, чем работники физического труда. Ими больше придается значения рациональному питанию, занятиям физкультурой, спортом, закаливанию, регулярному отдыху в отпуске. Представляя более образованную категорию занятых граждан, они чаще выделяют в перечне составляющих ЗОЖ культурный досуг и духовное развитие.

По ответам самих трудящихся, большинство ведет здоровый образ жизни: среди представителей умственного труда 65,0 %, в группе физического труда – 51,4 %. Однако полученные данные демонстрируют несколько иную ситуацию на практике. В частности, отмечается невысокая вовлеченность работающего населения в двигательную активность (рис. 6).



Рис. 5. Причины отсутствия оформления больничного листа в случае явных признаков простудного заболевания (данные приведены в % от количества респондентов, которые не оформляют больничный лист, по каждой выделенной категории)

Fig. 5. The reasons for not taking a sick leave when having obvious signs of a common cold (% of the respondents not taking a sick leave in each group)

⁸ Здоровый образ жизни: что такое здоровый образ жизни? ВОЗ. Доступно по: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/277091> (дата доступа: 12.08.2022).

Как известно, реальную пользу для организма могут принести только регулярные занятия физической активностью [24]. Данные опроса показывают, что регулярно, т. е. не менее 2–3 раз в неделю, занимаются утренней гимнастикой (зарядкой) 25,8 % работников, занятых умственным трудом, и только 18,8 % среди занятых физическим трудом, а охват регулярными занятиями физкультурой и спортом составляет 33,8 % первой группы и 19,8 % второй. Остальные респонденты либо занимаются этими видами физической активности очень редко, от случая к случаю, либо вообще не делают этого. При этом занятые физическим трудом еще меньше включены в различные виды физической активности. Возможно, постоянные физические нагрузки, которые испытывают работники неинтеллектуальной сферы, лишают их желания лишней раз двигаться, но может сказываться также и недостаточная образовательная подготовка [12] этой категории трудящихся, более низкая информированность по вопросам сохранения и укрепления здоровья.

Отмечаются также различия по месту и способам занятий физкультурой и спортом выделенных групп. Занятые интеллектуальной деятельностью чаще, чем работники физического труда, занимаются в фитнес-центрах и используют возможности онлайн-технологий в Интернете для занятий физкультурой и спортом (онлайн-тренировки и др.). Среди работников физического труда больше распространена самостоятельная организация занятий физической активностью на улице или дома. Они реже прибегают к онлайн-занятиям в сети Интернет и в меньшей степени допускают для себя их использование в будущем. Возможно, более низкие доходы и оторванность от развивающихся цифровых технологий ограничивают возможности этой группы работников в использовании организованных способов занятий физической активностью.

Аналогичная ситуация наблюдается в отношении другой важной составляющей здорового образа жизни – рационального питания. От характера пищи, ее качества и количества прямо зависит нормальное функционирование организма, вероятность возникновения различных патологий [25], преждевременной смерти [26]. Однако зна-

чимось этого фактора для сохранения здоровья осознается далеко не всеми людьми.

По ответам занятых умственным трудом, 65,0 % из них соблюдают здоровый рацион и режим питания (в том числе 7,8 % соблюдают строго). В группе работников физического труда об этом сообщает значительно меньше опрошенных – 42,5 % (строго – 4,1 %).

В процессе принятия решения о приобретении продуктов питания респонденты изучаемых групп руководствуются различными мотивами (рис. 7).

Работники умственного труда в большей степени придерживаются идеи здорового образа жизни, чаще учитывая пользу товаров для здоровья, их качество и вкусовые свойства. Например, на пользу пищевых продуктов для здоровья они обращают внимание почти в два раза чаще, чем представители физического труда. Выбор продуктов питания для занятых физическим трудом чаще обусловлен стоимостью товаров и привычкой их употребления.

Традиционными «болезнями» для российского общества являются употребление алкоголя и курение. Очевидно, что последствия приверженности таким вредным привычкам в значительной степени влияют на состояние здоровья и качество жизни людей. Вместе с тем для многих потребление спиртных напитков и табака является нормой, привычной практикой поведения, что особенно касается занятых неинтеллектуальной деятельностью.

Результаты опроса продемонстрировали, что 28,8 % работников умственного труда и 46,8 % занятых физическим трудом курят сигареты, сигары, трубку, табак, электронные сигареты и др. Из них регулярно потребляют содержащую табак продукцию 16,7 и 35,1 % соответственно.

Что касается алкогольной продукции (пиво, вино, водка и др.), то только треть работников умственного труда и четверть представителей физического труда их совсем не употребляют. Доля потребляющих такие напитки на регулярной основе более чем в два раза выше среди работников физического труда – 13,0 %, среди работников умственного труда – 6,5 %. Остальные трудящиеся сообщают, что выпивают напитки, содержащие алкоголь, иногда (редко), однако, по мнению

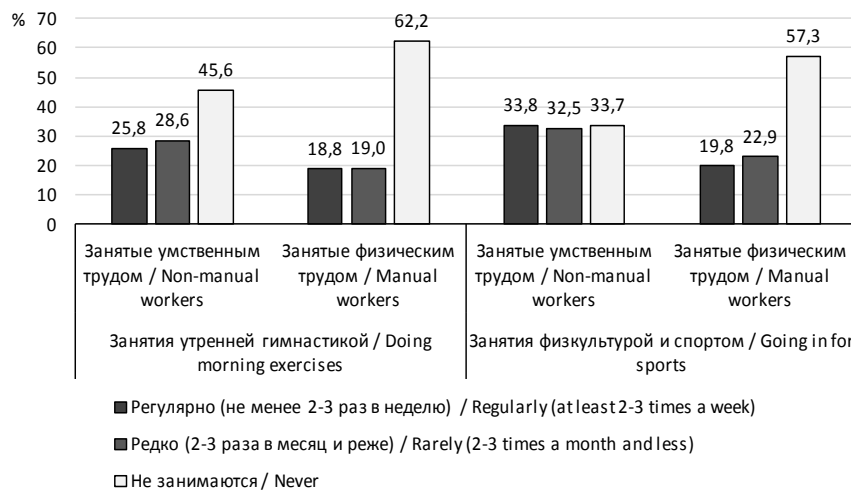


Рис. 6. Практика занятий утренней гимнастикой / физкультурой и спортом (в % по каждой выделенной категории)
Fig. 6. The habit of doing morning exercises / going in for sports among knowledge and manual workers (% of each group)

специалистов, безопасного уровня потребления алкоголя не существует [27]⁹.

Важно и то, что для занятых физическим трудом вредные привычки в большей степени являются средством решения психологических проблем. Если для снятия стресса или улучшения психологического самочувствия работники физического труда чаще представителей другой анализируемой группы прибегают к спиртным напиткам, то работники умственного труда чаще употребляют в таких случаях успокоительные средства (таблетки, капли и др.), а также обращаются к неврологам или психологам.

По итогам проведенного анализа были сформированы группы граждан, различающиеся реальным (практическим) отношением к принципам здорового образа жизни. Группа, ведущая ЗОЖ, включала тех респондентов, кто в полной мере

старается вести здоровый образ жизни, то есть занимается физической культурой и спортом не менее 2–3 раз в неделю, соблюдает режим питания, не курит и не злоупотребляет алкоголем. Противоположная группа объединила респондентов, которые полностью игнорируют эти принципы ЗОЖ. По данным опроса, доля граждан, ведущих на практике здоровый образ жизни, среди занятых умственным трудом более чем в 2 раза выше, чем среди работников физического труда. Еще острее разница отмечается по группе игнорирующих ЗОЖ (рис. 8).

Выводы. Таким образом, результаты опроса позволили выявить расхождения в поведенческих практиках представителей разных видов трудовой активности. Работники умственного труда, в сравнении с занятыми физическим трудом, больше внимания уделяют своему здоровью с точки зрения

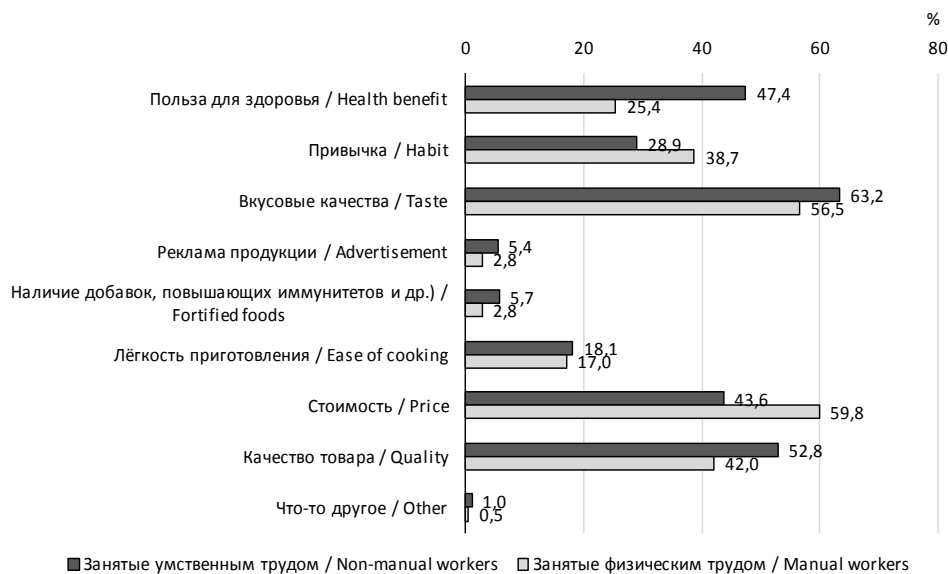


Рис. 7. Мотивы выбора продуктов питания (в % по каждой выделенной категории; сумма ответов не равна 100 %, так как по методике опроса можно было выбрать несколько вариантов)

Fig. 7. The reasons for choosing food products (% of each group; the total of answers does not equal 100 % since several options could be chosen according to the survey design)

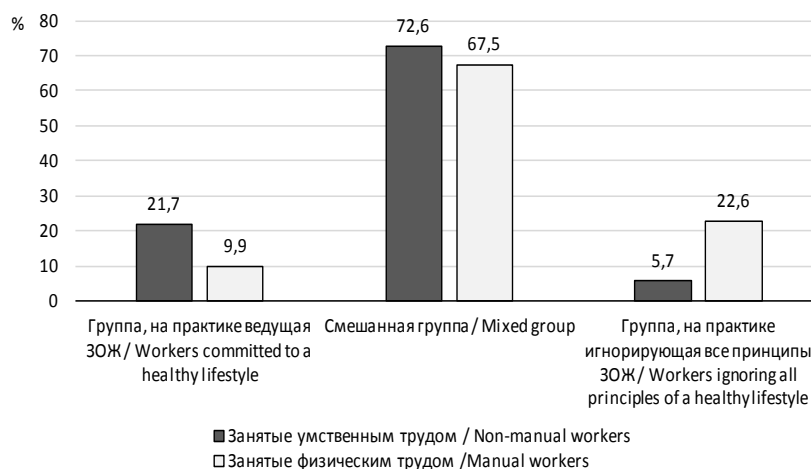


Рис. 8. Распределение представителей разных видов трудовой активности в зависимости от соблюдения ими основных принципов здорового образа жизни (в % по каждой выделенной категории)

Fig. 8. Distribution of manual and non-manual workers by their commitment to basic principles of a healthy lifestyle (% of each group)

⁹ Главный нарколог Минздрава заявил, что безопасной дозы алкоголя не существует. ТАСС. 18 декабря 2020 г. Доступно по: <https://tass.ru/obschestvo/10294259> (дата доступа: 12.08.2022).

употребления различных препаратов (лекарств, витаминов) для его поддержания. При этом они чаще обращаются к врачам в случае недомогания и чаще употребляют лекарственные средства обоснованно, то есть по назначению врача.

Работники физического труда, напротив, больше склонны к самолечению, руководствуясь своими собственными соображениями. В этом плане занятые физическим трудом представляют собой более проблемную категорию, поскольку самостоятельная практика поддержания состояния здоровья скорее направлена на снятие симптомов различных недомоганий (болезней), а не на лечение причины заболевания и может приводить к более серьезным негативным последствиям для здоровья организма.

Представителями умственного труда больше осознается многообразие составляющих здорового образа жизни, что отражается на их повседневной жизни. Они чаще включены в различные виды физической активности, в том числе в форме организованных занятий. Среди них больше тех, кто соблюдает здоровый рацион и режим питания и, напротив, меньше приверженных вредным привычкам (курение, употребление алкоголя). В отношении соблюдения основных принципов здорового образа жизни работники физического труда показывают значительно более негативные результаты. Их стиль жизни в целом больше связан с рисками для жизни и здоровья.

В установленную по опросным данным зависимость практик поведения работников в сфере укрепления здоровья от вида их трудовой активности, безусловно, могут вмешиваться другие социально-демографические факторы, в том числе половозрастной, образовательный или фактор материального благополучия. Однако приведенные данные, показывающие наличие различий в выделенных группах, представляют интерес с точки зрения оценки возможностей укрепления ресурсов здоровья работников с разными условиями и характером труда. Профилактические и оздоровительные мероприятия для трудящихся будут более эффективными при учете не только показателей производственных рисков, но и практик поведения граждан, связанных с их образом жизни.

Ограничением данного исследования является наполняемость выделенных по виду трудовой активности групп. При расширении выборочной совокупности выявленные закономерности могут проявляться ярче, что позволит более детально производить статистический анализ и более обосновано делать выводы по выделенным группам.

Направления будущих исследований могут быть связаны с более подробным изучением практического отношения к сохранению и укреплению здоровья работников разных видов трудовой активности с учетом профессиональной специфики их трудовой деятельности и режима труда.

Список литературы

- Сюрин С.А. Профессиональные риски здоровью при заготовке и переработке древесины в Российской Арктике // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 5 (326). С. 36–41. doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-36-41
- Новикова Т.А., Алешина Ю.А., Луцевич И.Н., Мусавев Ш.Ж. Условия труда и профессиональный риск нарушений здоровья работников хлебопекарного производства // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 8. С. 809–815. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-809-815
- Ulutaşdemir N, Balsak H, Berhuni Ö, Özdemir E, Ataşalan E. The impacts of occupational risks and their effects on work stress levels of health professional (The sample from the Southeast region of Turkey). *Environ Health Prev Med*. 2015;20(6):410-421. doi: 10.1007/s12199-015-0481-3
- Sang KJ, Gyi DE, Haslam CO. Stakeholder perspectives on managing the occupational health of UK business drivers: a qualitative approach. *Appl Ergon*. 2011;42(3):419-425. doi: 10.1016/j.apergo.2010.08.021
- Soteriades ES, Vogazianos P, Tozzi F, et al. Exercise and occupational stress among firefighters. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(9):4986. doi: 10.3390/ijerph19094986
- Ибраев С.А., Жарылкасын Ж.Ж., Отаров Е.Ж., Исмаилов Ч.У. Современные аспекты профессионального риска у лиц умственного труда (обзор литературы) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 3-1. С. 62–65. Доступно по: <https://applied-research.ru/article/view?id=11399> (дата доступа: 12.08.2022).
- Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф., Рыбаков И.А. Формирование здорового образа жизни работников для профилактики перенапряжения и сохранения здоровья // *Здоровье населения и среда обитания*. 2016. № 6 (279). С. 16–19.
- Бабанов С.А. Профессия и стресс: синдром эмоционального выгорания // *Главврач*. 2011. № 9. С. 50–57.
- Попова И.В., Котлярова Л.Д., Котлярова О.А. Здоровье работников как фактор производительности труда. Проблемы измерения // *Вестник КГУ*. 2014. Т. 20. № 6. С. 284–289.
- Шардин С.А., Павловских А.Ю., Шардина Л.А. Особенности отношения к своему здоровью у взрослого населения России: гендерные и возрастные аспекты // *Вестник Уральского государственного медицинского университета*. 2016. № 1-2. С. 134–141.
- Лазарева Е.А. Здоровье в структуре ценностей лиц разного возраста // *Национальная ассоциация ученых*. 2020. № 62-2 (62). С. 49–52. doi: 10.31618/nas.2413-5291.2020.2.62.345
- Покида А.Н., Зыбуновская Н.В., Газиева И.А. Роль высшего образования в формировании здорового образа жизни (по результатам социологического исследования) // *Высшее образование в России*. 2022. Т. 31. № 1. С. 72–88. doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-1-72-88
- Блинова Т.В., Вяльшина А.А., Русановский В.А. Отношение сельского населения к своему здоровью и доступности медицинской помощи // *Экология человека*. 2020. № 12. С. 52–58. doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-52-58
- Каравай А.В. Отношение российских рабочих к своим ресурсам: финансам, здоровью и свободному времени // *Журнал исследований социальной политики*. 2016. Т. 14. № 2. С. 229–244.
- Галикеева А.Ш., Идрисова Г.Б., Степанов Е.Г., Ларионова Т.К., Валиев А.Ш. Факторы формирования здоровья работающего населения // *Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]*. 2022. Т. 68. № 2. С. 3. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-2-3
- Väisänen D, Kallings LV, Andersson G, Wallin P, Hemmingsson E, Ekblom-Bak E. Lifestyle-associated health risk indicators across a wide range of occupational groups: a cross-sectional analysis in 72,855 workers. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1656. doi: 10.1186/s12889-020-09755-6
- Yeoman K, Sussell A, Retzer K, Poplin G. Health risk factors among miners, oil and gas extraction workers, other manual labor workers, and nonmanual labor workers, BRFSS 2013–2017, 32 States. *Workplace Health Saf*. 2020;68(8):391-401. doi: 10.1177/2165079920909136
- Медик В.А., Осипов А.М. Общественное здоровье и здравоохранение: медико-социологический анализ. М.: РИОР; ИНФРА-М, 2012.

19. Акимова Е.В., Акимов А.М., Гакова Е.И., Каюмова М.М., Гафаров В.В., Кузнецов В.А. Поведенческие факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин различного характера труда (результаты одномоментного эпидемиологического исследования) // Профилактическая медицина. 2016. Т. 19. № 3. С. 49–53. doi: 10.17116/profmed201619349-53
 20. Третьякевич В.К. Сравнительная характеристика отношения к своему здоровью работников интеллектуального и физического труда // Журнал ГрГМУ. 2018. Т. 16. № 4. С. 452–456. doi: 10.25298/2221-8785-2018-16-4-452-456
 21. Андреева Т.Е. Работник интеллектуального труда: подход к определению // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2007. № 4. С. 32–49.
 22. Амосова Н.А., Бабаев Б.Д., Борисов В.В. О политической экономии физического труда // Вестник КГУ. 2011. Т. 17. № 4. С. 312–319.
 23. Канева М.А., Герри К.Дж., Байдин В.М. Возрастные различия в самооценке здоровья россиян // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2019. Т. 18 № 4. С. 563–587. doi: 10.21638/11701/srbu08.2019.404
 24. Рекомендации ВОЗ по вопросам физической активности и малоподвижного образа жизни: краткий обзор. Женева: Всемирная организация здравоохранения. 2020. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Доступно по: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886> (дата доступа: 12.08.2022).
 25. Квартыч Е.И., Тихонова И.Н. Питание как пусковой механизм различных патологий // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 23. С. 2643–2647.
 26. GBD 2017 Diet Collaborators. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2019;393(10184):1958–1972. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8
 27. GBD 2016 Alcohol Collaborators. Alcohol use and burden for 195 countries and territories, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2018;392(10152):1015–1035. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31310-2
- ### References
1. Syurin SA. Occupational health risks in logging and wood processing in the Russian arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(5(326)):36–41. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-36-41
 2. Novikova TA, Aleshina YuA, Lucevich IN, Musaev ShZh. Working conditions and occupational health risks for workers employed at bakeries. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(8):809–815. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-809-815
 3. Ulutaşdemir N, Balsak H, Berhuni Ö, Özdemir E, Ataşalan E. The impacts of occupational risks and their effects on work stress levels of health professional (The sample from the Southeast region of Turkey). *Environ Health Prev Med*. 2015;20(6):410–421. doi: 10.1007/s12199-015-0481-3
 4. Sang KJ, Gyi DE, Haslam CO. Stakeholder perspectives on managing the occupational health of UK business drivers: a qualitative approach. *Appl Ergon*. 2011;42(3):419–425. doi: 10.1016/j.apergo.2010.08.021
 5. Soteriades ES, Vogazianos P, Tozzi F, et al. Exercise and occupational stress among firefighters. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(9):4986. doi: 10.3390/ijerph19094986
 6. Ibraev SA, Zharylkassyn ZZ, Otarov EZ, Ismailov CU. Modern aspects of occupational risk among persons of mental labor (the literature review). *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2017;3(Pt 1):62–65. (In Russ.) Accessed August 12, 2022. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11399>
 7. Bukhtiyarov IV, Yushkova OI, Matyukhin VV, Shardakova EF, Rybakov IA. Promoting workers' healthy lifestyle to prevent overload and to protect health. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(6(279)):16–19. (In Russ.)
 8. Babanov SA. Occupation and stress: the burnout syndrome. *Glavvrach*. 2011;(9):50–57. (In Russ.)
 9. Popova IV, Kotlyarova LD, Kotlyarova OA. Health of labourers as the factor of the labour efficiency. Problems of measuring. *Vestnik KGU*. 2014;20(6):284–289. (In Russ.)
 10. Shardin SA, Pavlovskiyh DJ, Shardina LA. Attitudes towards their health of the Russian population: gender and age aspects. *Vestnik Ural'skogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2016;(1–2):134–141. (In Russ.)
 11. Lazareva YeA. Health in the values structure of persons of different ages. *Natsional'naya Assotsiatsiya Uchenykh*. 2020;62-2(62):49–52. (In Russ.) doi: 10.31618/nas.2413-5291.2020.2.62.345
 12. Pokida AN, Zybunovskaya NV, Gazieva IA. The role of higher education in the formation of a healthy lifestyle: results of sociological research. *Vysshee Obrazovanie v Rossii*. 2022;31(1):72–88. (In Russ.) doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-1-72-88
 13. Blinova TV, Vyalshina AA, Rusanovskiy VA. Self-perceived health, availability of medical care and health attitudes among rural population in Russia. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2020;(12):52–58. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-52-58
 14. Karavay AV. The attitude of Russian workers to managing their resources: finances, health and spare time. *Zhurnal Issledovaniy Sotsial'noy Politiki*. 2016;14(2):229–244. (In Russ.)
 15. Galikeeva ASH, Idrisova GB, Stepanov EG, Larionova TK, Valiev ASH. Factors affecting health of the working population. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya [setevoe izdanie]*. 2022;68(2):3. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-2-3
 16. Väisänen D, Kallings LV, Andersson G, Wallin P, Hemmingsson E, Ekblom-Bak E. Lifestyle-associated health risk indicators across a wide range of occupational groups: a cross-sectional analysis in 72,855 workers. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1656. doi: 10.1186/s12889-020-09755-6
 17. Yeoman K, Sussell A, Retzer K, Poplin G. Health risk factors among miners, oil and gas extraction workers, other manual labor workers, and nonmanual labor workers, BRFSS 2013–2017, 32 States. *Workplace Health Saf*. 2020;68(8):391–401. doi: 10.1177/2165079920909136
 18. Medik VA, Osipov AM. [Public Health and Health Care: Medical and Sociological Analysis.] Moscow: RIOR; INFRA-M Publ.; 2012. (In Russ.)
 19. Akimova EV, Akimov AM, Gakova EI, Kayumova MM, Gafarov VV, Kuznetsov VA. Behavioral risk factors for cardiovascular diseases in men having different work patterns: results of a cross-sectional epidemiological study. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2016;19(3):49–53. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed201619349-53
 20. Tretyakevich VK. Comparative characteristic of attitude to own health of employees of intellectual and physical work. *Zhurnal GrGМУ*. 2018;16(4):452–456. (In Russ.) doi: 10.25298/2221-8785-2018-16-4-452-456
 21. Андреева Т.Е. [A knowledge worker: An approach to the definition.] *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Menedzhment*. 2007;(4):32–49. (In Russ.)
 22. Amosova NA, Babaev BD, Borisov VV. On the political economy of physical labor. *Vestnik KGU*. 2011;17(4):312–319. (In Russ.)
 23. Kaneva MA, Gerri CJ, Baidin VM. Age differences in self-assessed health in Russia. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Menedzhment*. 2019;18(4):563–587. (In Russ.) doi: 10.21638/11701/srbu08.2019.404
 24. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Geneva: World Health Organization; 2020. (In Russ.) Accessed August 12, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886>
 25. Kvartych EI, Tikhonova IN. [Nutrition as a trigger mechanism for various pathologies.] *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2020;(23):2643–2647. (In Russ.)
 26. GBD 2017 Diet Collaborators. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2019;393(10184):1958–1972. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8
 27. GBD 2016 Alcohol Collaborators. Alcohol use and burden for 195 countries and territories, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2018;392(10152):1015–1035. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31310-2



Оценка влияния на биоэнергетические процессы клеток наночастиц селена как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья

Ю.В. Рябова, М.П. Сутункова, А.И. Чemezov, И.А. Минигалиева,
Т.В. Бушуева, И.Г. Шеломенцев, С.В. Клинова

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Высокие объемы добычи селена и широкое применение его соединений связано с потенциальными рисками для здоровья человека. В частности, некоторые производственные процессы металлургической промышленности являются источниками поступления селеносодержащих наночастиц в окружающую среду.

Цель исследования: оценить токсическое действие наночастиц оксида селена как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья.

Материалы и методы. Наночастицы оксида селена (НЧ SeO) были получены методом лазерной абляции. Исследования по оценке токсичности НЧ SeO проводились: *in vitro* – на клеточной культуре ФЛЭЧ-104 с анализом биолюминесценции АТФ и определением скорости потребления кислорода; *in vivo* – на белых аутбредных крысах с оценкой ультраструктурных изменений тканей методом электронной микроскопии, измерением активности СДГ лимфоцитов и метаболомным анализом крови.

Результаты. В эксперименте *in vitro* было показано снижение биолюминесценции АТФ (на 75,9 % при концентрации НЧ SeO 100 мкг/мл в инкубационной среде) и скорости потребления кислорода (на 79,8 % при концентрации НЧ SeO 100 мкг/мл в инкубационной среде). Активность СДГ лимфоцитов крови в эксперименте *in vivo* снижалась с увеличением дозы (на 10,12; 14,0; 15,9 % в сравнении с контролем соответственно группам «НЧ SeO 0,1», «НЧ SeO 0,5», «НЧ SeO 1»). Исследование ультраструктурных изменений клеток печени показало меньшее количество нормальных митохондрий в сравнении с контролем (на 7,78 % в группе «НЧ SeO 1»), метаболомный анализ выявил уменьшение содержания ацилкарнитинов и увеличение лизофосфатидилинозитолов ($p > 0,05$).

Выводы. В результате проведенных экспериментальных исследований как *in vitro*, так и *in vivo* была установлена способность НЧ SeO оказывать негативное воздействие на биоэнергетические процессы в клетке, включающее как минимум два механизма: нарушение внутримитохондриального β -окисления жирных кислот и инактивацию сукцинатдегидрогеназы. Фундаментальная роль последней в цепи переноса электронов митохондрий делает ее жизненно важной для большинства многоклеточных организмов. Полученные результаты могут быть использованы в качестве научной основы для оценки селеносодержащих наночастиц как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья и поиска подходов к управлению такими рисками.

Ключевые слова: токсичность, наночастицы, селен, органы-мишени, факторы риска здоровью, механизмы действия, *in vivo*, *in vitro*.

Для цитирования: Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Чemezov А.И., Минигалиева И.А., Бушуева Т.В., Шеломенцев И.Г., Клинова С.В. Оценка влияния на биоэнергетические процессы клеток наночастиц селена как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 29–34. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-29-34>

Сведения об авторах:

✉ **Рябова** Юлия Владимировна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики; e-mail: ryabovaiuv1@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2677-0479>.

Сутункова Марина Петровна – д.м.н., директор; e-mail: sutunkova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Чemezov Алексей Игоревич – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии; e-mail: chemezov@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-7347>.

Минигалиева Ильзира Амировна – д.б.н., заведующий отделом токсикологии и биопрофилактики; e-mail: ilzira-minigalieva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0097-7845>.

Бушуева Татьяна Викторовна – к.м.н., заведующий НПО лабораторно-диагностических технологий; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Шеломенцев Иван Глебович – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии; e-mail: shelomentsev@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-8777>.

Клинова Светлана Владиславовна – научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики; e-mail: klinova.svetlana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-4062>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Сутункова М.П., Минигалиева А.И., Бушуева Т.В.; сбор данных: Рябова Ю.В., Клинова С.В., Чemezov А.И., Шеломенцев И.Г.; анализ и интерпретация результатов: Сутункова М.П., Рябова Ю.В., Чemezov А.И., Шеломенцев И.Г.; литературный обзор: Рябова Ю.В.; подготовка рукописи: Сутункова М.П., Рябова Ю.В., Чemezov А.И., Клинова С.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование исследование выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей. Протокол исследования одобрен Локальным независимым этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (Протокол № 2 от 20.04.2021).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 22.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

Evaluation of Effects of Selenium Nanoparticles as an Occupational and Environmental Chemical Hazard on Cellular Bioenergetic Processes

Yuliya V. Ryabova, Marina P. Sutunkova, Aleksei I. Chemezov, Ilzira A. Minigalieva,
Tatiana V. Bushueva, Ivan G. Shelomentsev, Svetlana V. Klinova

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Summary

Introduction: High-volume manufacturing of selenium and a widespread use of its compounds pose potential risks to human health. Certain copper production processes emit selenium-containing nanoparticles.

Objective: To assess health effects of selenium oxide nanoparticles as an industrial and environmental toxicant.

Materials and methods: Selenium oxide nanoparticles (SeO NPs) were obtained by laser ablation. Their toxicity was studied both *in vitro* on human lung-derived embryonic fibroblasts (FLEH-104 cell line) by assaying adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence and the rate of oxygen consumption, and *in vivo* on outbred albino rats by analyzing ultrastructural changes in tissues using electron microscopy, measuring succinate dehydrogenase activity of blood lymphocytes, and conducting a blood-based metabolomic test.

Results: The *in vitro* experiment showed a decrease in ATP bioluminescence by 75.9 % and in the oxygen consumption rate of cells by 79.8 % in the incubation medium with 100 µg/mL concentration of SeO NPs. In the *in vivo* experiment, succinate dehydrogenase activity of blood lymphocytes decreased inversely with the increasing dose by 10.12 %, 14.0 %, 15.9 % compared to the control animals in the SeO NPs 0.1, SeO NPs 0.5, and SeO NPs 1 exposure groups, respectively. The study of ultrastructural changes in liver tissue showed a smaller number of normal mitochondria (7.78 % less in the SeO NP 1 group) compared to the controls while the metabolomic test revealed decreased acylcarnitines and increased lysophosphatidylinositols following the exposure to SeO NPs ($p > 0.05$).

Conclusion: The results of our *in vitro* and *in vivo* studies showed adverse effects of SeO NPs on bioenergetics processes in cells involving at least two mechanisms: disruption of mitochondrial β -oxidation of fatty acids and inactivation of succinate dehydrogenase. The fundamental role of the latter in the mitochondrial electron transport chain makes its vitally important for most multicellular organisms. Our findings can serve as a rationale for assessing selenium-containing nanoparticles as a chemical hazard and searching for approaches to managing their health risks.

Keywords: toxicity, nanoparticles, selenium, target organs, health risk factors, mechanisms of action, *in vivo*, *in vitro*.

For citation: Ryabova YuV, Sutunkova MP, Chemezov AI, Minigalieva IA, Bushueva TV, Shelomentsev IG, Klinova SV. Evaluation of effects of selenium nanoparticles as an occupational and environmental chemical hazard on cellular bioenergetic processes. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):29–34. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-29-34>

Author information:

✉ Yuliya V. Ryabova, Junior Researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis; e-mail: ryabovaiuv1@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2677-0479>.

Marina P. Sutunkova, Dr. Sci. (Med.), Director; e-mail: sutunkova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Aleksei I. Chemezov, Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy; e-mail: chemezov@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-7347>.

Ilzira A. Minigalieva, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Toxicology and Bioprophylaxis; e-mail: ilzira-minigalieva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0097-7845>.

Tatiana V. Bushueva, Cand. Sci. (Med.), Head of the Research and Production Association "Laboratory and Diagnostic Technologies"; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Ivan G. Shelomentsev, Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy; e-mail: shelomencev@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-8777>.

Svetlana V. Klinova, Researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis; e-mail: klinova.svetlana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-4062>.

Author contributions: study conception and design: Sutunkova M.P., Minigalieva I.A., Bushueva T.V.; data collection: Ryabova Yu.V., Klinova S.V., Chemezov A.I., Shelomentsev I.G.; analysis and interpretation of results: Sutunkova M.P., Ryabova Yu.V., Chemezov A.I., Shelomentsev I.G.; literature review: Ryabova Yu.V.; draft manuscript preparation: Sutunkova M.P., Ryabova Yu.V., Chemezov A.I., Klinova S.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was performed in accordance with the ethical standards for the treatment of animals adopted by the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes. The study design was approved by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (Minutes No. 2 of April 20, 2021).

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 22, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. С высокими объемами добычи селена [1] и широким применением связаны потенциальные риски для здоровья человека. Некоторые производственные процессы металлургической промышленности являются источниками поступления селеносодержащих наночастиц в воздух рабочей зоны и окружающую среду. К ним относятся переработка медных шламов, обжиг медного колчедана, производство марганца, селена и теллура. Более того, контакт с селеносодержащими наночастицами возможен в стекольном производстве, производстве керамики, в резиновой и химической промышленности и не ограничивается производственной деятельностью.

Помимо производственно-обусловленного действия селеносодержащих наночастиц (НЧ), вызывает опасение целенаправленное их применение. В современной литературе широко распространены данные о положительных свойствах селеносодержащих НЧ – антибактериальных [2, 3], противоопухолевых [2–6], антиоксидантных [7]. Ряд исследователей указывают на необходимость применения селеносодержащих НЧ в сочетании с противоопухолевыми средствами, поскольку это не только позволяет несколько ослабить токсическое воздействие химиотерапевтических препаратов [4, 8], но и усиливает эффекты противоопухолевой терапии [4]. В определенных дозах их рассматривают в качестве потенциального лекарственного средства для лечения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера [9].

При этом что чаще учитывается их положительное действие, но не токсическое, в современной литературе имеются единичные данные о токсических эффектах селеносодержащих НЧ на клеточном и органо-системном уровне, которые, однако, изучены недостаточно и в небольшом числе экспериментальных исследований с несколько противоречивыми результатами [например, 10–13].

Целью работы являлась оценка влияния на биоэнергетические процессы клеток наночастиц селена как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья.

Материалы и методы. Исследования по оценке токсического действия селеносодержащих НЧ были выполнены на примере наночастиц оксида селена (НЧ SeO). Суспензия, содержащая НЧ SeO (форма, приближенная к сферической; средний диаметр использованных частиц 51 ± 14 нм; дзета-потенциал до 42 мВ) была получена методом лазерной абляции тонких листовых мишеней из селена 99,99 % чистоты под слоем стерильной деионизированной воды в ЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ.

Оценка действия НЧ SeO *in vitro* выполнялась на культуре фибробластоподобных клеток линии ФЛЭЧ-104 ООО «БиолоТ» (Санкт-Петербург, Россия). Клетки высевали в 96-луночный планшет и инкубировали в стандартных условиях в течение 48 ч до получения монослоя. Затем в лунки добавляли суспензию НЧ SeO (концентрация НЧ в среде составляла 25, 50 либо 100 мкг/мл) и инкубировали в течение 24 ч в стандартных условиях.

Для количественной оценки цитотоксических эффектов применялся анализ биолюминесценции АТФ. Результаты измерений были представлены в относительных единицах люминесценции (RLU). Скорость потребления кислорода клетками определяли с помощью клеточного анализатора метаболизма.

Оценка действия НЧ SeO *in vivo* была проведена на аутбредных белых крысах-самцах возрастом около 4 месяцев на начало эксперимента по 12 животных в каждой группе. Начальная масса тела животных составляла 200–270 г, диапазон колебания массы животных не превышал $\pm 20\%$ от средней массы. Субхроническая интоксикация моделировалась путем повторных внутрибрюшинных инъекций 3 раза в неделю в течение 6 недель (всего 18 введений). Выбор доз был проведен на основании результатов ранее проведенных экспериментальных исследований. Вводились растворы стабильной суспензии НЧ объемом 1 мл в разовой дозе 0,2 мг/кг и 1 мл деионизированной воды (группа «НЧ SeO 0,1»); объемом 2 мл суспензии НЧ в разовой дозе 1 мг/кг (группа «НЧ SeO 0,5»); объемом 2 мл суспензии НЧ в разовой дозе 2 мг/кг (группа «НЧ SeO 1»); 2 мл деионизированной воды («Контроль»).

Содержание, питание, уход за животными и выведение их из эксперимента осуществляли в соответствии с общепринятыми требованиями. Работа одобрена Локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, номер протокола № 2 от 20.04.2021.

В качестве показателей состояния биоэнергетического обмена использовали определение активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ) лимфоцитов крови [14].

Метаболомный скрининг проводился с использованием ВЭЖХ-МС. Детектирование осуществляли времяпролетным масс-спектрометром. Полученный массив данных по всем пробам обрабатывали в программном обеспечении, позволяющем выделить статистически значимые изменения содержания метаболитов посредством обработки данных методом главных компонент. Для каждой экспериментальной группы был

получен набор значений m/z , статистически значимо изменившихся интенсивность в сравнении до и после проведения эксперимента. Для данных масс проводили аннотацию посредством повторного анализа на масс-спектрометре в тандемном режиме с разными уровнями энергий фрагментации для получения характеристических фрагментных спектров и расшифровки структуры. Анализ полученных спектров проводили с использованием общедоступных баз данных (HMDB, MoNA, METLIN, MassBank EU), а также *in silico* инструментов фрагментации (MetFrag, CFM-ID, MS-FINDER).

Ультраструктура клеток оценивалась с использованием электронного микроскопа в режиме STEM. Степень повреждения митохондрий определялась по классификации Mei G. Sun исходя из морфологических характеристик (матриксное пространство, количество крист) [15]. К нормальным относили митохондрии типа А (нормальные) и В (нормально-везикулярные), в то время как типы С (везикулярные), D (везикулярно-вздутые), E (вздутые) считали патологически-измененными.

Статистическая значимость межгрупповых различий средних значений всех полученных показателей оценивалась с помощью *t*-критерия Стьюдента с поправкой на множественные сравнения. Различия считались статистически значимыми при уровне случайности $p < 0,05$.

Результаты

Цитотоксичность. В эксперименте *in vitro* на клеточной линии ФЛЭЧ-104 были получены зависимости АТФ-зависимой люминесценции и скорости потребления кислорода (рис. 1) при воздействии разных концентраций НЧ SeO в инкубационной среде.

Ультраструктурные изменения клеток тканей печени. Процентное соотношение нормальных митохондрий типа А и В по Mei G. Sun составило $87,44 \pm 1,14\%$ в группе «НЧ SeO 1», $94,82 \pm 0,95\%$ в группе «Контроль» при $p < 0,05$.

Активность сукцинатдегидрогеназы. Результаты измерения активности сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах крови (число гранул формазана в 50 лимфоцитах) представлены на рис. 2.

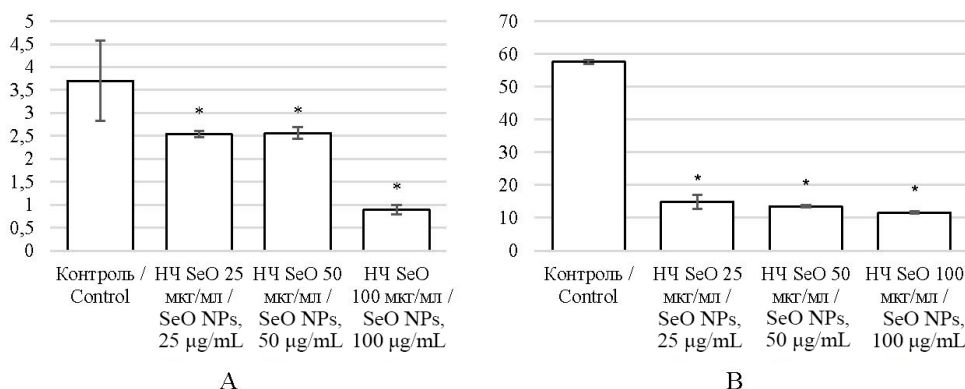


Рис. 1. Изменение в культуре клеток при воздействии разных концентраций НЧ SeO в инкубационной среде: А – АТФ-зависимая люминесценция (RLU); В – скорость потребления кислорода клеточной линией. По оси абсцисс отложены действующие концентрации наночастиц в инкубационной среде, мкг/мл; по ординате отложены значения показателя в культуре клеток.

Примечание: * – значения, имеющие статистически значимые отличия от контрольной группы (по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$).

Fig. 1. Changes in the cell culture under effect of various concentrations of SeO NPs in the incubation medium: А – ATP bioluminescence (RLU), В – oxygen consumption rates of FLEH-104 cells. The x-axis shows concentrations of nanoparticles in the incubation medium in µg/mL, and the y-axis shows the values established in the cell culture.

Note: * – statistically different from the control group (Student's *t*-test, $p \leq 0.05$).

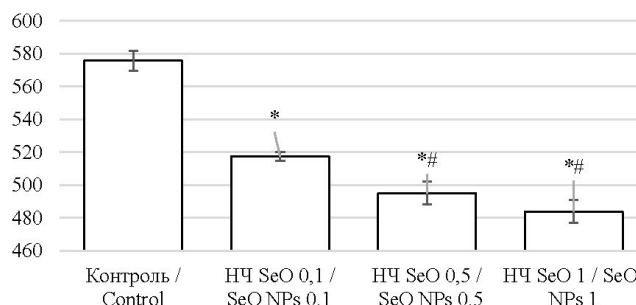


Рис. 2. Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в лимфоцитах крови: по оси абсцисс указаны группы животных; по оси ординат отложены значения активности СДГ (число гранул формазана в 50 лимфоцитах)

Примечание: * – значения, имеющие статистически значимые отличия от контрольной группы; # – от группы «НЧ SeO 0,1» (по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$).

Fig. 2. SDH activity in blood lymphocytes: the x-axis shows experimental groups of animals; the y-axis shows SDH activity values (the number of formazan granules per 50 lymphocytes)

Notes: * statistically different from the control group; # statistically different from the SeO NPs 0.1 group (Student's *t*-test, $p \leq 0.05$).

Метаболические исследования. Общее количество метаболитов, идентифицированные метаболиты и изменения их содержания в крови экспериментальных животных представлены в таблице.

Обсуждение. При оценке цитотоксичности НЧ SeO в эксперименте *in vitro* на клеточной линии ФЛЭЧ-104 было установлено, что токсичность этих наночастиц бывает различной в зависимости от воздействия разных концентраций НЧ SeO в инкубационной среде. Так, НЧ SeO вызывают снижение интенсивности АТФ-зависимой люминесценции, что может говорить о замедлении процессов жизнедеятельности и снижении энергетического потенциала клеток, оцененное на всех исследованных нами концентрациях НЧ SeO в инкубационной среде (рис. 1А). Кроме того, снижалась скорость потребления кислорода митохондриями (рис. 1В).

Изменение параметров, прямо или косвенно говорящих о нарушении функции митохондрий, было установлено и в эксперименте *in vivo* по изучению токсического действия НЧ SeO на организм животных. При ультраструктурном исследовании методом электронной микроскопии отмечено

снижение процентного соотношения нормальных митохондрий в тканях печени. Нарушение ультраструктуры митохондрий приводило к снижению их энергетического потенциала, о котором косвенно судили по статистически значимому, монотонному и дозозависимому снижению активности сукцинатдегидрогеназы под воздействием НЧ SeO (рис. 2). Снижение активности СДГ, вероятно, связано с известной из литературы способностью селена замещать серу в соединениях [16].

Нарушение функций митохондрий подтверждается результатами метаболического скрининга. Так, было найдено статистически значимое увеличение содержания лизофосфатидилинозитолов [17] в группах НЧ SeO 0,1 и НЧ SeO 1. Лизофосфатидилинозитолы выступают как прекурсоры для синтеза фосфатидилинозитолди- и трифосфатов – модификаторов мембран, изменяющих их текучесть и, таким образом, способствующих изменению активности мембранных каналов [18]. Также известно, что процессы спайки и расщепления фосфолипидных мембран, в т. ч. митохондрий, связаны с обогащением последних производными LPI [19]. Кроме того,

Таблица. Результаты метаболического анализа крови крыс, подвергшихся субхроническому воздействию наночастиц SeO
Table. Results of the blood-based metabolomic test of rats following a subchronic exposure to SeO nanoparticles

Вещество / Substance	Группы / Groups					
	НЧ SeO 0,1 / SeO NPs 0.1		НЧ SeO 0,5 / SeO NPs 0.5		НЧ SeO 1 / SeO NPs 1	
	Характер изменения сигнала / Signal change	<i>p</i>	Характер изменения сигнала / Signal change	<i>p</i>	Характер изменения сигнала / Signal change	<i>p</i>
Общее количество метаболитов / Total number of metabolites	29		39		28	
Деканоилкарнитин / Decanoylcarnitine	–	–	↓	0,00773	–	–
Гидроксидеcanoилкарнитин / Hydroxydecanoylecarnitine	–	–	↓	< 0,001	↓	0,00570
Гидроксигексадеcanoилкарнитин / Hydroxyhexadecanoylcarnitine	↓	0,00429	↓	0,00505	↓	0,0483
Тетрадеcanoилкарнитин / Tetradecanoylcarnitine	–	–	↑	< 0,001	↑	0,00665
LPI (18:0)	–	–	–	–	↑	0,00402
LPI (20:4)	↑	< 0,001	–	–	–	–

Примечание: LPI – лизофосфатидилинозитол. Символом «↑» обозначается повышение интенсивности аналитического сигнала массы метаболита при сравнении до и после эксперимента; символом «↓» – снижение; «–» – для данного вещества не выявлено значимого изменения содержания в данной группе.

Notes: LPI, lysophosphatidylinositol. The arrows ↑ and ↓ indicate an increase/decrease in the signal intensity for the mass of the metabolite after the experiment, and the dash means that no significant change in the signal intensity was observed.

данные вещества являются лигандами для GPR55 [20] – рецептора, сопряженного с G-белком, опосредующим внутриклеточные сигнальные каскады. Совокупность эффектов, проявляемых парой LPI-GPR55 [19, 21–23], может соотноситься с интенсификацией процессов энергетического обмена и регенерации организма в ответ на повреждения, вызванные НЧ SeO. Изменение содержания лизофосфатидилинозитолов в работах по изучению метаболомного отклика организма на действие соединений селена даже в солевой форме ранее выявлено не было.

Во всех опытных группах повышается содержание ацилкарнитинов и их производных согласованно и пропорционально общим изменениям количеств веществ в крови. Данные метаболиты, с одной стороны, переносят жирные кислоты через карнитиновый челнок во внутренних мембранах митохондрий для дальнейшего бета-окисления, с другой – транспортируют излишки продуктов данного процесса из митохондрий и далее во внеклеточное пространство, поскольку избыток оксиацил-КоА производных нарушает функции митохондрий вплоть до инициации апоптоза [24–26]. Вариации в содержании данных веществ свидетельствуют об изменениях в процессе бета-окисления жирных кислот, происходящего в митохондриях, что было показано ранее для воздействия солевых форм селена [27] и впервые показано нами для его воздействия в форме НЧ.

Заключение. Наночастицы оксида селена способны угнетать биоэнергетические процессы в клетке, что мы продемонстрировали как в экспериментах *in vitro* (снижение интенсивности АТФ-зависимой люминесценции на фибробластоподобных клетках линии ФЛЭЧ-104), так и в исследованиях *in vivo* (снижение активности сукцинатдегидрогеназы у беспородных белых крыс).

Негативное влияние на энергетическую функцию митохондрий реализуется, по всей видимости, за счет как минимум двух механизмов: нарушения внутримитохондриального β-окисления жирных кислот и инактивации сукцинатдегидрогеназы, чья фундаментальная роль в цепи переноса электронов митохондрий делает ее жизненно важной для большинства многоклеточных организмов.

Такие нарушения обуславливают снижение процентного соотношения нормальных митохондрий в клетках, в первую очередь, печени, являющейся органом-мишенью для воздействия селена.

Полученные в исследованиях *in vitro* и *in vivo* результаты могут быть использованы в качестве научной основы для оценки селеносодержащих НЧ как фактора химического риска производственной и окружающей среды для здоровья и поиска подходов к управлению такими рисками. Кроме того, упомянутые изменения могут служить отправной точкой для поиска предикторов ранней диагностики нарушений, опосредованных воздействием селеносодержащих НЧ.

Список литературы / References

1. Кульчицкий Н.А., Наумов А.В. Современное состояние рынков селена и соединений на его основе. Известия вузов. Цветная металлургия.

2015. № 3. С. 40–48. doi: 10.17073/0021-3438-2015-3-40-48

1. Kulchitsky NA, Naumov AV. [Modern state of the markets of selenium and its compounds.] *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Tsvetnaya Metallurgiya*. 2015;(3):40-48. (In Russ.) doi: 10.17073/0021-3438-2015-3-40-48
2. Geoffrion LD, Hesabizadeh T, Medina-Cruz D, et al. Naked selenium nanoparticles for antibacterial and anticancer treatments. *ACS Omega*. 2020;5(6):2660-2669. doi: 10.1021/acsomega.9b03172
3. Keyhani A, Shakibaie M, Mahmoudvand H, et al. Prophylactic activity of biogenic selenium nanoparticles against chronic *Toxoplasma gondii* infection. *Recent Pat Antiinfect Drug Discov*. 2020;15(1):75-84. doi: 10.2174/1574891X15666200604115001
4. Gao F, Yuan Q, Gao L, et al. Cytotoxicity and therapeutic effect of irinotecan combined with selenium nanoparticles. *Biomaterials*. 2014;35(31):8854-8866. doi: 10.1016/j.biomaterials.2014.07.004
5. Sonkusre P. Specificity of biogenic selenium nanoparticles for prostate cancer therapy with reduced risk of toxicity: an *in vitro* and *in vivo* study. *Front Oncol*. 2020;9:1541. doi: 10.3389/fonc.2019.01541
6. Jin Y, Cai L, Yang Q, et al. Anti-leukemia activities of selenium nanoparticles embedded in nanotube consisted of triple-helix β-d-glucan. *Carbohydr Polym*. 2020;240:116329. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116329
7. Dehkordi AJ, Mohebbi AN, Aslani MR, Ghoreyshi SM. Evaluation of nanoselenium (Nano-Se) effect on hematological and serum biochemical parameters of rat in experimentally lead poisoning. *Hum Exp Toxicol*. 2017;36(4):421-427. doi: 10.1177/0960327116651124
8. Rezvafar MA, Rezvafar MA, Shahverdi AR, et al. Protection of cisplatin-induced spermatotoxicity, DNA damage and chromatin abnormality by selenium nano-particles. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2013;266(3):356-365. doi: 10.1016/j.taap.2012.11.025
9. Sun J, Wei C, Liu Y, et al. Progressive release of mesoporous nano-selenium delivery system for the multi-channel synergistic treatment of Alzheimer's disease. *Biomaterials*. 2019;197:417-431. doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.12.027
10. Hadrup N, Loeschner K, Skov K, et al. Effects of 14-day oral low dose selenium nanoparticles and selenite in rat – as determined by metabolite pattern determination. *Peer J*. 2016;4:e2601. doi: 10.7717/peerj.2601
11. He Y, Chen S, Liu Z, Cheng C, Li H, Wang M. Toxicity of selenium nanoparticles in male Sprague-Dawley rats at supranutritional and nonlethal levels. *Life Sci*. 2014;115(1-2):44-51. doi: 10.1016/j.lfs.2014.08.023
12. Lesnichaya M, Shendrik R, Titov E, Sukhov B. Synthesis and comparative assessment of antiradical activity, toxicity, and biodistribution of κ-carrageenan-capped selenium nanoparticles of different size: *in vivo* and *in vitro* study. *IET nanobiotechnol*. 2020;14(6):519–526. doi: 10.1049/iet-nbt.2020.0023
13. Urbankova L, Skalickova S, Pribilova M, et al. Effects of sub-lethal doses of selenium nanoparticles on the health status of rats. *Toxics*. 2021;9(2):28. doi: 10.3390/toxics9020028
14. Нарциссов Р.П. Применение n-нитротетразоли фиолетового для количественной цитохимии дегидрогеназ лимфоцитов человека. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1969. Т. 56. № 5. С. 85–91.
14. Narcissov RP. [Application of n-nitrotetrazole violet for quantitative cytochemistry of human lymphocyte dehydrogenases.] *Arkhiv Anatomii, Gistologii i Embriologii*. 1969;56(5):85-91. (In Russ.)
15. Sun MG, Williams J, Munoz-Pinedo C, et al. Correlated three-dimensional light and electron microscopy reveals transformation of mitochondria during apoptosis. *Nat Cell Biol*. 2007;9(9):1057-1065. doi: 10.1038/ncb1630

16. Yücel UM, Başbuğan Y, Uyar A, Kömüroğlu AU, Keleş ÖF. Use of an antiarrhythmic drug against acute selenium toxicity. *J Trace Elem Med Biol.* 2020;59:126471. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126471
17. Darnell JC, Osterman DG, Saltiel AR. Synthesis of phosphatidylinositol in rat liver microsomes is accompanied by the rapid formation of lysophosphatidylinositol. *Biochim Biophys Acta.* 1991;1084(3):269–278. doi: 10.1016/0005-2760(91)90069-t
18. Poccia D, Larijani B. Phosphatidylinositol metabolism and membrane fusion. *Biochem J.* 2009;418(2):233–246. doi: 10.1042/bj20082105
19. Piceiro R, Falasca M. Lysophosphatidylinositol signalling: New wine from an old bottle. *Biochim Biophys Acta.* 2012;1821(4):694–705. doi: 10.1016/j.bbailip.2012.01.009
20. Arifin SA, Falasca M. Lysophosphatidylinositol signalling and metabolic diseases. *Metabolites.* 2016;6(1):6. doi: 10.3390/metabo6010006
21. Makide K, Uwamizu A, Shinjo Y, *et al.* Novel lysophospholipid receptors: their structure and function. *J Lipid Res.* 2014;55(10):1986–1995. doi: 10.1194/jlr.R046920
22. Fondevila MF, Fernandez U, Gonzalez-Rellan MJ, *et al.* The L- α -lysophosphatidylinositol/G protein-coupled receptor 55 system induces the development of nonalcoholic steatosis and steatohepatitis. *Hepatology.* 2021;73(2):606–624. doi: 10.1002/hep.31290
23. Calvillo-Robledo A, Cervantes-Villagrana RD, Morales P, Marichal-Cancino BA. The oncogenic lysophosphatidylinositol (LPI)/GPR55 signaling. *Life Sci.* 2022;301:120596. doi: 10.1016/j.lfs.2022.120596
24. Wojtczak L. Effect of long-chain fatty acids and acyl-CoA on mitochondrial permeability, transport, and energy-coupling processes. *J Bioenerg Biomembr.* 1976;8(6):293–311. doi: 10.1007/BF00765158
25. Su X, Han X, Mancuso DJ, Abendschein DR, Gross RW. Accumulation of long-chain acylcarnitine and 3-hydroxy acylcarnitine molecular species in diabetic myocardium: identification of alterations in mitochondrial fatty acid processing in diabetic myocardium by shotgun lipidomics. *Biochemistry.* 2005;44(13):5234–5245. doi: 10.1021/bi047773a
26. Violante S, Ijlst L, te Brinke H, *et al.* Carnitine palmitoyltransferase 2 and carnitine/acylcarnitine translocase are involved in the mitochondrial synthesis and export of acylcarnitines. *FASEB J.* 2013;27(5):2039–2044. doi: 10.1096/fj.12-216689
27. Fernandes J, Hu X, Smith MR, Go YM, Jones DP. Selenium at the redox interface of the genome, metabolome and exposome. *Free Radic Biol Med.* 2018;127:215–227. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.06.002





Метаболомное профилирование при атеросклеротическом поражении сосудов и влияние тяжелых металлов на протекание заболевания (обзор литературы)

М.С. Унесихина, А.И. Чемезов, М.П. Сутункова

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме

Введение. На развитых металлургических предприятиях зачастую наблюдается превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов, оказывающих пагубное влияние на здоровье рабочих. Тяжелые металлы вызывают окислительный стресс, являющийся одним из ключевых факторов развития атеросклеротического поражения сосудов. Атеросклероз приводит к сердечным приступам и инсультам, которые являются причиной гибели людей в 85 % случаев смерти от сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель: Изучение молекулярных механизмов атеросклероза сосудов и влияния тяжелых металлов на протекание заболевания.

Методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных в реферативных базах данных NLM, Scopus, CyberLeninka, Google Scholar, eLibrary, а также в информационных порталах по состоянию на январь 2022 г. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о патогенезе и влиянии тяжелых металлов на протекание атеросклероза. Было проанализировано более 400 статей, в результате их них отобрано 66 полнотекстовых материалов.

Результаты. Показана связь между молекулярными механизмами атеросклероза и тяжелыми металлами, сопоставлены основные этапы развития заболевания и метаболомный профиль крови при патологии.

Заключение. Представленный обзор литературы выявил проблемы в нормативной базе и практическом осуществлении гигиенической оценки влияния тяжелых металлов на протекание атеросклеротического поражения сосудов, одной из которых является недостаточная оценка вклада тяжелых металлов в протекание заболевания. На данный момент удалось обнаружить влияние тяжелых металлов лишь на изолированные процессы патогенеза атеросклероза: изменение проницаемости и разрушение сосудистых мембран, повышение окислительного стресса, воспаление, пролиферацию гладкомышечных клеток, изменение реологических свойств крови, повышенный риск тромбообразования. Найденные закономерности в изменении концентрации некоторых метаболитов крови и потенциальное пагубное влияние тяжелых металлов на поражение сосудов позволят в будущем разработать новые способы выявления атеросклероза и включить рабочих промышленных предприятий в группу риска для ранней диагностики заболевания.

Ключевые слова: обзор, атеросклероз, метаболиты атеросклероза, тяжелые металлы.

Для цитирования: Унесихина М.С., Чемезов А.И., Сутункова М.П. Метаболомное профилирование при атеросклеротическом поражении сосудов и влияние тяжелых металлов на протекание заболевания (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 35–42. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-35-42>

Сведения об авторах:

✉ **Унесихина** Мария Сергеевна – лаборант-исследователь отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии; e-mail: unesihinams@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5576-365X>.

Чемезов Алексей Игоревич – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии; e-mail: chemezov198@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-7347>.

Сутункова Марина Петровна – д.м.н., директор; e-mail: sutunkova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Чемезов А.И., Сутункова М.П.*; обзор литературы, сбор, обработка и анализ данных: *Унесихина М.С.*; интерпретация результатов: *Чемезов А.И., Унесихина М.С.*; подготовка рукописи: *Унесихина М.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 19.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

Metabolomic Profiling in Atherosclerotic Lesions and the Effect of Heavy Metals on the Course of Disease: A Literature Review

Maria S. Unesikhina, Aleksei I. Chemezov, Marina P. Sutunkova

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Summary

Introduction: In the developed metallurgical industry, maximum permissible concentrations of heavy metals in the work environment are often exceeded, and the elevated exposure levels have a detrimental effect on workers' health. Heavy metals cause oxidative stress, which is key factor in the development of atherosclerotic lesions. Atherosclerosis, in its turn, is the primary cause of heart attacks and stroke, which account for 85 % of all deaths from cardiovascular diseases.

Objective: To study molecular mechanisms of atherosclerosis and the impact of heavy metals on the disease course.

Methods: We applied methods of information analysis based on the review and generalization of published up-to-date research data on the pathogenesis and effects of heavy metals on the course of atherosclerosis found in NLM, Scopus, CyberLeninka, Google Scholar, and eLibrary abstract and citation databases, as well as on information portals, as of January 2022. More than 400 papers were analyzed and 66 full-text articles were found eligible for inclusion in this review.

Results: We established the relationship between the exposure to heavy metals and the molecular mechanisms of atherosclerosis and compared the main stages of the disease development with the respective blood metabolomic profiles.

Conclusions: Our literature review has revealed problems in the regulatory framework and practical assessment of the contribution of heavy metal exposures to the course of atherosclerotic lesions. So far, the effect of heavy metals only on isolated processes of the pathogenesis of atherosclerosis has been established, such as a change in permeability and destruction of vascular membranes, increased oxidative stress, inflammation, proliferation of smooth muscle cells, changes in blood rheological properties, and an increased risk of thrombosis. The observed patterns in the change in concentrations of some blood

metabolites and the potential adverse vascular effect of heavy metals will help develop new methods for detecting atherosclerosis and include industrial workers in the group at risk of the disease for its early diagnosis.

Keywords: review, atherosclerosis, metabolites, heavy metals.

For citation: Unesikhina MS, Chemezov AI, Sutunkova MP. Metabolomic profiling in atherosclerotic lesions and the effect of heavy metals on the course of disease: A literature review. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):35–42. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-35-42

Author information:

✉ Maria S. Unesikhina, Laboratory Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy; e-mail: unesihinams@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5576-365X.

Aleksei I. Chemezov, Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy; e-mail: chemezov198@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6167-7347.

Marina P. Sutunkova, Dr. Sci. (Med.), Director; e-mail: sutunkova@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1743-7642.

Author contributions: study conception and design: Chemezov A.I., Sutunkova M.P.; literature review, data collection, processing, and analysis: Unesikhina M.S.; interpretation of results: Chemezov A.I., Unesikhina M.S.; draft manuscript preparation: Unesikhina M.S. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 19, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ССЗ являются ведущей причиной гибели людей во всем мире. По оценкам ВОЗ в 2019 году от ССЗ умерло 17,9 миллиона человек, что составляет 32 % всех смертей в мире, из них 85 % вызваны сердечным приступом и инсультом [1]. Сердечные приступы и инсульты в основном являются следствием закупорки сосудов, что препятствует кровоснабжению жизненно необходимых органов. Наиболее распространенной причиной этого является накопление жировых отложений на внутренних стенках кровеносных сосудов, так называемый атеросклероз.

Несмотря на то что в мире и, в частности, в странах с развитой металлургической промышленностью, особенно в РФ, наблюдается положительная тенденция к снижению числа смертей от ССЗ (см. рисунок), число сохраненных жизней благодаря современной науке необходимо наращивать более стремительными темпами.

Так как в Свердловской области широко представлена такая отрасль промышленности, как металлургические предприятия, это приводит к загрязнению окружающей среды: в частности, повышенное содержание тяжелых металлов оказывает заметное пагубное влияние на рабочих таких производств. Основными загрязнителями среди тяжелых металлов являются свинец, кадмий, железо, никель, медь, мышьяк и ртуть, которые чаще других элементов превышают нормативные

показатели в Свердловской области [3]. На текущий момент уже были проведены исследования, демонстрирующие прямую корреляцию между концентрациями свинца и кадмия в крови людей и повышенной смертностью, особенно от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [4, 5]. Также среди всех регионов РФ была показана прямая зависимость между занятостью мужчин во вредных и опасных условиях труда и показателями смертности от ССЗ [6].

Атеросклеротическое поражение диагностируют при появлении клинических симптомов, после липидного профилирования крови и применения инструментальных методов исследования (компьютерная томография, измерение толщины интимы сонной артерии, внутрисосудистое ультразвуковое исследование), когда опасность возникновения осложнений может быть уже высока, поэтому необходим метод ранней и простой диагностики до появления характерных признаков поражения сосудов у людей, входящих в группу риска и склонных к дислипидемиям.

Целью данной обзорной статьи является изучение молекулярных механизмов атеросклероза сосудов и вклада экспозиции к тяжелым металлам в протекание заболевания. Анализ данной информации позволит выявить закономерности в изменении метаболомного профиля крови для разработки методики ранней диагностики атеросклеротического поражения.

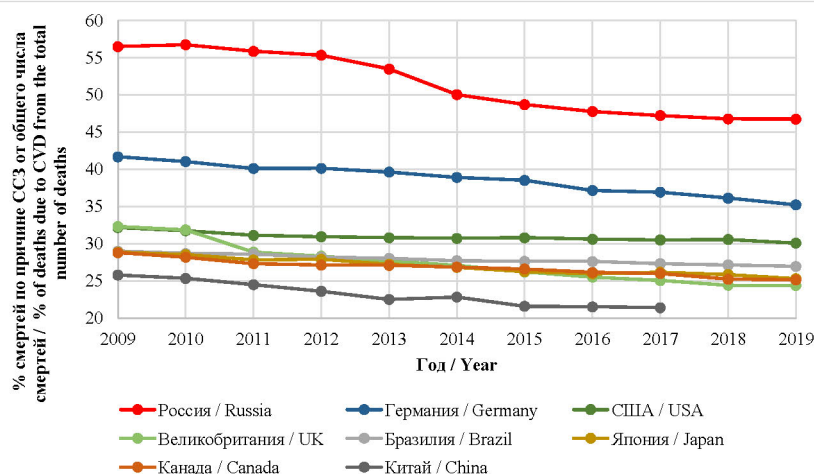


Рисунок. Доля смертей по причине сердечно-сосудистых заболеваний от общего числа смертей в странах с развитой металлургической промышленностью в 2009–2019 гг. [2]

Figure. The proportion of deaths from cardiovascular diseases of the total deaths registered in the countries with a developed metallurgical industry, 2009–2019 [2]

Материалы и методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных в реферативных базах данных NLM, Scopus, CyberLeninka, Google Scholar, eLibrary, а также информационных порталах по состоянию на январь 2022 г. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о влиянии тяжелых металлов на протекание атеросклероза и метаболомного профилирования людей и животных с атеросклерозом. Было проанализировано более 400 оригинальных статей, и в результате их них отобрано 66 полнотекстовых материалов.

Результаты и обсуждение. В статье показана связь между молекулярными механизмами атеросклеротического поражения сосудов и влиянием тяжелых металлов. В частности, были сопоставлены основные этапы развития заболевания и результаты метаболомного профилирования крови как людей, так и животных.

Диагностические возможности

Многие изменения состава крови, наблюдаемые при атеросклеротических поражениях, касаются метаболомного профиля крови – совокупности метаболитов, т. е. низкомолекулярных веществ с массой до 1500 Да, являющихся конечными и промежуточными продуктами метаболизма.

Главными аналитическими технологиями в области метаболомики является масс-спектрометрия (МС) в сочетании с методами разделения, самой распространенной и универсальной из которых является высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), обладающая большой специфичностью, высокой скоростью анализа и возможностью точного количественного определения искомым соединений. Благодаря таким мощным аналитическим методам простой анализ крови может помочь в быстрой диагностике атеросклероза.

Атеросклероз

Атеросклероз – хроническое воспалительное заболевание средних и крупных артерий, сопровождающееся инфильтрацией очага поражения липидами и иммунными клетками, разрастанием соединительной ткани с образованием фиброзных колпачков и последующим сужением просвета сосудов, что приводит к общему нарушению кровообращения и риску разрыва бляшки с формированием тромба.

Возраст, наследственность, дислипидемия, артериальная гипертензия, повышенное употребление пищи, обогащенной насыщенными жирными кислотами и холестерином, ожирение, курение, сахарный диабет, малоактивный образ жизни, гипергомоцистеинемия – факторы, способствующие инициации и прогрессированию атеросклероза [7]. Липопротеины (ЛП), являющиеся биохимическим комплексом, транспортирующим триглицериды (ТГ), фосфолипиды и холестерин (ХС), показывают прямую корреляцию между концентрацией их в крови и атеросклерозом. Доказано, что высокие уровни липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП), ТГ, ХС и низкий уровень липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) являются ведущими предикторами появления патологии.

Липидная инфильтрация стенки артерий

Атеросклероз начинается как воспалительная реакция на задержку ЛПНП в интиме сосудов, что переходит в последствии в порочный круг – «реакция на удержание».

В обычных условиях ламинарный кровотока способствует образованию эндотелиального релаксирующего фактора (NO), который оказывает сосудорасширяющее действие и обладает противовоспалительной активностью, поэтому патологическим изменениям наиболее подвержены искривленные участки артерий, испытывающие гемодинамический стресс растяжения в местах нарушения ламинарного потока крови. Заметное влияние на снижение уровня NO было замечено у свинца [8], кадмия [9] и железа [10, 11], что в условиях увеличения содержания АФК нарушает гомеостатические механизмы сосудов, способствует агрегации тромбоцитов, сужению сосудов и воспалительному диapedезу.

Это приводит к травмированию сосуда с последующей активацией эндотелия (усиливается локальный синтез протеогликанов с высоким сродством к ЛП). Эндотелиоциты начинают экспрессировать на поверхности мембраны молекулы адгезии, интегрин и селектины, приводящие к утолщению интимы [12], и секретировать интерлейкины, интерфероны и другие цитокины [13], запуская воспалительную реакцию.

Таким образом, ЛПНП, имеющие диаметр до 70 нм, легко проникающие в эндотелий посредством трансцитоза и диффундирующие через ткань в обычных условиях, начинают прилипать к стенке сосуда за счет связывания липидного заряженного остатка белка Апо-В100 ЛПНП с отрицательно заряженными цепями глюкозаминогликанов в протеогликанах (компоненты соединительной ткани стенки артерий). Такие необратимые изменения конформации белка делают частицы ЛПНП более восприимчивыми к модификациям, что затрудняет их отток [14].

Удержание ЛПНП в эндотелии сосудов также усиливают сфингомиелинфосфодиэстераза (SMAse) и липопротеинлипаза (положительно заряженный фермент, который обычно связан с отрицательно заряженными протеогликанами в просвете сосуда, где захватывает циркулирующие липопротеины (ЛП)), секретлируемые макрофагами. Комплексы ЛП-протеогликан, в сравнении с несвязанными ЛПНП, более склонны к окислению и агрегации. В свою очередь, модифицированные таким образом ЛПНП усиливают выработку протеогликанов с высоким сродством к ЛП [15].

Накопленные ЛПНП взаимодействуют с активными формами кислорода (АФК) и ферментами миелопероксидазой и липоксигеназой, выделяемыми воспалительными клетками [16]. Окисленные ЛПНП (оЛПНП) становятся более подверженными изменению конформации белка АпоВ-100, в результате чего у них повышается сродство к рецепторам – поглопителям макрофагов. Значительный вклад в окисление липидов вносят тяжелые металлы благодаря своей способности образовывать свободные радикалы и индуцировать перекисное окисление липидов (ПОЛ). В результате окисления фосфолипидов мембран изменяется их целостность, проницаемость и текучесть [17].

В оЛПНП основными фосфолипидами являются лизофосфатидилхолины (LPC), тогда как в немодифицированных ЛПНП LPC составляют лишь 1–5 % от общего числа фосфатидилхолинов (PC) [18]. Повышенные концентрации LPC в крови при атеросклеротических поражениях наблюдаются во многих исследованиях [19–23].

Избыточные количества LPC образуются за счет увеличения экспрессии секреторной фосфолипазы A2 группы 2 (sPLA2-II), которая расщепляет PC в оЛПНП до LPC и жирных кислот. sPLA2-II экспрессируется в клетках и тканях, участвующих в иммунных и воспалительных ответах: макрофаги, тучные клетки, фибробласты, ткани печени, селезенки, тимуса, костного мозга. Избыточная активность sPLA2-II индуцируется в условиях повышенного содержания провоспалительных цитокинов, гипоксии и других факторов воспаления, которые наблюдаются при атеросклеротическом поражении сосудов. Также значительное влияние на повышение активности sPLA2-II дозозависимым образом оказывает ртуть, способствуя таким образом развитию атеросклероза [24]. sPLA2-II усиливает окисление ЛПНП, индуцированное 15-липоксигеназой, и также благоприятствует слиянию ЛПНП с протеогликанами за счет их окислительной модификации [25].

Воспалительный ответ

Накопленные в атеросклеротическом поражении LPC индуцируют экспрессию хемокинов и молекул адгезии лейкоцитов ЭК сосудов и ГМК при участии моноцитарного хемокинового белка 1 (MCP-1). MCP-1 ответствен за хемотаксис моноцитов в стенку артерий и их дифференциацию в макрофаги за счет активации рецепторов CCR2 и образования эндотелиальных молекул адгезии лейкоцитов (белок адгезии сосудистых клеток (VCAM-1) и молекула клеточной адгезии (ICAM-1)) [26]. Подобное воздействие на организм оказывает железо: в исследованиях были замечены повышенные концентрации проатеросклеротических хемокинов/цитокинов (MCP-1, IL-6 и TNF- α) и молекул адгезии (ICAM-1, VCAM-1), т. к. железо имеет свойство накапливаться в медиальном слое ЭК и ГМК сосудов [10]. Уровень VCAM-1 также заметно повышался при воздействии наночастиц никеля на организм [27].

LPC опосредуют remodelирование сосудистых клеток за счет стимулирования продукции провоспалительных цитокинов (IL-1, IL-6, IL-8) моноцитами, индуцируют окислительный стресс с образованием АФК и увеличивают экспрессию рецепторов-поглочителей, способствуя захвату оЛПНП макрофагами и образованию пенистых клеток [28, 29]. Было продемонстрировано, что не все LPC являются атерогенными: так, провоспалительными и атерогенными свойствами облают LPC с длинной и насыщенной ацильной цепью не менее 16 углеродов [28].

Во время дифференцировки моноцитов в макрофаги экспрессируются рецепторы-мусорщики (CD36, SR-AI/II и SR-BI) и лектин-подобный окислительный рецептор ЛПНП (LOX-1), которые отвечают за распознавание оЛПНП макрофагами [29]. Сами же оЛПНП, в отличие от немодифицированных ЛПНП, более активно поглощаются макрофагами за счет изменения конформации своей белковой части и их более высокого сродства к рецепторам – поглотителям макрофагов

[12], что также сопровождается неспособностью рецепторов ЛПНП распознавать и транспортировать обратно в печень такие оЛПНП.

Участие аминокислот в атеросклеротическом поражении

Вклад гомоцистеина в развитие атеросклероза также немаловажен. Повышенный уровень гомоцистеина, который может быть обусловлен генетическими нарушениями ферментов, участвующими в метаболизме гомоцистеина, дефицитом коферментов и избыточным поступлением метионина из пищевого белка, значительно повышает риск атеросклеротического поражения сосудов [19, 30]. Установлено, что гомоцистеин участвует в изменении окислительно-восстановительной сигнализации клеток, индуцируя НАДФН-оксидазу и активность эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS), что приводит к окислительному повреждению клеток и эндотелиальной дисфункции соответственно [31]. eNOS из-за высокого окислительного стресса экспрессирует пероксинитрит, вызывающий ПОЛ, что также усугубляет нарушения редокс-статуса организма. Прооксидантное состояние способствует стрессу эндоплазматического ретикулума (ER-стрессу) и активации медиатора воспаления NF- κ B, который ответствен за активацию ЭК и инициирование экспрессии MCP-1 [32].

Дополнительно можно сделать предположение, что повышение уровня метионина и бетаина в исследованиях [33, 34] происходит в результате компенсаторного механизма для снижения концентрации гомоцистеина. Помимо же этого, бетаин является продуктом разложения PC, чьи повышенные концентрации в крови замечены при атеросклерозе [35].

Метионин и гомоцистеин являются серосодержащими аминокислотами, легко подвергающимися окислению, тем более в присутствии тяжелых металлов, являющихся «тиоловыми ядами», которые блокируют сульфгидрильные группы белков, ферментов и аминокислот, участвующих в антиоксидантной защите организма.

Несмотря на описанное участие многих метаболитов в прогрессировании атеросклеротических поражений, заметное снижение уровня триптофана [19, 33, 36, 37] является в некотором проявлении антиатерогенным механизмом, обусловленным избыточной экспрессией индоламин-2,3-диоксигеназы (IDO) с последующим катаболизмом триптофана, т. е. происходит активация кинуренинового пути [38]. Повышенная экспрессия IDO связана с хроническим воспалением низкой степени тяжести, характерным для атеросклероза. Так, было показано, что белок IDO экспрессируется антигенпрезентирующими клетками, включая макрофаги и дендритные клетки, сильно индуцируется провоспалительными цитокинами в атеросклеротических бляшках и активируется в клетках, ассоциированных с атеромой [39]. Повышенное соотношение кинуренин/триптофан было связано с утолщением сонных артерий и повышенными концентрациями ЛПНП, TG и ХС [40, 41]. Согласно теории истощения триптофана, активация IDO в антигенпрезентирующих клетках лишает T-клетки этой незаменимой аминокислоты, тем самым подавляя их активность и пролиферацию, что снижает воспаление сосудов и прогрессирование атеросклероза [39].

Было продемонстрировано влияние 3-гидроксиантраниловой кислоты, продукта катаболизма триптофана, на снижение уровня ЛПНП, ТГ, ХС и повышение уровня ЛПВП и замечены ее антиоксидантные и противовоспалительные свойства (снижение уровня VCAM-1, MCP-1). Но некоторые метаболиты кинуренинового пути проявляют и атерогенные свойства, например кинуренин, 3-гидроксикинуренин и хинолиновая кислота способствуют образованию супероксидных радикалов [38].

Нарушение энергетического обмена

Помимо прочего, было показано, что присутствие локализованной гипоксии и АФК в поврежденных сосудах являются одним из стимулов дифференцировки моноцитов в макрофаги, в частности через активацию провоспалительных генов [42], что также облегчает превращение макрофагов в пенистые клетки. Ключевым медиатором эффектов, опосредуемых гипоксией, является транскрипционный фактор, индуцируемый гипоксией 1-альфа (HIF-1 α). При низких концентрациях кислорода происходит увеличение времени жизни белка HIF-1 α , который способствует пролиферации ГМК и рекрутированию моноцитов, других лейкоцитов и Т-лимфоцитов в бляшку, снижает миграционную активность макрофагов и удерживает их в интиме [7, 13]. Таким образом, популяция макрофагов и пенистых клеток постоянно растет.

Так как сосудистые нарушения характеризуются гипоксией, макрофаги переходят на гликолитический тип метаболизма, хоть он и является менее энергоэффективным [42, 43]. В условиях же сниженного содержания АТФ накапливается АМФ, стимулирующая β -окисление [7]. Параллельно из-за недостатка кислорода и повышенной потребности в энергии происходит нарушение самого β -окисления, процесса, протекающего в аэробных условиях. В результате митохондрии перегружаются, что ведет к накоплению ацилкарнитинатов, свободных жирных кислот, ацетил-КоА и снижению концентрации L-ацетилкарнитина [44]. Было показано, что ацилкарнитины, накапливающиеся при атеросклеротических поражениях [20, 22, 45], индуцируют экспрессию провоспалительных факторов дозозависимым образом, включая IL-1 β , IL-6, фактор некроза опухоли α (TNF- α), MCP-1 и ядерный фактор «каппа би» (NF- κ B) [46].

Немаловажный вклад в истощение энергетических запасов клеток вносит мышьяк за счет своей способности замещать фосфат, встраиваясь в фосфоэпифирную связь АТФ, что приводит к расщеплению цепи окислительного фосфорилирования и последующему истощению запасов АТФ [17].

В результате нарушения β -окисления снижается образование ацетил-КоА, значительная доля которого поступает в цикл трикарбоновых кислот (ЦТК). Для восполнения дефицита активируются анаплеротические пути поддержания ЦТК, субстратами которых служат аминокислоты (в т. ч. серин, триптофан), что также может объяснять их пониженные концентрации при атеросклеротических поражениях [7, 20, 36].

Участие липидов в атеросклеротическом поражении

Клеточный ответ на насыщенные жирные кислоты, чьи повышенные концентрации на-

блюдаются при атеросклерозе [33, 34, 47, 48], опосредуется врожденной иммунной системой за счет воздействия на толл-подобный рецептор 4 (TLR4) с последующей экспрессией TNF- α и MCP-1 [49]. Было показано, что жирные кислоты являются источниками АФК за счет активации НАДФН-оксидазы и нарушают продукцию и выработку NO, отвечающего за вазодилатацию сосудов [50]. К тому же они активируют криопирин (NLRP3), который усиливает генерацию АФК в макрофагах и индукцию синтеза провоспалительных цитокинов (IL-1 β и IL-18) [51].

Атеросклеротическая бляшка характеризуется разнообразием липидов, высвобождаемых из ЛПНП. Так, помимо LPC и жирных кислот, замечены повышенные концентрации церамидов [35, 52, 53], фитосфингозина и сфинганина [21, 47], что, вероятно, является следствием действия SMAse, которая расщепляет сфингомиелины на поверхности ЛП. Было показано, что активность SMAse стимулирует TNF- α [52]. В неагрегированных и неокисленных ЛПНП церамидов обнаружено не было [54].

Церамиды активируют НАДФН-оксидазу с последующим увеличением содержания супероксидных анионов [52], индуцируют ER-стресс и блокируют β -окисление митохондрий. К тому же они участвуют в транцитозе оЛПНП через ЭК, способствуя удержанию липидов в сосудистой стенке и вызывая конформационные изменения в ApoB-100 [55].

Пролиферация и миграция ГМК

Параллельно со всем происходящим за счет выделения цитокинов и факторов роста вышеперечисленными участниками атеросклеротических поражений, вызывающих рост клеток и образование белков внеклеточного матрикса (коллаген, эластин, протеогликан), происходит миграция ГМК в интиму. Такие мигрировавшие ГМК и синтезированный внеклеточный матрикс образуют фиброзный коллаген, который состоит из богатых коллагеном волокнистых тканей, ГМК, макрофагов и Т-лимфоцитов. Это объясняется тем, что ГМК в случае повреждения способны переключаться с «нормального сократительного фенотипа» на «провоспалительный-синтетический». Это изменение приводит к снижению экспрессии белков, ответственных за сокращение ГМК, и повышению продукции провоспалительных медиаторов, которые запускают пролиферацию и миграцию ГМК [56].

Вместе с этим после воздействия ртути и железа на организм была замечена повышенная экспрессия фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) в ЭК, который участвует в их миграции, пролиферации и созревании [10, 57].

Также было отмечено, что слой протеогликанов в интиме, имеющий повышенное содержание коллагена и измененную продольную ориентацию коллагеновых волокон, был в 4 раза толще в областях атеросклеротического поражения и являлся основным фактором стеноза артерий [58].

Некротическое ядро

Многие механизмы развития атеросклероза могут инициировать поступающие в организм тяжелые металлы: их основной механизм влияния – окислительный стресс, являющийся главным патогенетическим фактором поражения сосудов. Так, в исследованиях кадмий [59, 9], свинец

[59, 60], железо [10, 11], никель [27], медь [11], мышьяк и ртуть [17] вызывали окислительный стресс с увеличением продуктов ПОЛ (наблюдался высокий уровень малонового диальдегида и оксистеролов), оЛПНП и АФК преимущественно за счет образования высокоактивных свободных радикалов по реакции Фентона и истощения запасов внутриклеточных антиоксидантов и участвующих в их синтезе ферментов, по причине высокого сродства к сульфгидрильным группам.

При запущенных поражениях окислительный стресс в макрофагах, ЭК и ГМК может привести к их апоптозу, который запускается через ER-стресс. ER-стресс представляет собой реакцию клеток на временные или длительные нарушения функций ER, особенно функций, связанных с синтезом белка, регуляцией кальция и внутриклеточным окислительно-восстановительным потенциалом. При продолжительном состоянии ER-стресса включается развернутый белковый ответ (UPR) в качестве защитного механизма от перегрузки [61]. К стрессорам, которые активируют UPR, относятся окислительный стресс, гомоцистеин, гипоксия, оксистеролы, высокие уровни внутриклеточного холестерина и насыщенных жирных кислот [61]. UPR приводит к повышению уровня цитозольного кальция и активации кальций/кальмодулин-зависимой протеинкиназы типа II (CaMKII). CaMKII запускает апоптоз с помощью экспрессии НАДФН-оксидазы и последующей генерации АФК. Вторым необходимым механизмом для апоптоза служат рецепторы комбинированного распознавания образов (PRRs), которые связывают патогены, чужеродные антигены, эндогенные белки и модифицированные липиды [62]. В результате со временем соседние фагоциты перестают успевать очищать место поражения от апоптотических клеток, что приводит к разрастанию некротического ядра и увеличению площади атероматозного поражения, способствуя тем самым истончению фиброзной оболочки и разрушению бляшки.

Нестабильность атеросклеротической бляшки

Накопление всех этих факторов образует зрелую атеросклеротическую бляшку в интиме сосуда, уменьшая его кровоток. Но прочность бляшки может быть нарушена, когда механическое напряжение в волокнистой оболочке превышает критический уровень, который может выдержать ткань. Среди причин, способствующих разрыву бляшки, можно выделить истончение фиброзной оболочки, разрастающееся некротическое ядро и матриксные металлопротеиназы 2 и 9 (ММП-2 и ММП-9), которые секретируются макрофагами и АФК [29], что приводит к разрушению внеклеточного матрикса.

Стабильность атеросклеротической бляшки может также изменять кальцификация и неоваскуляризация — черты уже глубоко прогрессирующих поражений. Кальцификация интимы связана с перидитоподобными клетками, секретирующими компоненты матрикса, которые впоследствии подвергаются кальцификации (процесс, регулируемый оксистеролами и цитокинами) [63]. Кальцификация сосудов также может происходить на фоне активации матриксной ММП-9 и сочетаться с деградацией эластина, метаболиты которого способны дополнительно активировать клеточно-зависимое отложение кальция [64].

Повышенная потребность в кислороде приводит к васкуляризации, но образование новых сосудов сконцентрировано на границах бляшки, в то время как центральная часть находится в условиях постоянной гипоксии, что объясняет многие наблюдаемые метаболические изменения [65].

Тромбоз, основное осложнение атеросклероза, связан с разрывом бляшки, в результате чего запускается каскад свертывания крови, вызывая образование тромба, который может проникнуть в просвет сосуда, где он будет блокировать кровоток. Процесс тромбообразования также способна стимулировать ртуть, вызывая активацию тромбоцитов, увеличивая активность факторов свертывания крови и усиливая адгезию эритроцитов к ЭК за счет изменения формы эритроцитов под влиянием этого металла [57]. Кроме того, тромб может отрываться, вызывая ишемию органов и тканей [66].

Заключение. Влияние тяжелых металлов на протекание атеросклероза существенно — оно способствует прогрессированию заболевания на каждом этапе: от изменения проницаемости и разрушения сосудистых мембран до повышенного содержания АФК и ПОЛ, приводящего к окислительному стрессу, воспалительному ответу, пролиферации ГМК и изменению реологических свойств крови с повышением риска тромбообразования. Замкнутый круг удержания липидов, рекрутирования новых моноцитов, утолщения интимы, гипоксии, окислительного стресса и апоптоза ведет к разрастанию атеросклеротической бляшки, риску ее разрыва и образованию тромба.

Описанные механизмы развития атеросклеротического поражения приводят к характерному изменению метаболомного профиля крови, который охватывает многие процессы обмена веществ. Именно одновременное изменение концентрации таких, как, казалось бы на первый взгляд, неспецифических метаболитов для атеросклероза, как аминокислоты (гомоцистеин, метионин, серин, бетаин, триптофан), жирные кислоты, ацетилкарнитины, глицерофосфолипиды (лизофосфатидилхолины) и сфинголипиды (церамиды, сфинганин, фитосфингозин), может еще на ранних стадиях заболевания свидетельствовать о его начале и служить дополнительным методом диагностики, подтверждающим атеросклеротическое поражение сосудов.

Метаболомный скрининг комплекса вышеоцененных соединений с помощью современного и высокоточного оборудования на ранних стадиях заболевания может предсказать его наличие, помочь в отслеживании эффективности лечения, а также предоставить новые рычаги воздействия для предотвращения осложнений, которые влечет за собой зрелая атеросклеротическая бляшка. Такой мониторинг метаболомного профиля крови будет крайне важен в том числе для рабочих промышленных предприятий, подвергающихся хронической интоксикации тяжелыми металлами, что повышает степень кардиориска независимо от других отягчающих обстоятельств их образа жизни и здоровья.

Список литературы / References

1. WHO. Cardiovascular diseases (CVDs). 11 June 2021. Accessed June 21, 2022. <https://www.who.int/en/>

- news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)
- WHO. Who mortality database; 2022. Accessed June 21, 2022. <https://platform.who.int/mortality/themes/theme-details/topics/topic-details/MDB/cardiovascular-diseases>
 - Зубков В.А., Тришевская А.В., Малкова Е.А., Михеева Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах промышленных городов Свердловской области. *Colloquium-journal*. 2019. № 17-7 (41). С. 16–23.
 - Zubkov VA, Trishevskaya AV, Malkova EA, Mikheeva EV. The heavy metals content in the soils of Sverdlovsk region industrial cities. *Colloquium-Journal*. 2019;(17-7(41)):16-23. (In Russ.)
 - Weisskopf MG, Jain N, Nie H, et al. A prospective study of bone lead concentration and death from all causes, cardiovascular diseases, and cancer in the Department of Veterans Affairs Normative Aging Study. *Circulation*. 2009;120(12):1056-1064. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.827121
 - Tellez-Plaza M, Guallar E, Howard BV, et al. Cadmium exposure and incident cardiovascular disease. *Epidemiology*. 2013;24(3):421-429. doi: 10.1097/EDE.0b013e31828b0631
 - Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонов Г.И. и др. Условия труда как фактор повышения смертности в трудоспособном возрасте. Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 8. С. 43–49.
 - Bukhtiyarov IV, Izmerov NF, Tikhonova GI, et al. Work conditions as a risk factor mortality increase in able-bodied population. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(8):43-49. (In Russ.)
 - Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. М.: Лаборатория знаний, 2019. 509 с.
 - Koolman J, Roehm KH. *Color Atlas of Biochemistry*. Transl. by Mosolova TP. 6th ed. Moscow: Laboratoriya Znaniy Publ.; 2018. (In Russ.)
 - Dursun N, Arifoglu C, Suer C, Keskinol L. Blood pressure relationship to nitric oxide, lipid peroxidation, renal function, and renal blood flow in rats exposed to low lead levels. *Biol Trace Elem Res*. 2005;104(2):141-149. doi: 10.1385/BTER:104:2:141
 - Oliveira TF, Batista PR, Leal MA, et al. Chronic cadmium exposure accelerates the development of atherosclerosis and induces vascular dysfunction in the aorta of ApoE^{-/-} mice. *Biol Trace Elem Res*. 2019;187(1):163-171. doi: 10.1007/s12011-018-1359-1
 - Vinchi F, Porto G, Simmelbauer A, et al. Atherosclerosis is aggravated by iron overload and ameliorated by dietary and pharmacological iron restriction. *Eur Heart J*. 2020;41(28):2681-2695. doi: 10.1093/eurheartj/ehz112
 - Jomova K, Valko M. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology*. 2011;283(2-3):65-87. doi: 10.1016/j.tox.2011.03.001
 - Zmyslowski A, Szerk A. Current knowledge on the mechanism of atherosclerosis and pro-atherosclerotic properties of oxysterols. *Lipids Health Dis*. 2017;16(1):188. doi: 10.1186/s12944-017-0579-2
 - Bogomolova AM, Nikitin AA, Orlov SV, et al. Hypoxia as a factor involved in the regulation of the apoA-1, ABCA1, and complement C3 gene expression in human macrophages. *Biochemistry (Mosc)*. 2019;84(5):529-539. doi: 10.1134/S0006297919050079
 - Hultgardh-Nilsson A, Borén J, Chakravarti S. The small leucine-rich repeat proteoglycans in tissue repair and atherosclerosis. *J Intern Med*. 2015;278(5):447-461. doi: 10.1111/joim.12400
 - Devlin CM, Leventhal AR, Kuriakose G, Schuchman EH, Williams KJ, Tabas I. Acid sphingomyelinase promotes lipoprotein retention within early atheromata and accelerates lesion progression. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2008;28(10):1723-1730. doi: 10.1161/ATVBAHA.108.173344
 - Silverstein RL. Inflammation, atherosclerosis, and arterial thrombosis: role of the scavenger receptor CD36. *Cleve Clin J Med*. 2009;76(Suppl 2):S27-S30. doi: 10.3949/ccjm.76.s2.06
 - Jan AT, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QM. Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *Int J Mol Sci*. 2015;16(12):29592-29630. doi: 10.3390/ijms161226183
 - Chen L, Liang B, Froese DE, et al. Oxidative modification of low density lipoprotein in normal and hyperlipidemic patients: effect of lysophosphatidylcholine composition on vascular relaxation. *J Lipid Res*. 1997;38(3):546-553.
 - Zhang F, Jia Z, Gao P, et al. Metabonomics study of atherosclerosis rats by ultra fast liquid chromatography coupled with ion trap-time of flight mass spectrometry. *Talanta*. 2009;79(3):836-844. doi: 10.1016/j.talanta.2009.05.010
 - Tomas L, Edsfieldt A, Mollet IG, et al. Altered metabolism distinguishes high-risk from stable carotid atherosclerotic plaques. *Eur Heart J*. 2018;39(24):2301-2310. doi: 10.1093/eurheartj/ehy124
 - Liu YT, Peng JB, Jia HM, et al. UPLC-Q/TOF MS standardized Chinese formula Xin-Ke-Shu for the treatment of atherosclerosis in a rabbit model. *Phytomedicine*. 2014;21(11):1364-1372. doi: 10.1016/j.phymed.2014.05.009
 - Izidoro MA, Cecconi A, Panadero MI, et al. Plasma metabolic signature of atherosclerosis progression and colchicine treatment in rabbits. *Sci Rep*. 2020;10(1):7072. doi: 10.1038/s41598-020-63306-y
 - Stübiger G, Aldover-Macasaet E, Bicker W, et al. Targeted profiling of atherogenic phospholipids in human plasma and lipoproteins of hyperlipidemic patients using MALDI-QIT-TOF-MS/MS. *Atherosclerosis*. 2012;224(1):177-186. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.06.010
 - Mazerik JN, Mikkilineni H, Kuppusamy VA, et al. Mercury activates phospholipase a(2) and induces formation of arachidonic acid metabolites in vascular endothelial cells. *Toxicol Mech Methods*. 2007;17(9):541-557. doi: 10.1080/15376510701380505
 - Kougias P, Chai H, Lin PH, Lumsden AB, Yao Q, Chen C. Lysophosphatidylcholine and secretory phospholipase A2 in vascular disease: mediators of endothelial dysfunction and atherosclerosis. *Med Sci Monit*. 2006;12(1):RA5-RA16.
 - Weber C, Noels H. Atherosclerosis: current pathogenesis and therapeutic options. *Nat Med*. 2011;17(11):1410-1422. doi: 10.1038/nm.2538
 - Kang GS, Gillespie PA, Gunnison A, Moreira AL, Tchou-Wong KM, Chen LC. Long-term inhalation exposure to nickel nanoparticles exacerbated atherosclerosis in a susceptible mouse model. *Environ Health Perspect*. 2011;119(2):176-181. doi: 10.1289/ehp.1002508
 - Akerele OA, Cheema SK. Fatty acyl composition of lysophosphatidylcholine is important in atherosclerosis. *Med Hypotheses*. 2015;85(6):754-760. doi: 10.1016/j.mehy.2015.10.013
 - Khatana C, Saini NK, Chakrabarti S, et al. Mechanistic insights into the oxidized low-density lipoprotein-induced atherosclerosis. *Oxid Med Cell Longev*. 2020;2020:5245308. doi: 10.1155/2020/5245308
 - Ragino YuI, Chernjavski AM, Polonskaya YaV, et al. Oxidation and endothelial dysfunction biomarkers of atherosclerotic plaque instability. Studies of the vascular wall and blood. *Bull Exp Biol Med*. 2012;153(3):331-335. doi: 10.1007/s10517-012-1708-6
 - Zhou J, Austin RC. Contributions of hyperhomocysteinemia to atherosclerosis: Causal relationship and potential mechanisms. *Biofactors*. 2009;35(2):120-129. doi: 10.1002/biof.17
 - Refsum H, Smith AD, Ueland PM, et al. Facts and recommendations about total homocysteine determinations: an expert opinion. *Clin Chem*. 2004;50(1):3-32. doi: 10.1373/clinchem.2003.021634
 - Zha W, A J, Wang G, et al. Metabonomic characterization of early atherosclerosis in hamsters with induced cholesterol. *Biomarkers*. 2009;14(6):372-380. doi: 10.1080/13547500903206401
 - Wang Z, Klipfell E, Bennett BJ, et al. Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular

- disease. *Nature*. 2011;472(7341):57-63. doi: 10.1038/nature09922
35. Jové M, Ayala V, Ramírez-Núñez O, et al. Lipidomic and metabolomic analyses reveal potential plasma biomarkers of early atheromatous plaque formation in hamsters. *Cardiovasc Res*. 2013;97(4):642-652. doi: 10.1093/cvr/cvs368
 36. Teul J, Rupérez FJ, Garcia A, et al. Improving metabolite knowledge in stable atherosclerosis patients by association and correlation of GC-MS and 1H NMR fingerprints. *J Proteome Res*. 2009;8(12):5580-5589. doi: 10.1021/pr900668v
 37. Cason CA, Dolan KT, Sharma G, et al. Plasma microbiome-modulated indole- and phenyl-derived metabolites associate with advanced atherosclerosis and postoperative outcomes. *J Vasc Surg*. 2018;68(5):1552-1562.e7. doi: 10.1016/j.jvs.2017.09.029
 38. Wang Q, Liu D, Song P, Zou MH. Tryptophan-kynurenine pathway is dysregulated in inflammation, and immune activation. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2015;20(7):1116-1143. doi: 10.2741/4363
 39. Niinisalo P, Oksala N, Levula M, et al. Activation of indoleamine 2,3-dioxygenase-induced tryptophan degradation in advanced atherosclerotic plaques: Tampere vascular study. *Ann Med*. 2010;42(1):55-63. doi: 10.3109/07853890903321559
 40. Polyzos KA, Ketelhuth DF. The role of the kynurenine pathway of tryptophan metabolism in cardiovascular disease. An emerging field. *Hamostaseologie*. 2015;35(2):128-136. doi: 10.5482/HAMO-14-10-0052
 41. Song P, Ramprasath T, Wang H, Zou MH. Abnormal kynurenine pathway of tryptophan catabolism in cardiovascular diseases. *Cell Mol Life Sci*. 2017;74(16):2899-2916. doi: 10.1007/s00018-017-2504-2
 42. Strehl C, Fangradt M, Fearon U, Gaber T, Buttgeit F, Veale DJ. Hypoxia: how does the monocyte-macrophage system respond to changes in oxygen availability? *J Leukoc Biol*. 2014;95(2):233-241. doi: 10.1189/jlb.1212627
 43. Будихина А.С., Пашенков М.В. Роль гликолиза в иммунном ответе // Иммунология. 2021. Т. 42. № 1. С. 5–20. doi: 10.33029/0206-4952-2021-42-1-5-20
 43. Budikhina AS, Pashenkov MV. The role of glycolysis in immune response. *Immunologiya*. 2021;42(1):5-20. (In Russ.) doi: 10.33029/0206-4952-2021-42-1-5-20
 44. Коткина Т.И., Титов В.Н., Пархимович Р.М. Иные представления о β-окислении жирных кислот в пероксисомах, митохондриях и кетоновые тела. Диабетическая, ацидотическая кома как острый дефицит ацетил-КоА и АТФ // Клиническая лабораторная диагностика. 2014. Т. 59. № 3. С. 14–23.
 44. Kotkina TA, Titov VN, Parkhimovitch RM. The different notions about β-oxidation of fatty acids in peroxisomes, peroxisomes and ketonic bodies. The diabetic, acidotic coma as an acute deficiency of acetyl-CoA and ATP. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*. 2014;59(3):14-23. (In Russ.)
 45. Shah SH, Sun JL, Stevens RD, et al. Baseline metabolomic profiles predict cardiovascular events in patients at risk for coronary artery disease. *Am Heart J*. 2012;163(5):844-850.e1. doi: 10.1016/j.ahj.2012.02.005
 46. Rutkowsky JM, Knotts TA, Ono-Moore KD, et al. Acylcarnitines activate proinflammatory signaling pathways. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2014;306(12):E1378-E1387. doi: 10.1152/ajpendo.00656.2013
 47. Gao X, Ke C, Liu H, et al. Large-scale metabolomic analysis reveals potential biomarkers for early stage coronary atherosclerosis. *Sci Rep*. 2017;7(1):11817. doi: 10.1038/s41598-017-12254-1
 48. Chen X, Liu L, Palacios G, et al. Plasma metabolomics reveals biomarkers of the atherosclerosis. *J Sep Sci*. 2010;33(17-18):2776-2783. doi: 10.1002/jssc.201000395
 49. Blair HC, Sepulveda J, Papachristou DJ. Nature and nurture in atherosclerosis: The roles of acylcarnitine and cell membrane-fatty acid intermediates. *Vascul Pharmacol*. 2016;78:17-23. doi: 10.1016/j.vph.2015.06.012
 50. Ghosh A, Gao L, Thakur A, Siu PM, Lai CWK. Role of free fatty acids in endothelial dysfunction. *J Biomed Sci*. 2017;24(1):50. doi: 10.1186/s12929-017-0357-5
 51. Wang L, Chen Y, Li X, Zhang Y, Gulbins E, Zhang Y. Enhancement of endothelial permeability by free fatty acid through lysosomal cathepsin B-mediated Nlrp3 inflammasome activation. *Oncotarget*. 2016;7(45):73229-73241. doi: 10.18632/oncotarget.12302
 52. Bismuth J, Lin P, Yao Q, Chen C. Ceramide: a common pathway for atherosclerosis? *Atherosclerosis*. 2008;196(2):497-504. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2007.09.018
 53. Vorkas PA, Shalhoub J, Isaac G, et al. Metabolic phenotyping of atherosclerotic plaques reveals latent associations between free cholesterol and ceramide metabolism in atherogenesis. *J Proteome Res*. 2015;14(3):1389-1399. doi: 10.1021/pr5009898
 54. Kinnunen PK, Holopainen JM. Sphingomyelinase activity of LDL: a link between atherosclerosis, ceramide, and apoptosis? *Trends Cardiovasc Med*. 2002;12(1):37-42. doi: 10.1016/s1050-1738(01)00143-8
 55. Chaurasia B, Summers SA. Ceramides – lipotoxic inducers of metabolic disorders. *Trends Endocrinol Metab*. 2015;26(10):538-550. doi: 10.1016/j.tem.2015.07.006
 56. Viola M, Bartolini B, Vigetti D, et al. Oxidized low density lipoprotein (LDL) affects hyaluronan synthesis in human aortic smooth muscle cells. *J Biol Chem*. 2013;288(41):29595-29603. doi: 10.1074/jbc.M113.508341
 57. Takahashi T, Shimohata T. Vascular dysfunction induced by mercury exposure. *Int J Mol Sci*. 2019;20(10):2435. doi: 10.3390/ijms20102435
 58. Ivanova EA, Bobryshev YV, Orekhov AN. Intimal pericytes as the second line of immune defence in atherosclerosis. *World J Cardiol*. 2015;7(10):583-593. doi: 10.4330/wjc.v7.i10.583
 59. Lee DH, Lim JS, Song K, Boo Y, Jacobs DR Jr. Graded associations of blood lead and urinary cadmium concentrations with oxidative-stress-related markers in the U.S. population: results from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Health Perspect*. 2006;114(3):350-354. doi: 10.1289/ehp.8518
 60. Poręba R, Gać P, Poręba M, Andrzejak R. Environmental and occupational exposure to lead as a potential risk factor for cardiovascular disease. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2011;31(2):267-277. doi: 10.1016/j.etap.2010.12.002
 61. Seimon T, Tabas I. Mechanisms and consequences of macrophage apoptosis in atherosclerosis. *J Lipid Res*. 2009;50 Suppl(Suppl):S382-S387. doi: 10.1194/jlr.R800032-JLR200
 62. Tabas I. The role of endoplasmic reticulum stress in the progression of atherosclerosis. *Circ Res*. 2010;107(7):839-850. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.110.224766
 63. Watson KE, Boström K, Ravindranath R, Lam T, Norton B, Demer LL. TGF-beta 1 and 25-hydroxycholesterol stimulate osteoblast-like vascular cells to calcify. *J Clin Invest*. 1994;93(5):2106-2113. doi: 10.1172/JCI117205
 64. Талаева Т.В., Братусь В.В. Сосудистая кальцификация: реальность и гипотезы. Медицинская газета Здоровье Украины XXI век. 2014. № 1 (32). С. 56–60.
 64. Talaeva TV, Bratus VV. Vascular calcification: reality and hypotheses. *Meditsinskaya Gazeta Zdorov'e Ukrainy XXI vek*. 2014;(1(32)):56-60. (In Russ.)
 65. Fong GH. Potential contributions of intimal and plaque hypoxia to atherosclerosis. *Curr Atheroscler Rep*. 2015;17(6):510. doi: 10.1007/s11883-015-0510-0
 66. Rafieian-Kopaei M, Setorki M, Doudi M, Baradaran A, Nasri H. Atherosclerosis: process, indicators, risk factors and new hopes. *Int J Prev Med*. 2014;5(8):927-946.



Профилактика комбинированного цитотоксического действия наночастиц оксидов селена и меди в эксперименте

Л.И. Привалова, Ю.В. Рябова, М.П. Сутункова, В.Б. Гурвич, И.А. Минигалиева, Т.В. Бушуева, А.В. Тажигулова, С.Н. Соловьева, [Б.А. Кацнельсон]

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленного предпринимательства» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Предприятия, занятые переработкой медьсодержащего сырья, являются источниками поступления во внешнюю среду аэрозолей сложного состава. В число компонентов, загрязняющих воздух рабочей зоны и атмосферный воздух прилегающих населенных мест, входят селен и медь, в том числе в форме элементарных наночастиц. **Цель работы:** оценка комбинированного цитотоксического действия наночастиц оксидов селена и меди при применении биопротективного комплекса.

Материалы и методы. Цитотоксическое действие моделировалось на белых беспородных крысах-самках путем однократного интратрахеального введения наночастиц оксидов селена и меди в концентрации 0,25 г/л, полученных методом лазерной абляции. Через 24 часа после введения суспензии оценивались цитологические и биохимические показатели бронхоальвеолярной лаважной жидкости. В течение месяца перед интратрахеальным введением суспензий наночастиц часть экспонированных животных получала диету, включающую специально разработанный биопротективный комплекс (введение комплекса осуществлялось вместе с питьем и кормом).

Результаты. Однократное интратрахеальное введение суспензий наночастиц оксидов селена и меди вызвало изменение цитологических и биохимических характеристик бронхоальвеолярной лаважной жидкости, свидетельствующих о выраженном цитотоксическом действии наночастиц. В группе экспонированных животных после проведения предварительного курса биологической профилактики было отмечено снижение абсолютного числа нейтрофильных лейкоцитов и соотношения нейтрофильных лейкоцитов и альвеолярных макрофагов, являющегося косвенным показателем цитотоксического действия, а также активности аспартатаминотрансферазы в бронхоальвеолярной лаважной жидкости.

Заключение. Научно обоснованный и экспериментально апробированный биопротективный комплекс способен ослабить комбинированное цитотоксическое действие наночастиц оксидов селена и меди.

Ключевые слова: эксперимент, наночастицы, цитотоксичность, биопротектика, оксид меди, оксид селена.

Для цитирования: Привалова Л.И., Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Гурвич В.Б., Минигалиева И.А., Бушуева Т.В., Тажигулова А.В., Соловьева С.Н., [Кацнельсон Б.А.] Профилактика комбинированного цитотоксического действия наночастиц оксидов селена и меди в эксперименте // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 43–48. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-43-48

Сведения об авторах:

Привалова Лариса Ивановна – д.м.н., профессор, заведующий лабораторией научных основ биологической профилактики; e-mail: privaloval@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1442-6737.

✉ **Рябова** Юлия Владимировна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопротектики; e-mail: ryabovaiuvl@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2677-0479.

Сутункова Марина Петровна – д.м.н., директор; e-mail: marinasutunkova@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1743-7642.

Гурвич Владимир Борисович – д.м.н., научный руководитель Центра; e-mail: gurvich@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6475-7753.

Минигалиева Ильзира Амировна – д.б.н., заведующий отделом токсикологии и биопротектики; e-mail: ilzira-minigalieva@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0097-7845.

Бушуева Татьяна Викторовна – к.м.н., заведующий НПО лабораторно-диагностических технологий; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5872-2001.

Тажигулова Анастасия Валерьевна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопротектики; e-mail: tazhigulovaav@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9384-8550.

Соловьева Светлана Николаевна – к.б.н., заведующий клиникой экспериментальных животных; e-mail: solovyevasn@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8580-403X.

Кацнельсон Борис Александрович – проф., д.м.н., научный консультант Центра; e-mail: bkaznelson@ymrc.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8750-9624.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Привалова Л.И., Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Гурвич В.Б., Бушуева Т.В., [Кацнельсон Б.А.]; сбор данных, анализ и интерпретация результатов: Рябова Ю.В., Тажигулова А.В., Соловьева С.Н.; обзор литературы: Рябова Ю.В.; подготовка рукописи: Рябова Ю.В., Привалова Л.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей. Протокол исследования одобрен Локальным независимым этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (Протокол № 2 от 20.04.2021).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 22.07.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

Prevention of the Combined Cytotoxic Effect of Selenium and Copper Oxide Nanoparticles in the Animal Experiment

Larisa I. Privalova, Yuliya V. Ryabova, Marina P. Sutunkova, Vladimir B. Gurvich, Ilzira A. Minigalieva, Tatiana V. Bushueva, Anastasia V. Tazhigulova, Svetlana N. Solovyeva, [Boris A. Katsnelson]

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Summary

Background: Copper ore processing plants are the emission sources of aerosols having a complex chemical composition. The aerosol components polluting both the workplace air and the ambient air of the adjacent populated areas include selenium, copper, and nanoparticles of these metal oxides.

Objective: To evaluate the combined cytotoxic effect of selenium and copper oxide nanoparticles following the administration of a bioprophylactic complex.

Materials and methods: The exposure to cytotoxic chemicals was modeled on outbred female rats by a single intratracheal injection of a suspension of selenium and copper oxide nanoparticles at a concentration of 0.25 g/L, obtained by laser ablation. Cytological and biochemical parameters of the bronchoalveolar lavage fluid (BALF) were measured 24 hours after the exposure. A specially developed bioprophylactic complex was administered to a part of the experimental animals with feed and drink during a month prior to the injection.

Results: A single intratracheal instillation of the suspension of SeO and CuO nanoparticles altered BALF cytological and biochemical parameters, thus indicating their pronounced cytotoxic effect. In the group of the exposed rats administered a preliminary course of biological prophylaxis, we observed a decrease in the absolute number of neutrophils and the neutrophil to alveolar macrophage ratio, which is an indirect indicator of the cytotoxic effect, and the activity of aspartate aminotransferase in the bronchoalveolar lavage fluid.

Conclusion: The science-based and experimentally tested complex of bioprotectors can attenuate a combined cytotoxic health effect of the exposure to selenium and copper oxide nanoparticles.

Keywords: experiment, nanoparticles, cytotoxicity, biological prevention, copper oxide, selenium oxide.

For citation: Privalova LI, Ryabova YuV, Sutunkova MP, Gurvich VB, Minigalieva IA, Bushueva TV, Tazhigulova AV, Solovyova SN, Katsnelson BA. Prevention of the combined cytotoxic effect of selenium and copper oxide nanoparticles in the animal experiment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):43–48. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-43-48>

Author information:

Larisa I. Privalova, Prof., Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Scientific Foundations of Biological Prevention; e-mail: privalovali@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-6737>.

Yuliya V. Ryabova, Junior Researcher, Department of Toxicology and Biological Prevention; e-mail: ryabovaiuvl@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2677-0479>.

Marina P. Sutunkova, Dr. Sci. (Med.), Director; e-mail: marinasutunkova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Vladimir B. Gurvich, Dr. Sci. (Med.), Scientific Director; e-mail: gurvich@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Ilzira A. Minigalieva, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Toxicology and Biological Prevention; e-mail: ilzira-minigalieva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0097-7845>.

Tatiana V. Bushueva, Cand. Sci. (Med.), Head of the Research and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Anastasia V. Tazhigulova, Junior Researcher, Department of Toxicology and Biological Prevention; e-mail: tazhigulovaav@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9384-8550>.

Svetlana N. Solovyeva, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Clinic for Laboratory Animals; e-mail: solovyevasn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8580-403X>.

Boris A. Katsnelson, Prof., Dr. Sci. (Med.), Scientific Advisor; e-mail: bkatznelson@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8750-9624>.

Author contributions: study conception and design: Privalova L.I., Sutunkova M.P., Minigalieva I.A., Gurvich V.B., Bushueva T.V., Katsnelson B.A.; data collection, analysis and interpretation of results: Ryabova Yu.V., Tazhigulova A.V., Solovyova S.N.; literature review: Ryabova Yu.V.; draft manuscript preparation: Ryabova Yu.V., Privalova L.I. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was performed in accordance with the ethical standards for the treatment of animals adopted by the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes. The study design was approved by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (Minutes No. 2 of April 20, 2021).

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: July 22, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Известно, что при ряде производственных процессов, включая металлургические, образуются элементоксидные наночастицы (ЭО НЧ), которые вместе с субмикронными частицами тех же оксидов элементов размером более 100 нм загрязняют воздух рабочих помещений и атмосферы. Как литературные данные, так и экспериментальные исследования нашего коллектива свидетельствуют о том, что мелкодисперсные частицы обладают выраженным вредным воздействием на организм [1–3]. Наряду с техническими способами снижения загрязненности воздуха целесообразен поиск путей повышения устойчивости организма к указанному вредному действию. Эта стратегия, называемая нами биологической профилаксией, развивается научным коллективом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора на протяжении многих лет. Ранее были научно обоснованы и экспериментально апробированы способы повышения устойчивости к вредному действию наночастиц при их изолированной экспозиции (например, к наносеребру, нанозолоту, наномарганцу [4]) и в комбинации (например, к наномеди, наноцинку и наносвинцу [5]). В данной статье рассматриваются результаты эксперимента, в котором оценивалось влияние комплекса биологически активных веществ (биопрофилактический комплекс (БПК) — это комплекс биологически активных веществ, безвредных при длительном применении и повышающих устойчивость организма к токсическому воздействию химических загрязнителей производственной среды и среды обитания), обладающих

антиоксидическим действием при интратрахеальном введении комбинации наночастиц оксида селена (SeO) и оксида меди (CuO). Комбинация этих химических элементов встречается в составе загрязнителей воздуха при рафинировании меди и некоторых других производственных процессах, протекающих в электролизных, шламовых, медеплавильных цехах [6, 7].

Материалы и методы. Суспензии исследуемых наночастиц (НЧ) были получены в Центре коллективного пользования «Современные нанотехнологии» Уральского федерального университета с помощью лазерной абляции тонких листовых мишеней соответствующего элемента 99,99 % чистоты в стерильной деионизированной воде (ДВ) по методике, описанной ранее [8].

Форма и размер частиц были охарактеризованы с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и графиков распределения частиц по диаметру (d). Средний диаметр использованных наночастиц оксида селена составил (SeO НЧ) 51 ± 14 нм (рис. 1), оксида меди (CuO НЧ) — 21 ± 4 нм (рис. 2).

Стабильность суспензий характеризовалась величиной дзета-потенциала, измеренного с помощью анализатора Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical Ltd., UK), и была высокой (дзета-потенциал вплоть до 42 mV), что позволило путем частичного испарения воды при 50 °C повысить концентрацию суспензии до 0,25 г/л без изменения размера и химической идентичности ЭО НЧ.

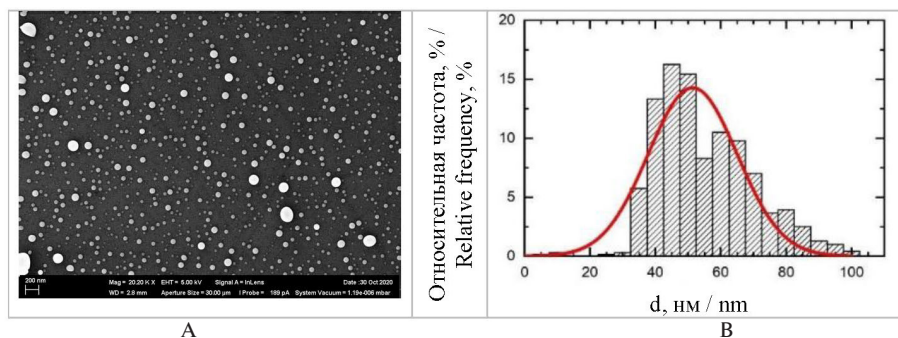


Рис. 1. А – СЭМ-изображение наночастиц SeO в суспензии, приготовленной для экспериментов (увеличение $\times 20\,200$); В – график распределения частиц по диаметру

Fig. 1. A – SeO nanoparticles in the suspension prepared for experiments (SEM, $\times 20,200$ magnification); B – The particle diameter distribution function

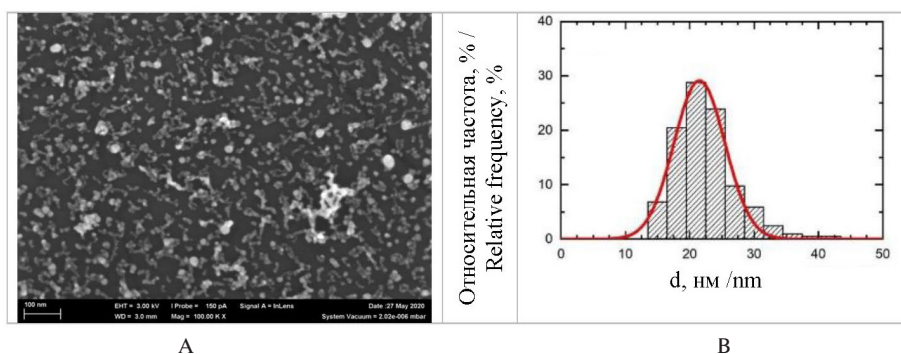


Рис. 2. А – СЭМ-изображение наночастиц CuO в суспензии, приготовленной для экспериментов (увеличение $\times 100\,000$); В – график распределения частиц по диаметру

Fig. 2. A – CuO nanoparticles in the suspension prepared for experiments (SEM, $\times 100,000$ magnification); B – The particle diameter distribution function

Исследование проводилось на аутбредных белых крысах-самках. Масса животных учитывалась на начало эксперимента и составляла от $222,43 \pm 1,48$ г, при этом разброс составлял не более чем 20 %. Статистической значимой разницы по массам между группами не было.

Интра трахеальная инстилляционная с помощью специальной воронки по 0,5 мл суспензий SeO НЧ и CuO НЧ в концентрациях 0,25 г/л НЧ («НЧ SeO + НЧ CuO») либо стерильной ДВ без частиц объемом 1 мл («Контроль») осуществлялась крысам под эфирным рауш-наркозом под контролем зрения. Половина животных обеих групп ежедневно на протяжении 4 недель, предшествующих интра трахеальной инстилляционной, получала специальную диетическую добавку, содержащую БПК. Соответствующие группы крыс (по 10 особей в каждой) далее обозначаются «Контроль», «НЧ SeO + НЧ CuO», «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК», «ДВ + БПК».

В состав испытанного БПК входили следующие компоненты:

- в питье, которое полностью заменяло бутилированную воду: 1,5 % раствор глутамата натрия;
- в корме (дозировка указана из расчета на одно животное): глицин (12 мг), рутин и витамин С (по 1,4 мг), смесь омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (с преобладанием докозагексаеновой кислоты не менее 45 % и эйкозапентаеновой кислоты не менее 40 %, общим объемом 13,3 мг), ретинол (1,3 мкг), цианкоболамин (0,69 мкг), витамин D₃ (хлеbkальциферол, 1,04 мг).

Этот состав базировался на литературных и собственных данных о патогенетических, за-

щитно-компенсаторных механизмах развития интоксикаций, а также о благоприятном воздействии биологически активных веществ на эти механизмы с учетом токсикодинамических и токсикокинетических эффектов упомянутых ЭО НЧ [8, 9].

Бронхоальвеолярный лаваж проводился спустя 24 часа после инстилляционной. У крыс под гексеновым наркозом в препарированную трахею вводилась канюля, соединенная со шприцем Люэра, содержащим 10 мл физиологического раствора. Жидкость поступала в легкие медленно под тяжестью поршня при вертикальном положении животного и шприца. Затем крыса и шприц поворачивались на 180°, и бронхоальвеолярная лаважная жидкость (БАЛЖ) частично перетекала обратно в шприц. Объем БАЛЖ фиксировали, БАЛЖ помещалась в охлажденные пробирки.

Аликвотная проба БАЛЖ набиралась в меланжер для белых кровяных телец вместе с метиленовым синим, растворенным в 3 % уксусной кислоте. Подсчет общего числа клеток велся с помощью камеры Горяева при оптической микроскопии. Остальной объем БАЛЖ центрифугировали в течение 4 мин при 200 г, затем жидкость декантировалась, а из осадка готовились мазки на два предметных стекла. После просушивания на воздухе мазки фиксировались метиловым спиртом и окрашивались азур-эозином. Мазки микроскопировались с иммерсией при увеличении $\times 1000$. Дифференциальный подсчет для определения процента альвеолярных макрофагов (АМ), нейтрофильных лейкоцитов (НЛ) и прочих клеток проводился до общего числа подсчитан-

ных клеток, равного 100. С учетом общего числа клеток в БАЛЖ эти проценты пересчитывались на абсолютное число АМ и НЛ.

Активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) в надосадочной жидкости после центрифугирования БАЛЖ оценивалась на анализаторе Cobas Integra 400 plus (Roche Diagnostics GmbH) с использованием соответствующего диагностического набора ASTIFCC (Roche Diagnostics GmbH).

Статистическая значимость межгрупповых различий средних значений оценивалась с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Результаты. Под влиянием наночастиц оксидов селена и меди отмечается статистически значимое увеличение общего числа клеток БАЛЖ в сравнении с контролем. Как показано в таблице, это увеличение происходило преимущественно за счет возрастания числа НЛ. Под влиянием БПК в группе «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК» основные цитологические характеристики БАЛЖ – общее число клеток, число НЛ и отношение НЛ/АМ – были существенно снижены в сравнении с соответствующими показателями группы «НЧ SeO + НЧ CuO».

Наряду с этим при интратрахеальном введении комбинации наночастиц оксидов селена и меди в надосадочной жидкости БАЛЖ отмечалось статистически значимое увеличение содержания

АСТ. Этот показатель в группах «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК» и «ДВ + БПК» не отличался от контроля (рис. 3).

Обсуждение. Показатели, представленные в таблице, служат многократно испытанным критерием сравнительной количественной оценки цитотоксического действия различных частиц. Известно, что мобилизация АМ, и в еще большей степени НЛ, регулируются продуктами разрушения макрофагов, происходящего под действием фагоцитируемых ими цитотоксичных частиц. Повышение соотношения НЛ/АМ является косвенным, но высокоинформативным показателем цитотоксического действия любых интратрахеально введенных или ингалированных малорастворимых частиц, поскольку его увеличение связано с преобладающей мобилизацией НЛ в ответ на действие продуктов разрушения АМ [8, 9].

Снижение в группе «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК» основных цитологических характеристик БАЛЖ (общее число клеток, число НЛ и, главным образом, отношение НЛ/АМ) может свидетельствовать об ослаблении цитотоксического действия изученной комбинации наночастиц оксидов селена и меди после проведения предварительного курса биологической профилактики. По числу АМ отмечается недостаточно статистически значимая, но благоприятная тенденция, отмечено некоторое

Таблица. Число клеток в жидкости, полученной при БАЛ через 24 часа после интратрахеального введения крысам суспензии НЧ SeO + НЧ CuO и влияние БПК на эти показатели ($X \pm Sx$)

Table. The number of cells in the bronchoalveolar lavage fluid counted 24 hours after intratracheal instillation of a SeO NP + CuO NP suspension to rats and the effect of the bioprophylactic complex (BPC) on these parameters ($X \pm Sx$)

Цитологические показатели / Cytological parameters		Группы крыс / Groups of rats			
		Контроль (деионизированная вода) / Controls (deionized water)	НЧ SeO + НЧ CuO / SeO NPs + CuO NPs	НЧ SeO + НЧ CuO + БПК / SeO NPs + CuO NPs + BPC	ДВ + БПК / DW + BPC
Число клеток / Number of cells* ×10 ⁶	Общее / Total	3,62 ± 0,35	15,97 ± 3,88*	6,04 ± 0,17*♦	2,74 ± 0,50
	Нейтрофильные лейкоциты (НЛ) / Neutrophils	0,68 ± 0,11	10,24 ± 2,72*	2,84 ± 0,30*♦	0,543 ± 0,083
	Альвеолярные макрофаги (АМ) / Alveolar macrophages	2,57 ± 0,19	4,93 ± 1,23	2,85 ± 0,19	1,69 ± 0,40
Отношение НЛ/АМ / Neutrophil to alveolar macrophage ratio		0,264 ± 0,043	2,16 ± 0,43*	1,04 ± 0,13*♦	0,51 ± 0,11*

Примечание: значком «*» отмечены значения, имеющие статистически значимые отличия от контрольной группы; значком «♦» отмечены значения показателей в группе «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК», имеющие статистически значимые отличия от показателей в группе «НЧ SeO + НЧ CuO» (по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$).

Notes: * statistically different from the control group; ♦ statistically different between the experimental groups with and without BPC ($p \leq 0,05$).

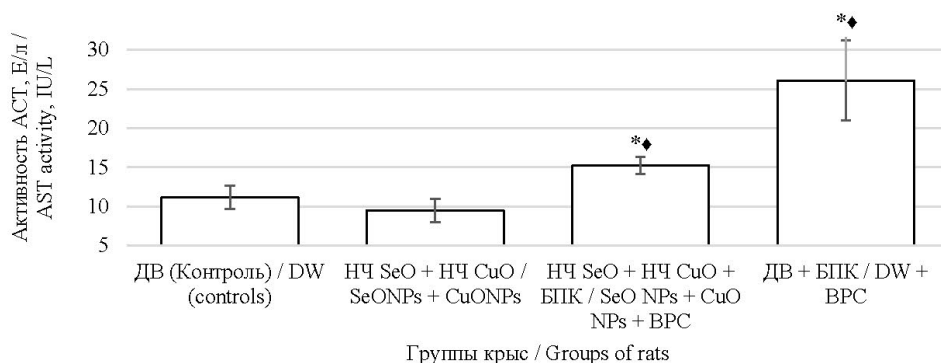


Рис. 3. Содержание аспаратаминотрансферазы (АСТ) в надосадочной жидкости БАЛ. Значком «*» отмечены значения, имеющие статистически значимые отличия от контрольной группы; значком «♦» отмечены значения показателей в группе «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК», имеющие статистически значимые отличия от показателей в группе «НЧ SeO + НЧ CuO» (по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$).

Fig. 3. The level of aspartate aminotransferase (AST) in the supernatant of the bronchoalveolar lavage fluid. Here, * marks the values statistically different from the control group of rats exposed to deionized water (DW); ♦ marks the values statistically different between the experimental groups with and without BPC ($p \leq 0,05$).

их повышение в группе «НЧ SeO + НЧ CuO» и последующее снижение в группе «НЧ SeO + НЧ CuO + БПК».

Практически все цитологические показатели у крыс, получавших только БПК, не отличались от контрольных значений. Исключение составляет соотношение НЛ/АМ, статистически значимое повышение которого произошло за счет недостаточного снижения АМ, но не увеличения НЛ. Предположительно, полученный эффект можно объяснить большой дисперсией числа АМ в БАЛЖ.

Снижение активности АСТ в БАЛЖ можно считать благоприятным действием входящих в состав БПК веществ, которые могли оказать прямой и опосредованный мембраностабилизирующий эффект.

Такое снижение цитотоксического действия обусловлено сложными механизмами защитного действия входящих в комплекс биопротекторов. Витамины способствуют повышению неспецифической сопротивляемости организма, а также оказывают корригирующее действие на обменные процессы. Витамин В₁₂ был включен в качестве компонента, согласно литературным данным [10, 11], способствующего снижению вредного действия селена. Особое значение имеет мембраностабилизирующее действие глутамата натрия, поскольку оно может препятствовать повреждению митохондрий и тем самым – оксидативному стрессу, являющемуся, по современным представлениям, одним из основных механизмов цитотоксического действия. Для подавления окисления липидов в состав комплекса нами был включен жирорастворимый антиоксидант – витамин А [12]. Воспалительная реакция, помимо мобилизации нейтрофильных лимфоцитов (НЛ) в рамках реализации естественного механизма самоочищения легких от ЭО НЧ, может быть также опосредована медью, вызывающей острые воспалительные изменения легочной ткани [1, 13, 14]. Воспалительный ответ способны подавлять такие компоненты БПК, как омега-3 ПНЖК [15], витамин D₃ [16], рутин [17, 18], витамин С [19, 20]. Большое значение, по нашему мнению, имеют разные молекулярные механизмы антиоксидантного действия, в той или иной степени присутствующие в ряду биопротекторов заявляемого комплекса (антиоксидантный синергизм).

Заключение. Однократное интратрахеальное введение комбинации суспензий наночастиц оксидов селена и меди вызвало изменения цитотоксических и биохимических характеристик бронхоальвеолярной лаважной жидкости, характерных для действия типичных цитотоксичных частиц.

Научно обоснованный и испытанный нами в эксперименте биопротективный комплекс существенно ослабил это цитотоксическое действие ЭО НЧ. Большое значение, по нашему мнению, имеет разное по молекулярным механизмам антиоксидантное действие, в той или иной степени присутствующее в ряду биопротекторов изученного комплекса (антиоксидантный синергизм).

Данный биопротективный комплекс может быть использован в качестве способа минимизации рисков производственной и окружающей среды для здоровья населения, подверженного комбинированному воздействию ЭО НЧ.

Список литературы

1. Cho WS, Duffin R, Poland CA, *et al.* Differential pro-inflammatory effects of metal oxide nanoparticles and their soluble ions in vitro and in vivo; zinc and copper nanoparticles, but not their ions, recruit eosinophils to the lungs. *Nanotoxicology*. 2012;6(1):22-35. doi: 10.3109/17435390.2011.552810
2. Cronholm P, Karlsson HL, Hedberg J, *et al.* Intracellular uptake and toxicity of Ag and CuO nanoparticles: a comparison between nanoparticles and their corresponding metal ions. *Small*. 2013;9(7):970-982. doi: 10.1002/smll.201201069
3. Сутункова М.П. Экспериментальное изучение токсического действия металлосодержащих наночастиц на предприятиях черной и цветной металлургии и оценка риска для здоровья работающих // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1182–1187. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-12-1182-1187
4. Privalova LI, Sutunkova MP, Minigalieva IA, *et al.* Main results obtained in a series of animal experiments for the assessment of the organism's responses to metallic nanoparticles exposure. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2018;443:012025. Accessed July 13, 2022. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/443/1/012025/meta>
5. Minigalieva IA, Katsnelson BA, Panov VG, *et al.* In vivo toxicity of copper oxide, lead oxide and zinc oxide nanoparticles acting in different combinations and its attenuation with a complex of innocuous bio-protectors. *Toxicology*. 2017;380:72-93. doi: 10.1016/j.tox.2017.02.007
6. Кульчицкий Н.А., Наумов А.В. Современное состояние рынков селена и соединений на его основе // Известия вузов. Цветная металлургия. 2015. № 3. С. 40–48. doi: 10.17073/0021-3438-2015-3-40-48
7. Загородняя А.Н. Шлам сернокислотного цеха балхашского медеплавильного завода - альтернативный источник получения селена на предприятии // Комплексное использование минерального сырья. 2018. № 4 (307). С. 46–55. doi: 10.31643/2018/6445.29
8. Privalova LI, Katsnelson BA, Loginova NV, *et al.* Subchronic toxicity of copper oxide nanoparticles and its attenuation with the help of a combination of bioprotectors. *Int J Mol Sci*. 2014;15(7):12379–12406. doi: 10.3390/ijms150712379
9. Privalova LI, Katsnelson BA, Varaksin AN, Panov VG, Balesin SL. The pulmonary phagocytosis response to separate and combined impacts of manganese (IV) and chromium (VI) containing particulates. *Toxicology*. 2016;370:78-85. doi:10.1016/j.tox.2016.09.016
10. Yücel UM, Başbuğan Y, Uyar A, Kömüröğlu AU, Keleş ÖF. Use of an antiarrhythmic drug against acute selenium toxicity. *J Trace Elem Med Biol*. 2020;59:126471. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126471
11. Gad MA, Abd El-Twab SM. Selenium toxicosis assessment (in vivo and in vitro) and the protective role of vitamin B12 in male quail (*Coturnix Coturnix*). *Environ Toxicol Pharmacol*. 2009;27(1):7-16. doi: 10.1016/j.etap.2008.07.001
12. Koekkoek WA, van Zanten AR. Antioxidant vitamins and trace elements in critical illness. *Nutr Clin Pract*. 2016;31(4):457-474. doi: 10.1177/0884533616653832
13. Pereira TC, Campos MM, Bogo MR. Copper toxicology, oxidative stress and inflammation using zebrafish as experimental model. *J Appl Toxicol*. 2016;36(7):876-885. doi: 10.1002/jat.3303
14. Fahmy B, Cormier SA. Copper oxide nanoparticles induce oxidative stress and cytotoxicity in airway epithelial cells. *Toxicol In Vitro*. 2009;23(7):1365-1371. doi: 10.1016/j.tiv.2009.08.005
15. Calder PC. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *Br J Clin Pharmacol*. 2013;75(3):645-662. doi: 10.1111/j.1365-2125.2012.04374.x
16. Mousa A, Misso M, Teede H, Scragg R, de Courten B. Effect of vitamin D supplementation on inflammation: protocol for a systematic review. *BMJ Open*. 2016;6(4):e010804. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010804

17. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchrobook, 2013. 310 с.
18. Li X, Jin Q, Yao Q, *et al.* The flavonoid quercetin ameliorates liver inflammation and fibrosis by regulating hepatic macrophages activation and polarization in mice. *Front Pharmacol.* 2018;9:72. doi: 10.3389/fphar.2018.00072
19. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and immune function. *Nutrients.* 2017;9(11):1211. doi: 10.3390/nu9111211
20. Spoelstra-de Man AME, Elbers PWG, Oudemans-Van Straaten HM. Vitamin C: should we supplement? *Curr Opin Crit Care.* 2018;24(4):248-255. doi: 10.1097/MCC.0000000000000510

References

1. Cho WS, Duffin R, Poland CA, *et al.* Differential pro-inflammatory effects of metal oxide nanoparticles and their soluble ions in vitro and in vivo; zinc and copper nanoparticles, but not their ions, recruit eosinophils to the lungs. *Nanotoxicology.* 2012;6(1):22-35. doi: 10.3109/17435390.2011.552810
2. Cronholm P, Karlsson HL, Hedberg J, *et al.* Intracellular uptake and toxicity of Ag and CuO nanoparticles: a comparison between nanoparticles and their corresponding metal ions. *Small.* 2013;9(7):970-982. doi: 10.1002/smll.201201069
3. Sutunkova MP. Experimental studies of toxic effects' of metallic nanoparticles at iron and nonferrous industries and risk assessment for workers' health. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1182-1187. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-12-1182-1187
4. Privalova LI, Sutunkova MP, Minigalieva IA, *et al.* Main results obtained in a series of animal experiments for the assessment of the organism's responses to metallic nanoparticles exposure. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng.* 2018;443:012025. Accessed July 13, 2022. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/443/1/012025/meta>
5. Minigalieva IA, Katsnelson BA, Panov VG, *et al.* In vivo toxicity of copper oxide, lead oxide and zinc oxide nanoparticles acting in different combinations and its attenuation with a complex of innocuous bio-protectors. *Toxicology.* 2017;380:72-93. doi: 10.1016/j.tox.2017.02.007
6. Kul'chitskii NA, Naumov AV. Modern state of markets of selenium and selenium-based compounds. *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya.* 2015;(3):40-48. (In Russ.) doi: 10.17073/0021-3438-2015-3-40-48
7. Zagorodnyaya AN. Slime of sulfuric acid workshop's of Balkhash Copper Plant – alternative source of production of selenium at organization. Review. *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'ya.* 2018;(4(307)):46-55 (In Russ.) doi: 10.31643/2018/6445.29
8. Privalova LI, Katsnelson BA, Loginova NV, *et al.* Subchronic toxicity of copper oxide nanoparticles and its attenuation with the help of a combination of bioprotectors. *Int J Mol Sci.* 2014;15(7):12379–12406. doi: 10.3390/ijms150712379
9. Privalova LI, Katsnelson BA, Varaksin AN, Panov VG, Balesin SL. The pulmonary phagocytosis response to separate and combined impacts of manganese (IV) and chromium (VI) containing particulates. *Toxicology.* 2016;370:78-85. doi:10.1016/j.tox.2016.09.016
10. Yücel UM, Başbuğan Y, Uyar A, Kömüroğlu AU, Keleş ÖF. Use of an antiarrhythmic drug against acute selenium toxicity. *J Trace Elem Med Biol.* 2020;59:126471. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126471
11. Gad MA, Abd El-Twab SM. Selenium toxicosis assessment (in vivo and in vitro) and the protective role of vitamin B12 in male quail (Coturnix Coturnix). *Environ Toxicol Pharmacol.* 2009;27(1):7-16. doi: 10.1016/j.etap.2008.07.001
12. Koekkoek WA, van Zanten AR. Antioxidant vitamins and trace elements in critical illness. *Nutr Clin Pract.* 2016;31(4):457-474. doi: 10.1177/08845336166653832
13. Pereira TC, Campos MM, Bogo MR. Copper toxicology, oxidative stress and inflammation using zebrafish as experimental model. *J Appl Toxicol.* 2016;36(7):876-885. doi: 10.1002/jat.3303
14. Fahmy B, Cormier SA. Copper oxide nanoparticles induce oxidative stress and cytotoxicity in airway epithelial cells. *Toxicol In Vitro.* 2009;23(7):1365-1371. doi: 10.1016/j.tiv.2009.08.005
15. Calder PC. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *Br J Clin Pharmacol.* 2013;75(3):645-662. doi: 10.1111/j.1365-2125.2012.04374.x
16. Mousa A, Misso M, Teede H, Scragg R, de Courten B. Effect of vitamin D supplementation on inflammation: protocol for a systematic review. *BMJ Open.* 2016;6(4):e010804. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010804
17. Tarakhovskiy YuS, Kim YuA, Abdrasilov BS, Muzapharov EN. [Flavonoids: Biochemistry, Biophysics, Medicine.] Pushchino: Synchrobook; 2013. (In Russ.) Accessed July 13, 2022. <http://biophenols.ru/wp-content/uploads/2013/11/Tarakhovskiy.pdf>
18. Li X, Jin Q, Yao Q, *et al.* The flavonoid quercetin ameliorates liver inflammation and fibrosis by regulating hepatic macrophages activation and polarization in mice. *Front Pharmacol.* 2018;9:72. doi: 10.3389/fphar.2018.00072
19. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and immune function. *Nutrients.* 2017;9(11):1211. doi: 10.3390/nu9111211
20. Spoelstra-de Man AME, Elbers PWG, Oudemans-Van Straaten HM. Vitamin C: should we supplement? *Curr Opin Crit Care.* 2018;24(4):248-255. doi: 10.1097/MCC.0000000000000510





Нарушения требований законодательства, приводящие к угрозе реализации пищевой продукции, не соответствующей качеству и безопасности, на предприятиях розничной торговли

В.И. Козубская¹, Т.В. Мажаева^{1,2,3}, С.В. Сеницына¹, Н.Г. Шелунцова⁴, В.Г. Панов⁵

¹ ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ул. 8 Марта / Народной Воли, д. 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет Минздрава России», ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

⁴ Управление Роспотребнадзора по Свердловской области, пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

⁵ Институт промышленной экологии УрО РАН, ул. С. Ковалевской, д. 20, г. Екатеринбург, 620108, Российская Федерация

Резюме

Введение. Обеспечение безопасности пищевой продукции, снижение риска причинения вреда потребителю, оптимизация деятельности надзорных органов являются важным направлением государственной политики. В качестве одного из механизмов достижения данной цели можно рассмотреть контроль, направленный на устранение факторов риска. Внимание предприятий розничной торговли и надзорных органов в первую очередь должно быть сконцентрировано на выполнении обязательных требований, приводящих к снижению опасности пищевой продукции и негативных последствий для потребителя.

Цель исследования – оценить влияние выявленных нарушений обязательных требований законодательства на качество и безопасность пищевой продукции и эффективность принимаемых управленческих решений, снижающих угрозу реализации несоответствующей пищевой продукции в предприятиях розничной торговли.

Материалы и методы. Проанализированы результаты лабораторных испытаний пищевой продукции и количества выявленных нарушений законодательства, указывающих на отсутствие либо ненадлежащий системный подход к управлению безопасностью, основанный на принципах ХАССП, по 5923 предприятиям розничной продовольственной торговли по данным Управления Роспотребнадзора по Свердловской области в 2016–2020 гг.

Результаты исследования. На предприятиях торговли установлена наибольшая связь между реализуемой несоответствующей пищевой продукцией и нарушениями обязательных требований ТР ТС 021/2011. Выявлены процессы, нарушения которых приводят к риску реализации несоответствующей пищевой продукции и требующие повышенного контроля. Наибольшая вероятность реализации несоответствующей продукции определена на предприятиях, обслуживающих население свыше 50 человек, имеющих более широкий ассортимент продукции.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют, что при контрольных (надзорных) мероприятиях следует учитывать выявленные опасные факторы, возникающие в результате несоблюдения обязательных требований и приводящие к угрозе реализации несоответствующей пищевой продукции. Обеспечение системного подхода и профилактические мероприятия в управлении качеством и безопасностью пищевой продукции хозяйствующими субъектами и Роспотребнадзором позволят мотивировать предприятия на снижение категории риска причинения вреда, оптимально использовать ресурсы, повысить эффективность своей деятельности, снизить количество реализуемой опасной продукции.

Ключевые слова: предприятия торговли, нарушение законодательства, несоответствующая пищевая продукция, санитарно-эпидемиологический надзор.

Для цитирования: Козубская В.И., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Шелунцова Н.Г., Панов В.Г. Нарушения требований законодательства, приводящие к угрозе реализации пищевой продукции, не соответствующей качеству и безопасности, на предприятиях розничной торговли // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 49–58. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-49-58>

Сведения об авторах:

Козубская Валентина Ивановна – научный сотрудник отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; e-mail: kozubskay@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

✉ **Мажаева** Татьяна Васильевна – к.м.н., заведующий отделом гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; доцент кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

Сеницына Светлана Викторовна – научный сотрудник отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: sinicinasv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>.

Шелунцова Наталия Гумаровна – начальник отдела надзора по гигиене питания и защиты прав потребителей на потребительском рынке продуктов питания Управления Роспотребнадзора по Свердловской области; e-mail: sheluntsova_ng@66.rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3282-3736>.

Панов Владимир Григорьевич – к.физ.-мат.н., ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования в экологии и медицине Института промышленной экологии УрО РАН; e-mail: vpanov@ecko.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Мажаева Т.В.; сбор данных: Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Шелунцова Н.Г.; анализ и интерпретация результатов: Панов В.Г., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Шелунцова Н.Г.; обзор литературы: Мажаева Т.В.; подготовка рукописи: Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 12.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликовано: 30.09.22

Regulatory Noncompliance Posing Threat of Retailing Nonconforming Food Products

Valentina I. Kozubskaya,¹ Tatyana V. Mazhaeva,^{1,2,3} Svetlana V. Sinitsyna,¹
Nataliya G. Sheluntsova,⁴ Vladimir G. Panov⁵

¹ Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

² Ural State University of Economics, 62 8th March Street / 45 Narodnaya Volya Street, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

³ Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

⁴ Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

⁵ Institute of Industrial Ecology, 20 Sofia Kovalevskaya Street, Yekaterinburg, 620108, Russian Federation

Summary

Background: Ensuring safety of food products, reducing the risk of damages to consumers, and optimizing the activities of supervisory authorities are the priorities of the Russian government policy. Inspection aimed at eliminating risk factors is one of the ways of achieving these goals. The attention of oversight bodies and food retailers shall be focused on compliance with mandatory requirements enabling prevention of food safety hazards and related health risks in consumers.

Objective: To assess the impact of identified violations of legal requirements on the quality and safety of food products and to establish the efficiency of managerial decisions made to prevent retailing of nonconforming foods.

Materials and methods: We analyzed results of laboratory testing of foodstuffs sampled in 5,923 grocery stores and the number of cases of regulatory noncompliance in them indicating the absent or improper systemic approach to safety management based on HACCP principles, all provided by the Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for the years 2016–2020.

Results: We established a strong relationship between nonconforming food products sold and noncompliance with the Technical Regulation of the Customs Union 021/2011 on Food Safety. We revealed processes posing a potential threat of selling nonconforming products and thus requiring special control. The highest probability of encountering such products was detected in groceries selling a wide range of foodstuffs and serving more than 50 people per store.

Conclusion: Our findings indicate the importance of considering the identified hazards caused by noncompliance with mandatory requirements and posing threat of retailing nonconforming food products during inspections. Ensuring a comprehensive approach and appropriate preventive measures within food quality and safety management by retailers and Rospotrebnadzor will encourage the former to reduce the category of risks of damage, to optimize the use of resources, to raise the efficiency of their activities, and to decrease the number of unsafe products sold.

Keywords: food retailers, noncompliance, nonconforming food products, sanitary and epidemiological surveillance.

For citation: Kozubskaya VI, Mazhaeva TV, Sinitsyna SV, Sheluntsova NG, Panov VG. Regulatory noncompliance posing threat of retailing nonconforming food products. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):49–58. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-49-58>

Author information:

Valentina I. Kozubskaya, Researcher, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: kozubskay@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

✉ Tatyana V. Mazhaeva, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Assoc. Prof., Department of Food Technology, Ural State University of Economics; Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>. Svetlana V. Sinitsyna, Researcher, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: sinicinasv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>. Nataliya G. Sheluntsova, Head of the Supervision Department for Food Hygiene and Consumer Rights Protection in the Consumer Food Market, Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: sheluntsova_ng@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3282-3736>.

Vladimir G. Panov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Researcher, Laboratory for Mathematical Modeling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology; e-mail: vpanov@ecko.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

Author contributions: study conception and design: Mazhaeva T.V.; data collection: Mazhaeva T.V., Sinitsyna S.V., Kozubskaya V.I., Sheluntsova N.G.; analysis and interpretation of results: Panov V.G., Mazhaeva T.V., Sinitsyna S.V., Kozubskaya V.I., Sheluntsova N.G.; literature review: Mazhaeva T.V.; draft manuscript preparation: Mazhaeva T.V., Sinitsyna S.V., Kozubskaya V.I. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 12, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Соблюдение обязательных требований, регламентированных законодательством, играет важную роль в обеспечении качества и безопасности пищевой продукции. Административный надзор был направлен на контроль выполнения всех пунктов санитарных норм и правил, чем можно объяснить большое количество проверок и временных затрат. В настоящее время нормативными актами предусматривается внедрение на предприятиях системного подхода к управлению безопасностью пищевой продукции, основанного на анализе рисков. Задачей предприятий и надзорных органов является оценка такой

системы и ее эффективности. Сосредоточив при проверках внимание на значимых факторах риска и критических контрольных точках, можно повысить эффективность системы управления безопасностью и сократить время надзорных (контрольных) мероприятий на каждое предприятие за счет оптимального распределения трудовых, материальных и финансовых ресурсов государства и минимизации неоправданного вмешательства контрольно-надзорных органов¹.

В соответствии с новым законодательством² подходы к выбору процедуры контрольно-надзорных мероприятий в отношении пищевых

¹ Распоряжение Правительства РФ от 17 мая 2016 г. № 934-р «Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности».

² Закон № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

предприятий должны быть ориентированы на управление рисками причинения вреда и соизмеримы с ущербом, наносимым потребителю при невыполнении обязательных требований³. Безопасность пищевой продукции должна обеспечиваться по всей цепочке от производителя до потребителя, так как при нарушении обязательных требований на любом из этапов, в том числе в торговле, могут возникнуть риски реализации несоответствующей продукции, представляющие серьезную санитарно-эпидемиологическую опасность по микробиологическим, физико-химическим показателям [1–4]. При поступлении пищевой продукции в предприятиях торговли осуществляются технологические процессы, связанные с хранением, предпродажной подготовкой, фасованием и реализацией, в результате которых возможно снижение ее качества и безопасности. Использование пищевых добавок и ингредиентов, не всегда указываемых в составе, может способствовать расширению в том числе возможностей фальсификации продукции, также представляющей опасность для здоровья человека [5–7]. В связи с этим возникает необходимость тщательного анализа и поиска критических факторов, влияющих на безопасность пищевой продукции, не только в сфере производства, но и на предприятиях торговли. Система контрольно-надзорных мероприятий как метода государственного регулирования торговой деятельности предусматривает оценку изменений порядка проведения проверок в торговле с учетом специфики деятельности предприятий в современных условиях, что связано с избыточностью количества проверок, высокими издержками для бизнеса, отсутствием системы профилактики нарушений. Возникла необходимость применения системного подхода к управлению безопасностью пищевой продукции [8]. Применение такого подхода позволяет выявить приоритетные системные нарушения обязательных требований законодательства, а предприятиям выбрать наиболее эффективные мероприятия по предотвращению риска выпуска и реализации некачественной и опасной пищевой продукции. Кроме того, для достижения целей снижения риска нанесения вреда потребителю, управления безопасностью пищевой продукции предусматривается внедрение более мягких и менее затратных методов контроля, в том числе профилактических мероприятий: информирование, обобщение правоприменительной практики, объявление предостережения, консультирование, профилактический визит, самообследование, меры стимулирования добросовестности.

Цель исследования — оценить влияние выявленных нарушений обязательных требований законодательства на качество и безопасность пищевой продукции и эффективность принимаемых управленческих решений, снижающих угрозу реализации несоответствующей пищевой продукции на предприятиях розничной торговли.

Материалы и методы. Для оценки зависимости между реализацией небезопасной пищевой продукции, установленной по результатам лабораторных испытаний, и выявляемыми нарушениями на

предприятиях торговли проведен анализ информации надзорных мероприятий по Свердловской области за 2016–2020 гг. Использованы данные программных продуктов надзорно-информационной системы (НИС) по 5923 объектам розничной продовольственной торговли и лабораторно-информационной системы (ЛИС) Управления Роспотребнадзора по Свердловской области по 147 395 исследованным образцам пищевой продукции, отобранной в этих же предприятиях.

Критериями выборки из НИС и ЛИС стали:

- количество нарушений обязательных требований законодательства в целом по всем пунктам СП 2.3.6.1066–01 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям торговли и обороту в них продовольственного сырья и пищевых продуктов», ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее — обязательные требования законодательства) и количество неудовлетворительной продукции по лабораторным исследованиям;

- количество нарушений требований по каждому обязательному требованию законодательства и количество неудовлетворительной продукции по лабораторным исследованиям;

- количество отобранных в ходе надзорных мероприятий проб и неудовлетворительных результатов лабораторных испытаний по показателям качества и безопасности: микробиологические, физико-химические, фальсификация.

Предприятия торговли были распределены по квартилям в зависимости от численности населения, находящегося под воздействием услуг этих предприятий:

1-й квартиль — предприятия торговли, оказывающие услуги населению до 50 человек, 2-й квартиль — от 50 до 100 человек, 3-й квартиль — от 100 до 200 человек и 4-й квартиль — свыше 200 человек. Численность населения, находящегося под воздействием услуг предприятий, соответствует среднему количеству оказанных услуг по кассовым чекам в течение суток.

Оценка влияния выявленных нарушений обязательных требований законодательства на качество и безопасность пищевой продукции проведена по СП 2.3.6.1066–01 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям торговли и обороту в них продовольственного сырья и пищевых продуктов», которые утратили силу с 01 января 2021 г. Вновь вступившие санитарные правила СП 2.3.6.3668–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям деятельности торговых объектов и рынков, реализующих пищевую продукцию» содержат требования по соблюдению установленных при исследовании основных факторов, формирующих риски.

При анализе связи нарушений по каждому обязательному требованию нормативных документов и несоответствующей продукции осуществлялось объединение взаимосвязанных пунктов (статей), отвечающих за определенные процессы для реализации безопасной продукции потребителям (далее — процессы), т. е. с использованием процессного подхода⁴.

¹ Распоряжение Правительства РФ от 17 мая 2016 г. № 934-р «Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности».

² Закон № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

³ Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации».

⁴ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

Для формирования базы и выходных таблиц использовался пакет Microsoft Excel. Статистическая обработка проведена с использованием программы Wolfram Research Mathematica v. 12.0. Корреляционный анализ проводился по критериям Спирмена, Пирсона, бета Бломквиста, гамма Гудмена – Краскала, тау (конкордации) Кендалла, критический уровень значимости принят $p = 0,001$, программы IBM SPSS Statistis 21.

Результаты исследования. По данным лабораторных испытаний пищевой продукции, отобранной на предприятиях розничной торговли Свердловской области за пять лет, выявлено, что из 147 395 исследованных образцов 6207 проб (4,2 %) не соответствуют требованиям, установленным законодательством.

Корреляционный анализ по всем используемым коэффициентам зависимости свидетельствует о наличии прямой от слабого до сильного уровня связи между неудовлетворительными пробами продукции по лабораторным исследованиям и нарушениями обязательных требований

законодательства, которые представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наиболее сильная связь отмечается между несоответствующей продукцией и нарушениями в целом требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее – ТР ТС 021/2011) и незначительно ниже – с нарушениями в целом требований СП 2.3.6.1066–01 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям торговли и обороту в них продовольственного сырья и пищевых продуктов» (далее – СП).

Для оценки связи между несоответствующей продукцией и нарушениями в целом по всем требованиям СП 2.3.6.1066–01 на предприятиях торговли за 5 лет построены диаграммы рассеяния и линии регрессии, представленные на рис. 1 и 2.

Регрессионная модель на рис. 1 прогнозирует увеличение количества неудовлетворительных результатов лабораторных испытаний пищевой продукции на единицу при увеличении числа нарушений по всем требованиям СП 2.3.6.1066–01

Таблица 1. Связь между несоответствующей продукцией и нарушениями в целом по всем пунктам (статьям) обязательных требований законодательства в предприятиях торговли за 2016–2020 гг. по различным критериям (коэффициентам)

Table 1. The relationship between nonconforming products and general violations of mandatory requirements of the legislation by food retailers in 2016–2020 by various criteria (coefficients)

Нормативный документ / Regulatory document	Коэффициент Пирсона, r / Pearson's coefficient, r	Коэффициент Спирмена, ρ / Spearman's coefficient, ρ	Коэффициент бета Бломквист, β / Blomqvists' beta, β	Коэффициент гамма Гудмена – Краскала, γ / Goodman and Kruskal's gamma, γ	Коэффициент тау Кендалла, τ / Kendall's tau (coefficient of concordance), τ
СП 2.3.6.1066 / SR 2.3.6.1066*	0,21	0,35	0,30	0,51	0,29
ТР ТС 021/2011 / TR CU 021/2011**	0,26	0,51	0,44	0,71	0,45

Примечание: уровень значимости коэффициента корреляции $p = 0,001$.

Notes: The significance level of the correlation coefficient $p = 0.001$; * Sanitary Rules SR 2.3.6.1066, *Sanitary and epidemiological requirements for food retailers and circulation of food raw materials and products*; ** Technical Regulation of the Customs Union 021/2011, *On food safety*

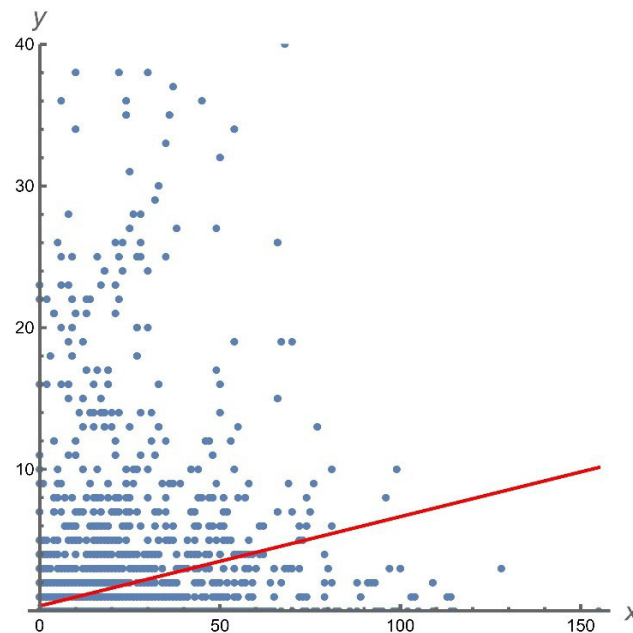


Рис. 1. Диаграмма рассеяния и линия регрессии для оценки связи между несоответствующей продукцией и нарушениями в целом по всем требованиям СП 2.3.6.1066–01 на предприятиях торговли за 2016–2020 гг.

Примечание: y – число неудовлетворительных анализов, x – сумма числа нарушений для данного объекта по всем требованиям СП 2.3.6.1066-01; уравнение регрессии $y = 0,063x + 0,358$. Коэффициенты уравнения высокозначимы: $p < 10^{-10}$.

Fig. 1. The scatterplot and regression line for the relationship between nonconforming products and general violations of all the requirements of SR 2.3.6.1066–01 by food retailers in 2016–2020

Notes: the x -axis shows the sum of violations by a given retailer of all the requirements of SR 2.3.6.1066–01; the y -axis shows is the number of nonconforming products; regression equation: $y = 0.063x + 0.358$. Equation coefficients are highly significant, $p < 10^{-10}$.

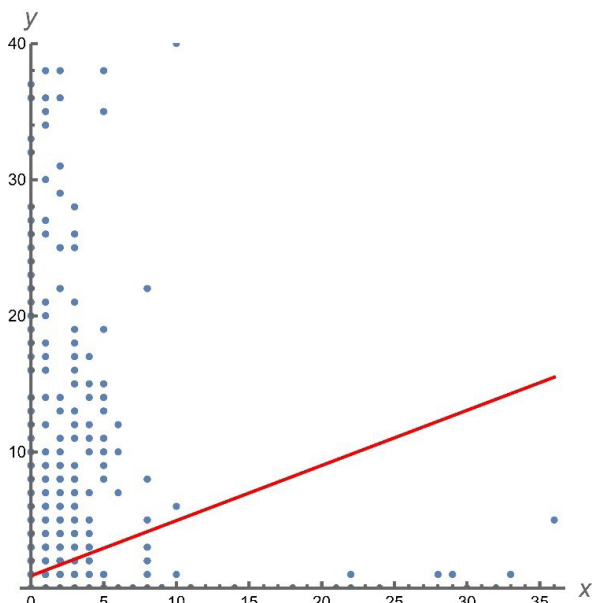


Рис. 2. Диаграмма рассеяния и линия регрессии для оценки связи между несоответствующей продукцией и нарушениями в целом по всем требованиям ТР ТС 021/211 на предприятиях торговли за 2016–2020 гг.

Примечание: y – число неудовлетворительных анализов, x – сумма числа нарушений для данного объекта по всем требованиям ТР ТС 021/211; уравнение регрессии $y = 0,405x + 0,897$. Коэффициенты уравнения регрессии высокозначимы: $p < 10^{-10}$.

Fig. 2. The scatterplot and regression line for the relationship between nonconforming products and general violations of all the requirements of TR CU 021/211 by food retailers in 2016–2020

Notes: the x -axis shows the sum of violations by a given retailer of all the requirements of TR CU 021/211; the y -axis shows is the number of nonconforming products; regression equation: $y = 0.405x + 0.897$. Equation coefficients are highly significant $p < 10^{-10}$.

на 16, то есть на каждые 16 нарушений требований СП 2.3.6.1066–01 приходится один дополнительный неудовлетворительный анализ.

Регрессионная модель на рис. 2 прогнозирует увеличение числа неудовлетворительных результатов лабораторных испытаний пищевой продукции на 2 при увеличении числа нарушений по всем требованиям ТР ТС 021/211 на 5, то есть на каждые 2,5 нарушения по всем требованиям ТР ТС 021/211 приходится один дополнительный неудовлетворительный анализ.

Также установлена зависимость между не соответствующей по лабораторным исследованиям продукцией (далее – несоответствующая продукция) и нарушениями по отдельным обязательным требованиям законодательства. Наиболее значимые коэффициенты корреляции представлены в табл. 2.

Данные за пятилетний период показывают, что невыполнение мероприятий, направленных на обеспечение безопасности пищевой продукции в части системного контроля по соблюдению обязательных требований законодательства по организации входного контроля, хранению и реализации пищевой продукции как по санитарным правилам, так и по техническому регламенту, напрямую связано с обращением несоответствующей продукции (от $r = 0,20$ до $r = 0,65$, $p = 0,000$).

Для системного анализа с целью определения приоритетных объектов контроля с различной численностью обслуживаемого населения проведен корреляционный анализ связи несоответствующих показателей безопасности пищевой продукции и нарушений обязательных требований законодательства за 2016–2018 гг.

Таблица 2. Наиболее значимая зависимость между несоответствующей продукцией и нарушениями отдельных обязательных требований законодательства предприятиями торговли в 2016–2020 гг.

Table 2. The most significant relationship between nonconforming products and violations of certain regulatory requirements by food retailers in 2016–2020

Требование НД / Regulatory requirement	Нарушение требований пунктов СП / Noncompliance with SR paragraphs	Коэффициент Спирмена, r по СП / Spearman's coefficient for SR, r	Нарушение требований статей ТР ТС / Noncompliance with TR CU articles	Коэффициент Спирмена, r по ТР ТС / Spearman's coefficient for TR CU, r
Требования к входному контролю (наличие документов, подтверждающих происхождение, качество и безопасность, условия транспортирования и др.) / Requirements for incoming goods control (availability of documents confirming the origin, quality and safety, transportation conditions, etc.)	1.4, 7.1, 14.1	0,35	ст. 7 ч. 2, ст. 39 / art. 7 pt. 2, art. 39	0,47
Соответствие обязательным требованиям законодательства на этапе хранения и реализации / Compliance with mandatory requirements for storage and sale	6.4, 7.5, 7.8, 8.1	0,56	ст. 5 ч. 1, ст. 7 ч. 1, ч. 5, ст. 10 ч. 1, ст. 17 ч. 7, ч. 12 / art. 5 pt. 1; art. 7 pts. 1 & 5; art. 10 pt. 1; art. 17 pts. 7 & 12	0,65

По результатам анализа наиболее сильные коэффициенты корреляции установлены между несоответствующей продукцией по микробиологическим показателям и нарушениями требований в целом СП и ТР ТС 021/2011 на предприятиях торговли 3-го квартиля ($r = 0,39$ и $r = 0,34$ соответственно, $p = 0,000$) и 4-го квартиля ($r = 0,39$ и $r = 0,27$, $p = 0,000$). Аналогичная зависимость отмечается и по несоответствиям физико-химических показателей пищевой продукции на предприятиях торговли 3-го квартиля ($r = 0,39$ и $r = 0,28$ соответственно, $p = 0,000$) и 4-го квартиля ($r = 0,38$ и $r = 0,26$ соответственно, $p = 0,000$).

При рассмотрении корреляционных связей между нарушениями отдельных обязательных требований законодательства и неудовлетворительной по микробиологическим показателям пищевой продукции установлены процессы, в наибольшей степени влияющие на безопасность пищевой продукции при ее реализации (табл. 3).

Как видно из табл. 3, на всех предприятиях торговли, кроме обслуживающих население менее 50 человек (1-й квартиль), несмотря на слабые коэффициенты корреляции, наиболее значимыми для обеспечения микробиологической безопасности пищевой продукции являются процессы, относящиеся к организации входного контроля, соблюдению соответствия обязательных требований законодательства на этапе ее хранения и реализации, что аналогично вышеуказанным в табл. 2 данным за пять лет в целом по всем предприятиям.

Качество пищевой продукции оценивается по физико-химическим показателям, которые могут изменяться при определенных условиях.

Корреляционный анализ связи между реализуемой некачественной по физико-химическим показателям пищевой продукцией и несоблюдением отдельных обязательных требований законодательства в различных предприятиях представлен в табл. 4.

Из табл. 4 следует, что неудовлетворительные результаты продукции по физико-химическим показателям связаны с нарушениями условий хранения и реализации пищевой продукции, организацией производственного контроля и выполнением требований СП на всех предприятиях торговли. Наиболее выраженная зависимость между не соответствующей как по микробиологическим, так и по физико-химическим показателям продукцией и нарушениями отдельных обязательных требований СП имеется на предприятиях 2, 3 и 4-го квартилей по отдельным пунктам, а по ТР ТС 021/2011 – на объектах 3-го и 4-го квартилей. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что данные процессы являются значимыми в обеспечении качества и безопасности продукции для всех предприятий торговли.

Обсуждение. При исследовании установлено наличие прямой связи от слабой до сильной между неудовлетворительными пробами продукции по лабораторным исследованиям и нарушениями обязательных требований законодательства, в большей степени по ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Основными нарушениями обязательных требований законодательства, с наибольшей вероятностью приводящими к угрозе реализации несоответствующей пищевой продукции (по микробиологическим, физико-химическим показателям и фальсификации) на предприятиях розничной торговли, можно

Таблица 3. Связь между несоответствующей продукцией по микробиологическим показателям и нарушениями отдельных требований СП, ТР ТС 021/2011 предприятиями торговли с различной численностью обслуживаемого населения за 2016–2018 гг. (коэффициент корреляции Спирмена)

Table 3. The relationship between food samples with poor microbiological characteristics and violations of certain requirements of SR 2.3.6.1066 and TR CU 021/2011 found in food retailers with different population per store in 2016–2018 (Spearman's correlation coefficient)

Требование НД / Regulatory requirement	Нарушение требований СП и ТР ТС / Noncompliance with SR and TR CU provisions	Предприятия торговли в зависимости от численности обслуживаемого населения / Food retailers distributed by population per store			
		квартили / quartiles			
		1	2	3	4
Коэффициент Спирмена по СП 2.3.6.1066 / Spearman's coefficient, SR 2.3.6.1066					
Требования к входному контролю (наличие документов, подтверждающих происхождение, качество и безопасность, условия транспортирования и др.) / Requirements for incoming goods control (availability of documents confirming the origin, quality and safety, transportation conditions, etc.)	п. 1.4, п. 7.1, п. 14.1 / pars. 1.4, 7.1, & 14.1	0,24	0,30	0,31	0,34
Соответствие обязательным требованиям законодательства на этапе хранения и реализации / Compliance with mandatory requirements for storage and sale	п. 7.5, п. 7.7 / pars. 7.5 & 7.7	0,20	0,30	0,34	0,21
Требования к персоналу (личная гигиена, здоровье персонала и гигиеническое обучение) / Requirements for personnel (health status and hygiene training)	п. 13.1 / par. 13.1	0,17	0,29	0,28	0,22
Коэффициент Спирмена по ТР ТС 021/2011 / Spearman's coefficient, TR EU 021/2011					
Требования к входному контролю (наличие документов, подтверждающих происхождение, качество и безопасность, условия транспортирования и др.) / Requirements for incoming goods control (availability of documents confirming the origin, quality and safety, transportation conditions, etc.)	ст. 7 ч. 9 / art. 7 pt. 9	0,17	0,15	0,26	0,09
Соответствие обязательным требованиям законодательства на этапе хранения и реализации / Compliance with mandatory requirements for storage and sale	ст. 17 ч. 7, ч. 12 / art. 17 pts. 7 & 12	0,18	0,17	0,28	0,20

Таблица 4. Связь между неудовлетворительными пробами по физико-химическим показателям пищевой продукции и нарушениями отдельных требований СП и ТР ТС 021/2011 предприятиями торговли с различной численностью обслуживаемого населения за 2016–2018 гг. (коэффициент корреляции Спирмена)

Table 4. The relationship between food samples with poor physicochemical characteristics and violations of certain requirements of SR 2.3.6.1066 and TR CU 021/2011 found in food retailers with different population per store in 2016–2018 (Spearman's correlation coefficient)

Требование НД / Regulatory requirement	Нарушение требований СП и ТР ТС / Noncompliance with SR and TR CU provisions	Предприятия торговли в зависимости от численности обслуживаемого населения / Food retailers by population per store			
		квартили / quartiles			
		1	2	3	4
Коэффициент Спирмена по СП 2.3.6.1066 / Spearman's coefficient, SR 2.3.6.1066					
Организация производственного контроля, обеспечение его проведения руководителем предприятия / Organization of production control, its implementation by store managers	п. 1.4, п. 14.1 / pars. 1.4 & 14.1	0,21	0,33	0,31	0,35
Соответствие обязательным требованиям законодательства на этапе хранения и реализации / Compliance with mandatory requirements for storage and sale	п. 7.5, п. 8.1 / pars. 7.5 & 8.1	0,38	0,48	0,48	0,51
Коэффициент Спирмена по ТР ТС 021/2011 / Spearman's coefficient, TR CU 021/2011					
Соответствие обязательным требованиям законодательства на этапе хранения и реализации / Compliance with mandatory requirements for storage and sale	ст. 17 ч. 7, ч. 9, ч. 12 / art. 17 pts. 7, 9 & 12	0,16	0,14	0,21	0,22

считать несоблюдение их по организации входного контроля, хранению и реализации пищевой продукции как по санитарным правилам, так и по техническому регламенту.

Установленные в нашем исследовании зависимости несоответствующей продукции от нарушений отдельных требований СП и ТР ТС 021/2011 характерны для всех предприятий, но в меньшей степени для предприятий 1-го квартиля. Стоит принять во внимание, что в объектах розничной торговли малой мощности (1-й квартиль) ограниченный ассортимент продукции, что вызывает затруднения при отборе проб, связанные с недостаточным его количеством для проведения испытаний [9].

Полученные в нашем исследовании связи между безопасностью реализуемой пищевой продукции и несоблюдением условий ее хранения коррелируют с данными литературы [10]. Так, исследованиями показано, что несоблюдение температурно-влажностного режима хранения продукции может привести к росту микрофлоры и микробиологической порче, изменению перекисного числа, например сливочно-растительного спреда [11–13]. В исследованиях, проводимых Brenes A.L.M. и соавт., на предприятиях торговли в открытых витринах была установлена самая высокая температура (5,7 °C и выше), а в корпусах с дверями температура поддерживалась значительно ниже (4,7 °C, $p < 0,0001$). Авторами отражена значимость мониторинга температуры для надлежащих условий хранения продукции и ее безопасности, показаны различия температурно-влажностных режимов в витринах с открытым и закрытым доступом (с дверцами) [14]. Fenelon A.C.G. и соавт. в своей работе также отмечают важность соблюдения температурного режима для микробиологической безопасности говяжьего фарша, продаваемого в мясных лавках в супермаркетах. Исследования авторов показали, что общее количество кишечной палочки и количество мезофильных аэробных гетеротрофных бактерий (КОЕ/г) возрастает при 45 °C [13].

Микробиологическое обсеменение пищевых продуктов также возможно при использовании плохо промытого инвентаря [15, 16]. При расфасовке сыра, колбас это может способствовать выявлению БГКП и патогенной микрофлоры. Так, по данным Kögckel L. и соавт., патогенная *Listeria monocytogenes* регулярно обнаруживается в ломтиках расфасованных мясных деликатесов, таких как вареные колбасы и ветчина, и представляет потенциальный риск для здоровья потребителя. Качественные ухудшения могут произойти из-за активности определенных молочнокислых бактерий (LAB), *Enterobacteriaceae* и *Brochothrix thermosphacta* [17]. Приемка и хранение консервированных продуктов с деформацией приводит к несоответствию химических показателей (химический бомбаж) из-за миграции олова, хрома (для хромированных упаковок) [18]. Поступление на реализацию небезопасной продукции возможно при приемке пищевых продуктов без документов, подтверждающих их происхождение, качество и безопасность. Персонал, не прошедший медосмотр, гигиеническую подготовку и аттестацию, может являться источником паразитарных, вирусных, бактериальных заболеваний, что подтверждается вспышками кишечных инфекций и пищевых отравлений, особенно вирусной этиологии [19].

Вышеперечисленные типичные и значимые для обеспечения качества и безопасности пищевой продукции процессы формируют основные приоритетные точки контроля, позволяющие уменьшать затраты на проверку всех обязательных требований законодательства, интенсивность (формы, продолжительность, периодичность) проведения мероприятий по контролю и административную нагрузку на предприятия. Следует отметить, что снижение количества плановых проверок не будет эффективным для повышения качества и безопасности пищевой продукции при отсутствии на предприятии системного (интегрального) подхода к управлению безопасностью, основанного на принципах HACCP⁵ и направленного прежде

⁵ От английской аббревиатуры HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points («Анализ рисков и критические контрольные точки»), обозначающей систему контроля за качеством пищевой продукции.

всего на предотвращение несоответствий на всех этапах жизненного цикла продукции и определении критических контрольных точек.

Несмотря на то что внедрение процедур, основанных на принципах ХАССП, на предприятиях торговли без производственных цехов не является обязательным, для обеспечения качества и безопасности продукции от изготовителя до потребителя следует системно управлять опасными факторами. Так, в Ханое для повышения безопасности пищевых продуктов в розничной торговле стимулируют внедрение системы менеджмента качества и безопасности, предусматривающей прослеживаемость и взаимодействие всех участников цепочки производства и реализации, что является важным для профилактики и контроля микробиологических рисков, особенно сальмонеллы, в пищевых продуктах животного происхождения [17, 20–22]. Кроме того, исследования, проведенные в Сербии, доказали влияние применяемого стандарта НАССР предприятиями розничной торговли на поведение потребителей при принятии ими решения о покупке пищевых продуктов и увеличении объема продаж, при этом риски для здоровья потребителей могут быть минимальны [25].

В Российской Федерации разработан стандарт (ГОСТ Р 55888-2013)⁶, содержащий рекомендации по внедрению организациями (предприятиями) системы менеджмента безопасности пищевых продуктов в сфере розничной торговли. Каждое предприятие с учетом специфических особенностей (ассортимент, помещения, технологическое оборудование, грамотность персонала и др.) разрабатывает свою модель управления безопасностью и определяет мероприятия по снижению нарушений, уделяя особое внимание превентивным мероприятиям.

Основная задача при достижении поставленной цели в области эффективности принимаемых управленческих решений состояла в том, чтобы сделать дополнительный акцент на применении системного подхода в управлении качеством и безопасностью продукции как внутри самой организации, так и органами Роспотребнадзора.

Системный подход в менеджменте (СМБПП) представляет целостную совокупность взаимосвязанных, оказывающих взаимное влияние процессов. Наше исследование показало характер взаимосвязи нарушений, качества и безопасности пищевой продукции на предприятиях розничной торговли, которые могут быть использованы в том числе при планировании надзорных и профилактических мероприятий. Таким образом, изучив проблему, можно выбрать и обосновать приоритетные аспекты контроля, а также лабораторных исследований пищевой продукции при проведении надзорных и профилактических мероприятий. Каждый ответственный руководитель должен брать во внимание тот факт, что несоблюдение обязательных требований законодательства, в которые включены элементы СМБПП, повлияет на общий результат.

Принимая во внимание полученные результаты, с помощью регулирования системы управления как на предприятии, так и органами Роспотребнадзора можно оптимизировать использование ресурсов,

акцентировать внимание на наиболее значимых процессах, сократить время проверок и, соответственно, повысить качество и безопасность пищевой продукции. Используя результаты анализа связей между выявленными нарушениями и несоответствующей пищевой продукцией, можно принимать правильные и системные управленческие решения самими участниками хозяйственной деятельности и Роспотребнадзором при проведении контрольно-надзорных мероприятий, которые позволяют повысить эффективность деятельности по обеспечению потребителей безопасной и качественной пищевой продукцией.

При планировании надзорных мероприятий рекомендуется больше уделять внимание предприятиям продовольственной торговли, оказывающим услуги населению с численностью свыше 50 человек, в которых установлены основные факторы, формирующие риски. В свою очередь, снижение нарушений в установленных при исследовании процессах на предприятиях торговли с различной численностью обслуживаемого населения может существенно повысить безопасность пищевой продукции и снизить экономический ущерб для предприятий и потребителей.

Кроме этого, в целях мотивации контролируемых лиц к соблюдению обязательных требований надзорные органы проводят мероприятия, направленные на снижение уровня (категории) рисков причинения вреда добросовестных хозяйствующих субъектов, повышение их репутации. Рассмотрение нарушений обязательных требований, в том числе в части несоответствующих проб продукции по результатам лабораторных испытаний, проведенных профилактических мероприятий в отношении подконтрольных объектов, должно быть системным и в совокупности может использоваться как мера поощрения или стимулирования с применением индивидуального подхода к каждому предприятию торговли [6, 25]. В отношении любых предприятий следует концентрироваться на анализе рисков, критических контрольных точек для предотвращения возможных биологических, химических, физических опасностей и последствий для здоровья потребителей по всей цепочке поставок [26].

В связи с принятием Федерального закона «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» кроме административных методов управления рисками в отношении предприятий приоритетным является проведение профилактических мероприятий. Например, информирование, консультирование, обобщение правоприменительной практики, объявление предостережения о соблюдении обязательных требований законодательства, разъяснения рекомендательного характера при профилактическом визите о рисках для потребителей способствуя снижению количества нарушений и неудовлетворительных результатов лабораторных испытаний. Проведение профилактической работы надзорными органами направлено на оказание помощи хозяйствующим субъектам в правильном принятии управленческих решений, в минимизации ущерба вреда для потребителей и выборе приоритетных этапов контроля технологических процессов, показателей качества

⁶ ГОСТ Р 55888-2013 «Услуги розничной торговли. Система менеджмента безопасности пищевых продуктов».

и безопасности продукции. Это также позволяет предприятию сконцентрировать внимание на значимых процессах и критических нарушениях, влияющих на качество и безопасность пищевой продукции.

Заключение. Результаты исследования показали наибольшую связь между реализуемой на предприятиях розничной торговли не соответствующей по качеству и безопасности пищевой продукцией и выявленными нарушениями ТР ТС 021/2011. Определены основные нарушения обязательных требований законодательства, влияющие на качество и безопасность пищевой продукции. Проведенная оценка связи, построенная регрессионная модель позволяют ранжировать объекты при планировании надзорных мероприятий с учетом выявленных нарушений, влияющих на качество и безопасность пищевой продукции, включая в первую очередь предприятия с численностью обслуживаемого населения свыше 50 человек, что способствует сокращению интенсивности надзорных мероприятий, оптимальному распределению ресурсов, повышению качества, безопасности пищевой продукции и снижению экономического ущерба. При контрольных (надзорных) профилактических мероприятиях, осуществляемых совместно со специалистами предприятий, необходимо предусматривать процессный подход, направленный на устранение условий, причин и факторов, способных привести к нарушениям обязательных требований и причинению вреда потребителям. Кроме того, стимулирование добросовестного соблюдения обязательных требований и снижение уровня (категории) рисков причинения вреда способствуют повышению эффективности управленческих решений.

Список литературы

1. Нуртазина Г.С. Зарубежная система контроля безопасности пищевой продукции: опыт ЕС // Проблемы агрорынка. 2020. № 2. С. 180–187.
2. Нуралиев С.У. О роли оптовой торговли в обеспечении продовольственной безопасности и качества пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2017. № 2. С. 8–10.
3. Лигидов А.Х., Хочуева З.М. Экономическая сущность и взаимосвязь категорий: «экономическая безопасность» и «продовольственная безопасность» // Экономика и социум. 2020. № 3 (70). С. 364–367.
4. Сеницына С.В., Козубская В.И., Мажаева Т.В., Шелунцова Н.Г. Оценка актуальности требований действующего санитарного законодательства в отношении предприятий продовольственной торговли // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 32–37. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-32-37
5. Huck CW, Pezzei CK, Huck-Pezzei VAC. An industry perspective of food fraud. *Curr Opin Food Sci.* 2016;10:32–37. doi: 10.1016/j.cofs.2016.07.004
6. Козубская В.И., Сеницына С.В., Мажаева Т.В. Возможные механизмы мотивации участников оборота пищевой продукции в ее качестве и безопасности // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 1. С. 63–71. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-7
7. Chammem N, Issaoui M, De Almeida AID, Delgado AM. Food crises and food safety incidents in European Union, United States, and Maghreb Area: Current risk communication strategies and new approaches. *J AOAC Int.* 2018;101(4):923–938. doi: 10.5740/jaoacint.17-0446
8. Куренкова В.П. Эволюция системы контрольно-надзорных мероприятий в торговле // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 3. С. 725–736. doi: 10.18334/rp.19.3.38836
9. Шелунцова Н.Г., Тимофеева В.В., Мажаева Т.В., Козубская В.И., Сеницына С.В. Результаты мониторинга качества пищевой продукции в рамках реализации национального проекта «Демография» в Свердловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 4–9. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-4-9
10. Choi HL, Hwang BK, Kim BS, Choi SH. Influence of pathogen contamination on beef microbiota under different storage temperatures. *Food Res Int.* 2020;132:109118. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109118
11. Костыря О.В., Корнеева О.С. О перспективах применения дигидрокверцетина при производстве продуктов с пролонгированным сроком годности // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4 (66). С. 165–170.
12. Павлова И.В., Коблицкая М.Б. Исследование влияния состава триацилглицеринов растительных масел и жиров на скорость миграции жидкой жировой фазы // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2017. № 1–2. С. 7–11. doi: 10.25812/VIIG.2017.2017.19515
13. Fenelon ACG, Andrade PL, Raghianti F, Carrijo KF, Cossi MVC. [Microbiological quality of ground beef sold in supermarkets in central Uberlandia, MG.] *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, Fortaleza.* 2019;14(3):452–460. (In Portug.)
14. Monge Brenes AL, Brown WL, Steinmaus SJ, et al. Temperature profiling of open- and closed-doored produce cases in retail grocery stores. *Food Control.* 2020;113:107158. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107158
15. Болгова Н.А., Агафонова М.С. Порядок и методика осуществления производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий на предприятиях отечественной промышленности // Научное обозрение. Экономические науки. 2016. № 5. С. 9–12.
16. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition.* Rome: FAO; 2018. Accessed July 1, 2022. <https://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf>
17. Kröckel L. The role of lactic acid bacteria in safety and flavour development of meat and meat products. In: *Kongo M, ed. Lactic Acid Bacteria – R & D for Food, Health and Livestock Purposes* [Internet]. London: IntechOpen; 2013:129–152. doi: 10.5772/51117
18. Позднякова Н.А., Дорофеева А.С. Управление качеством мясных консервов // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 2 (18). С. 74–77.
19. Aik J, Turner RM, Kirk MD, Heywood AE, Newall AT. Evaluating food safety management systems in Singapore: A controlled interrupted time-series analysis of foodborne disease outbreak reports. *Food Control.* 2020;117:107324. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107324
20. Сон О.М., Голотин В.А., Салюк Е.С. Проблемы повышения качества мясных полуфабрикатов по показателю микробиологической чистоты // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 40. С. 122–127.
21. Rodniguez DM, Subrez MC. Salmonella spp. in the pork supply chain: a risk approach. *Rev Colomb Cienc Pecuaria.* 2014;27(2):65–75. Accessed July 1, 2022. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902014000200002
22. Hefnawy M, ed. *Advances in Food Protection: Focus on Food Safety and Defense.* Springer Dordrecht; 2011. doi: 10.1007/978-94-007-1100-6
23. Гурвич В.Б., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Борцова Е.Л., Шелунцова Н.Г. Страхование ответственности причинения вреда как альтернативный способ управления качеством и безопасностью пищевой продукции // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 56–64. doi: 10.35627/22195238/2021-339-6-56-64.
24. Попова А.Ю. Анализ риска – стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых

- продуктов //Анализ риска здоровью. 2018. № 4. С. 4–12. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01.
25. Mladenović SS, Ćuzović S, Mladenović I, Stojković D. The importance of food control for retail development – Evidence using adaptive neuro-fuzzy inference system approach. *Eng Econ*. 2020;31(5):575–583. doi: 10.5755/j01.ee.31.5.24484
- ### References
1. Nurtazina GS. Foreign food safety control system: EU experience. *Problemy Agrorjnyka*. 2020;(2):180–187. (In Russ.)
 2. Nuraliev SU. About wholesale role in ensuring food security and food quality. *Pishchevaya Promyshlennost'*. 2017;(2):8–10. (In Russ.)
 3. Ligidov AKh, Khochueva ZM. Economic essence and relationship of categories: “economic security” and “food security”. *Ekonomika i Sotsium*. 2020;(3(70)):364–367. (In Russ.)
 4. Sinitsyna SV, Kozubskaya VI, Mazhaeva TV, Sheluntsova NG. Assessment of the relevance of requirements of the current sanitary legislation for food retailing. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):32–37. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-32-37
 5. Huck CW, Pezzei CK, Huck-Pezzei VAC. An industry perspective of food fraud. *Curr Opin Food Sci*. 2016;10:32–37. doi: 10.1016/j.cofs.2016.07.004
 6. Kozubskaya VI, Sinitsyna SV, Mazhaeva TV. Possible motivation mechanisms in the quality and safety for the food turnover participants. *Industriya Pitaniya*. 2019;4(1):63–71. (In Russ.) doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-7
 7. Chammem N, Issaoui M, De Almeida AID, Delgado AM. Food crises and food safety incidents in European Union, United States, and Maghreb Area: Current risk communication strategies and new approaches. *J AOAC Int*. 2018;101(4):923–938. doi: 10.5740/jaoacint.17-0446
 8. Kurenkova VP. Evolution of the system of control and supervisory measures in trade. *Rossiyskoe Predprinimatel'stvo*. 2018;19(3):725–736. (In Russ.) doi: 10.18334/rp.19.3.38836
 9. Sheluntsova NG, Timofeeva VV, Mazhaeva TV, Kozubskaya VI, Sinitsyna SV. Food quality monitoring results obtained within the implementation of the National Demography Project in the Sverdlovsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):4–9. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-4-9
 10. Choi HL, Hwang BK, Kim BS, Choi SH. Influence of pathogen contamination on beef microbiota under different storage temperatures. *Food Res Int*. 2020;132:109118. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109118
 11. Kostyrya OV, Korneeva OS. Application of dihydroquercetin in the production of products with prolonged shelf life. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inzhenerykh Tekhnologiy*. 2015;(4(66)):165–170. (In Russ.)
 12. Pavlova IV, Koblitskaya MB. Investigation of the influence of the composition of triacylglycerols of vegetable oils and fats on the rate of migration of the liquid fat phase. *Vestnik Vserossiyskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Zhirov*. 2017;(1-2):7–11. (In Russ.) doi: 10.25812/VIIG.2017.2017.19515
 13. Fenelon ACG, Andrade PL, Raghianti F, Carrijo KF, Cossi MVC. [Microbiological quality of ground beef sold in supermarkets in central Uberlandia, MG.] *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, Fortaleza*. 2019;14(3):452–460. (In Portug.)
 14. Monge Brenes AL, Brown WL, Steinmaus SJ, et al. Temperature profiling of open- and closed-doored produce cases in retail grocery stores. *Food Control*. 2020;113:107158. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107158
 15. Bolgova NA, Agafonova MS. The procedure and technique of implementation of production control over compliance with sanitary rules and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) actions at the enterprises of the national industry. *Nauchnoe Obozrenie. Ekonomicheskie Nauki*. 2016;(5):9–12. (In Russ.)
 16. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition*. Rome: FAO; 2018. Accessed July 1, 2022. <https://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf>
 17. Kröckel L. The role of lactic acid bacteria in safety and flavour development of meat and meat products. In: Kongo M, ed. *Lactic Acid Bacteria – R & D for Food, Health and Livestock Purposes* [Internet]. London: IntechOpen; 2013:129–152. doi: 10.5772/51117
 18. Pozdniakova NA, Dorofeeva AS. Quality management of canned meat. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2016;(2(18)):74–77. (In Russ.)
 19. Aik J, Turner RM, Kirk MD, Heywood AE, Newall AT. Evaluating food safety management systems in Singapore: A controlled interrupted time-series analysis of foodborne disease outbreak reports. *Food Control*. 2020;117:107324. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107324
 20. Son OM, Golotin VA, Salyuk ES. On improving the quality of meat semifinished items on indicators of microbiological purity. *Tekhnicheskie Nauki – Ot Teorii k Praktike*. 2014;(40):122–127. (In Russ.)
 21. Rodríguez DM, Suárez MC. Salmonella spp. in the pork supply chain: a risk approach. *Rev Colom Cienc Pecuaria*. 2014;27(2):65–75. Accessed July 1, 2022. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902014000200002
 22. Hefnawy M, ed. *Advances in Food Protection: Focus on Food Safety and Defense*. Springer Dordrecht; 2011. doi: 10.1007/978-94-007-1100-6
 23. Gurvich VB, Mazhaeva TV, Sinitsyna SV, Kozubskaya VI, Bortsova EL, Sheluntsova NG. Damage liability insurance as an alternative means of food quality and safety management. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(6(339)):56–64. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/2021-339-6-56-64
 24. Popova AYU. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):4–12. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
 25. Mladenović SS, Ćuzović S, Mladenović I, Stojković D. The importance of food control for retail development – Evidence using adaptive neuro-fuzzy inference system approach. *Eng Econ*. 2020;31(5):575–583. doi: 10.5755/j01.ee.31.5.24484





Система управления рисками в организации питания детей в муниципальных образовательных учреждениях

Е.П. Потапкина¹, Т.В. Мажаева^{2,3,4}, И.А. Носова², В.И. Козубская²,
С.В. Сеницына², С.Э. Дубенко²

¹ Центральный Екатеринбургский отдел Управления Роспотребнадзора по Свердловской области, ул. Мичурина, д. 91, г. Екатеринбург, 620075, Российская Федерация

² ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ул. 8 Марта / Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

Резюме

Введение. Решение проблем в питании школьников обуславливает создание программно-проектных управленческих технологий организации питания, ориентированных на здоровье детей.

Цель исследования – разработка подходов к формированию системы управления рисками при организации питания детей в образовательных организациях.

Материалы и методы. Объединены специалисты различных ведомственных структур для проведения исследований и выявления проблем в организации питания школьников и их решения. Проведен опрос и интегральная оценка удовлетворенности питанием 43 565 респондентов из 135 школ г. Екатеринбурга. Проанализированы исследования 10 623 проб продукции, расчетные показатели пищевой ценности в технологических картах на блюда. Оценено внедрение и выполнение процедур, основанных на принципах ХАССП, в 12 школьных столовых. Исползованы результаты профилактических медицинских осмотров 53 572 школьников.

Результаты. Выявлены основные проблемы, связанные с отказом детей от питания в столовой, доказана зависимость между удовлетворенностью питанием респондентов и предприятиями, оказывающими услуги по организации питания. По показателям пищевой ценности 70,5 % проб не соответствовали расчетным показателям технических документов. В школьных столовых отсутствует системное управление факторами риска выпуска опасной продукции. Удельный вес детей с алиментарно-зависимыми заболеваниями достигает 15–72 %. Разработаны рекомендации по коррекции питания, а также алгоритм принятия управленческих решений по взаимодействию организаций различного уровня с целью создания условий обеспечения здоровым питанием школьников.

Заключение. С целью формирования здоровой модели питания детей необходим комплексный системный подход и объединение усилий различных организаций, в том числе по созданию методик достоверных оценок пищевой ценности рационов и факторов питания, ассоциированных со здоровьем детей. Разработанный системный подход принятия управленческих решений будет создавать условия для обеспечения здоровым и привлекательным питанием школьников. Эффективность проводимых мероприятий будет зависеть от каждого участника команды специалистов, привлеченных к организации питания детей.

Ключевые слова: удовлетворенность питанием школьников, заболеваемость школьников, пищевая ценность блюд, управленческие решения в области питания школьников.

Для цитирования: Потапкина Е.П., Мажаева Т.В., Носова И.А., Козубская В.И., Сеницына С.В., Дубенко С.Э. Система управления рисками в организации питания детей в муниципальных образовательных учреждениях // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 59–66. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-59-66>

Сведения об авторах:

Потапкина Елена Павловна – начальник Центрального Екатеринбургского отдела Управления Роспотребнадзора по Свердловской области; e-mail: potapkina_ep@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4071-7252>.

✉ **Мажаева** Татьяна Васильевна – к.м.н., заведующий отделом гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; доцент кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

Носова Ирина Анатольевна – младший научный сотрудник отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; e-mail: chirkova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2607-4097>.

Козубская Валентина Ивановна – научный сотрудник отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; e-mail: kozubskay@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

Сеницына Светлана Викторовна – научный сотрудник отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; e-mail: sinicinasv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>.

Дубенко Светлана Эдуардовна – к.м.н., врач-диетолог отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора; e-mail: dubenko@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8008-6024>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Мажаева Т.В., Потапкина Е.П.; сбор данных: Носова И.А., Потапкина Е.П.; анализ и интерпретация результатов: Мажаева Т.В., Носова И.А., Козубская В.И., Сеницына С.В., Дубенко С.Э.; обзор литературы: Мажаева Т.В.; подготовка рукописи: Мажаева Т.В., Потапкина Е.П., Носова И.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 26.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликована: 30.09.22

Risk Management System in Municipal School Catering

Elena P. Potapkina,¹ Tatyana V. Mazhaeva,^{2,3,4} Irina A. Nosova,² Valentina I. Kozubskaya,² Svetlana V. Sinitsyna,² Svetlana E. Dubenko²

¹ Central Yekaterinburg Department, Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 91 Michurin Street, Yekaterinburg, 620075, Russian Federation

² Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

³ Ural State University of Economics, 62 8th March Street/45 Narodnaya Volya Street, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

⁴ Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

Summary

Background: The solution of problems of school nutrition requires a creation of program and project management technologies of school catering focused on children's health.

Objective: To elaborate approaches to introducing the system of risk management in school catering.

Materials and methods: In 2019–2021, specialists from various departmental authorities were brought together to conduct the study aimed at identifying and solving challenges related to school nutrition. We conducted a questionnaire-based survey of 43,565 respondents from 135 schools in the city of Yekaterinburg for the purposes of an integral assessment of their satisfaction with school meals. We also analyzed 10,623 food samples, estimated nutritional values of dishes, and evaluated implementation of the principles of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) in 12 school canteens in view of the results of health checkups of 53,572 students.

Results: We established the main reasons for refusal of school meals and proved the relationship between general satisfaction with school nutrition and school catering companies. In terms of nutritional value, 70.5 % of the collected food samples did not comply with the estimates provided in technical documentation. We observed no systemic risk management of food hygiene violations. The estimated proportion of schoolchildren with diet-related diseases ranged from 15 to 72 %. Our findings were used to develop recommendations for improvement of school meals and an algorithm of managerial decision-making envisaging cooperation of organizations of various levels in providing healthy nutrition to schoolchildren.

Conclusion: A systemic approach and combined efforts of various authorities are necessary to promote healthy eating at school. Elaboration of methods for reliable assessment of the nutritional value of diets and health-related nutrition factors is essential. The developed comprehensive approach to managerial decision-making will contribute to providing healthy and appealing school meals. The effectiveness of joint activities will depend on each member of the team of specialists involved in organizing school catering.

Keywords: satisfaction with school meals, morbidity of schoolchildren, nutritional value of meals, managerial decisions on school catering.

For citation: Potapkina EP, Mazhaeva TV, Nosova IA, Kozubskaya VI, Sinitsyna SV, Dubenko SE. Risk management system in municipal school catering. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):59–66. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-59-66>

Author information:

Elena P. Potapkina, Head of the Central Yekaterinburg Department, Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; e-mail: potapkina_ep@66.rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4071-7252>.

✉ Tatyana V. Mazhaeva, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Assoc. Prof., Department of Food Technology, Ural State University of Economics; Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

Irina A. Nosova, Junior Researcher, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: chirkova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2607-4097>.

Valentina I. Kozubskaya, Researcher, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: kozubskay@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

Svetlana V. Sinitsyna, Researcher, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: sinicinasv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>.

Svetlana E. Dubenko, Cand. Sci. (Med.), Nutritionist, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: dubenko@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8008-6024>.

Author contributions: study conception and design: Mazhaeva T.V., Potapkina E.P.; data collection: Nosova I.A., Potapkina E.P.; analysis and interpretation of results: Mazhaeva T.V., Nosova I.A., Kozubskaya V.I., Sinitsyna S.V., Dubenko S.E.; literature review: Mazhaeva T.V.; draft manuscript preparation: Mazhaeva T.V., Potapkina E.P., Nosova I.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 26, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Достижение нового качества образования невозможно без модернизации школьного питания, это насущная потребность современной школы, которая отвечает новым социально-экономическим условиям и является важным направлением развития нашего государства [1, 2].

Общественные и государственные инициативы по улучшению питания детей являются многообещающими и направлены на увеличение потребления фруктов, овощей, а также продвижение более здорового питания. Однако имеются проблемы, связанные с финансовыми и нормативными ограничениями, а также несо-

гласованностью действий среди заинтересованных организаций [3–5].

Системных, комплексных исследований региональных особенностей здоровья, ассоциированных с питанием и разработкой управленческих решений в отношении организации питания школьников, в настоящее время недостаточно [6]. Проведение таких исследований позволяет решить задачи, поставленные Правительством РФ и национальным проектом «Демография», то есть определить наиболее значимые факторы питания, влияющие на здоровье детей, и разработать эффективные профилактические мероприятия [7].

Цель работы – разработка подходов к формированию системы управления рисками при организации питания детей в образовательных организациях.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- оценка отношения детей, родителей и педагогов к качеству организации питания школьников;
- оценка качества поставляемого пищевого сырья и готовых блюд школьных столовых по данным лабораторных исследований;
- оценка соответствия предприятий общественного питания обязательным требованиям санитарного законодательства по данным санитарно-эпидемиологических обследований (аудитов);
- оценка состояния здоровья детей по данным периодических медицинских осмотров;
- научное обоснование и создание рецептов обогащенных блюд, привлекательных для школьного питания.

Материалы и методы. Создана инициативная рабочая группа из коллектива единомышленников различных ведомственных структур для проведения исследований и выявления проблем в организации питания школьников. Были разработаны опросники для оценки качества организации питания детей с использованием платформы Google Forms. С участием департамента образования администрации г. Екатеринбурга в 2019–2021 гг. организовано и проведено сплошное анкетирование 43 565 респондентов из 135 школ 7 районов г. Екатеринбурга (81 % от всех образовательных организаций), в том числе 20 144 законных представителей детей и 11 382 учащихся средних и старших классов (14 % от всех обучающихся), 7 238 обучающихся начальных классов (34 % от всех учащихся), 135 директоров, 111 медработников и 356 представителей организаторов питания.

Интегральную оценку удовлетворенности питанием респондентов оценивали по балльной системе. Выбрано семь вопросов, которые в наибольшей степени отвечали критериям оценки качества (удовлетворенности) организации питания в школе. Ответу, оцененному как «положительный» или частично «положительный», присваивался 1 балл, а «частично отрицательный» и «отрицательный» – 2 балла, далее баллы суммировались. Для каждого общеобразовательного учреждения был рассчитан средний показатель. Оценка проводилась по принципу – чем меньше сумма баллов, тем больше удовлетворенность респондентов качеством питания, затем было проведено ранжирование школ по показателям от наилучшего к худшему.

Проведена выборка результатов лабораторных испытаний пищевой продукции предприятий общественного питания образовательных организаций г. Екатеринбурга из базы данных аккредитованного испытательного лабораторного центра Центрального Екатеринбургского филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» за трехлетний период. Проанализировано 10 579 проб в 108 образователь-

ных организациях по всем показателям качества и безопасности, в том числе 427 проб на пищевую ценность, включая жирно-кислотный состав, витамины, минеральные вещества. Кроме того, на базе вышеуказанного центра были проведены дополнительные лабораторные испытания сырья и готовой продукции на пищевую ценность – всего исследовано 44 пробы, в том числе на содержание микроэлементов (железа в мясных продуктах, йода в рыбе, калия в картофеле и пюре из картофеля), а также витаминов С и каротина в моркови и салате. Отбор проб и испытания проводились в соответствии с действующими нормативными документами у 5 организаторов школьного питания. Среди отобранных проб сырья были исследованы следующие образцы продукции, изготовленной по ГОСТ: тазобедренный отруб говядины, горбуша потрошенная мороженая, картофель свежий, морковь свежая; а среди готовых блюд отобраны: рубленые изделия из говядины и горбуши, пюре картофельное, салат из моркови с сахаром (по единым рецептурам и однотипным технологическим картам (ТК)).

Оценка рецептур проводилась с использованием программы «Система расчетов для общественного питания»¹.

Обследование (аудиты) школьных предприятий общественного питания на соответствие обязательным требованиям санитарного законодательства проводилось на 12 объектах экспертами аккредитованного органа инспекции ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора по методическим рекомендациям². По результатам аудитов оценивалась степень внедрения и выполнения превентивных мероприятий (процедур, основанных на принципах ХАССП³), анализа опасностей, контроля установленных параметров критических контрольных точек (ККТ), системного и документированного контроля качества и безопасности поставляемого сырья и готовой продукции.

Оценка здоровья школьников осуществлялась с использованием результатов обращаемости и профилактических медицинских осмотров 53 572 школьников за трехлетний период по данным, предоставленным департаментом здравоохранения г. Екатеринбурга.

По всем трем оцениваемым параметрам: удовлетворенности питанием, результатам лабораторных испытаний и заболеваемости детей образовательных организаций был рассчитан интегральный показатель по сумме ранговых значений для использования его при выборе школ для углубленного обследования здоровья детей.

Отработка новых рецептур проводилась совместно с технологами Уральского государственного экономического университета, а формирование сборника рецептур и примерных циклических меню – с помощью программы «Система расчетов для общественного питания»¹.

Применены статистические методы оценки достоверности различий по критериям Краскела – Уоллиса и Манна – Уитни. Статистическая

¹ Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002610284 / Л.И. Николаева, Д.В. Гращенко М., 2002. 1 с.

² МР 5.1.0096–14 «Методические подходы к организации оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП» (утв. Главным государственным санитарным врачом 18 декабря 2014 г.).

³ От английской аббревиатуры HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points («Анализ рисков и критические контрольные точки»), обозначающей систему контроля за качеством пищевой продукции.

обработка проводилась с помощью программы IBM® SPSS® Statistics 20.

Результаты. Был сформирован алгоритм принятия управленческих решений и вовлечения в работу организаций различных ведомств, а также проведена отработка методик мониторинга удовлетворенности питанием детей, опросов родителей и педагогического персонала. Проанализированы результаты сплошного анкетирования. В соответствии с гигиеническими рекомендациями при организации горячего питания в школе, кроме горячего завтрака предусматривается обед, наличие которого (то есть 2-разовое горячее питание) имеет важное значение, учитывая длительное (более 3–4 часов) пребывание обучающихся в образовательной организации. При исследовании выявлено, что в 23 % школ, охваченных скринингом, количество детей, пользующихся горячим организованным питанием в обед, составляет не более половины (25–50 %), а в остальных – в школьной столовой обедают 70 % детей. Результаты анкетирования по привлекательности школьного питания среди учеников и родителей представлены в таблице.

Из числа обедающих в половине образовательных учреждений, дети и родители дали удовлетворительную оценку качеству питания, однако в 18 % школ более 30 % респондентов организацией питания были не удовлетворены. Основными причинами такой оценки стали низкое качество блюд, которые отметили 26,7 % опрошенных, однообразие блюд – 16,5 %, а неудовлетворительные условия приема пищи (состояние помещения, сервировка блюд, санитарное состояние, персонал и др.) отметили 10,5 % респондентов. Эти причины в 12 % случаев приводят к отказу от получения горячего питания в школьной столовой во время учебного процесса.

Педагоги на аналогичные вопросы ответили, что в целом удовлетворены меню, по которому организовано питание в школе (54 %), и качеством приготовления пищи (58 %), не удовлетворены меню – 11 %, а качеством приготовления пищи – 7 %. Статистический анализ достоверности различий по критерию Краскела – Уоллиса в интегральной

оценке удовлетворенности питанием в школах в зависимости от организатора показал зависимость удовлетворенности питанием респондентов от организатора питания ($p = 0,1–5$).

По результатам двухгодичного сплошного опроса респондентов возникла необходимость в пересмотре анкет по оценке удовлетворенности питания и передаче этого направления работ двум университетам г. Екатеринбурга с расширением привлеченных к мониторингу организаций, а также получением возможности вовлекать в решение научно-практических вопросов по организации питания студентов специализированных кафедр университетов. Таким образом, в мониторинг удовлетворенности питанием школьников вовлечены департамент образования, университеты и школы с разделением функций по подготовке анкет, сбору и анализу информации. Принятие управленческих решений по результатам мониторинга возлагались на Роспотребнадзор и администрацию города. Проведены рабочие совещания с организаторами питания, которым было поручено пересмотреть технологии приготовления основных блюд, расширить ассортимент реализуемых блюд с включением новых рецептур с повышенной биологической ценностью, внести изменения и согласовать меню.

Мониторинг качества и безопасности пищевой продукции, реализуемой в столовых образовательных организаций, осуществляется территориальным отделом Роспотребнадзора и организаторами питания. Результаты анализа данных лабораторных испытаний пищевой продукции общественного питания школ показали, что удельный вес несоответствующих проб составляет 1,8 %, при этом в 17,4 % школ (в 23 школах из 132) этот показатель не превысил 10 %, а в 6 % (8 школ) значения были от 13 до 38 % несоответствия. По пищевой ценности выявлено 16,3 % несоответствующих проб. По результатам лабораторных испытаний сырья и готовой продукции, дополнительно отобранных на пищеблоках школ по показателям пищевой ценности установлено, что 70,5 % образцов (31 проба из 44) не соответствуют технической документации

Таблица. Результаты анкетирования о качестве и привлекательности школьного питания среди учеников и родителей города Екатеринбурга, проводившегося в 2019–2021 гг.

Table. Results of a survey of schoolchildren and parents on the quality and appeal of school meals conducted in Yekaterinburg in 2019–2021

Утверждение / Statement	Удельный вес респондентов, согласившихся с утверждением, % / Proportion of the respondents who agreed with the statement			
	> 75 %	75–50 %	50–25 %	< 25 %
Удельный вес школ, респонденты которых согласились с утверждением, % / Proportion of schools which respondents agreed with the statement				
Ребенку нравится питаться в школьной столовой (горячий завтрак и/или обед) / The child likes school meals (hot breakfast and/or lunch)	59,1	40,9	0,0	0,0
Ребенок обедал в школьной столовой / The child has meals at the school canteen	0	77	23	0
Вы удовлетворены или почти удовлетворены: / You are satisfied or almost satisfied with:				
– школьным меню / school menu	59,1	41	0	0
– качеством приготовления блюд / cooking quality	78,0	22,0	0,0	0,0
– ценой на школьное питание / cost of school meals	77,3	22,7	0,0	0,0
– ассортиментом буфетной продукции / food assortment in the school buffet	0,0	35,6	63,6	0,8
– помещением столовой / canteen premises	98,5	1,5	0,0	0,0

(технологическим картам). Наибольшее количество таких проб выявлено по калорийности – 60,5 %, а также по содержанию белка – 53,5 % и по содержанию углеводов – 41,9 %. Готовая продукция и сырье, поставляемые на исследования от разных поставщиков, но изготовленные по одному и тому же документу (ГОСТ и ТК), имели широкий диапазон расхождений в значениях. Так, значения показателей пищевой ценности говядины (тазобедренный отруб) различался по белкам в 1,2 раза, а по углеводам – в 74 раза. Пищевая ценность сырья из горбуши отличалась в пробах в 1,4 раза по белку и в 65 раз по углеводам. Такое различие определено высоким содержанием углеводов, которое по справочникам химического состава должно присутствовать в следовых значениях⁴ [9]. Все 100 % исследуемых проб готовой продукции из говядины и 75 % из горбуши не соответствовали заявляемым по ТК значениям по энергетической ценности, белкам и углеводам. Диапазон значений витаминов и минеральных веществ различался в среднем в 1,8 раза.

Управленческие решения по данным мониторинга пищевой ценности сырья и готовой продукции были возложены на Роспотребнадзор, управление образования и комитет по потребительскому рынку, которые поручили предприятиям организовать повышение квалификации специалистов, разрабатывающих ТК, а также проводить усиленный контроль за качеством сырья, отрабатывать новые рецептуры, соблюдать закладки ингредиентов по рецептурам, использовать щадящий режим технологии приготовления блюд, применять компьютерные программы при расчетах пищевой ценности блюд и меню в целом.

Одним из важных условий организации безопасного питания в образовательных организациях является соблюдение обязательных требований санитарного законодательства. В связи с этим в рамках пилотного проекта «Привлекательное питание» организаторы питания на добровольной основе провели внешние аудиты (обследования). Результаты обследований столовых образовательных организаций по выполнению обязательных требований показали отсутствие должного внимания к разработке и выполнению требований процедур, основанных на принципах ХАССП, в полном объеме. В целом предприятия имеют очень низкий средний процент соответствия (57 %), а внедрение принципов ХАССП в школьных столовых составляет 2,8 %, что говорит о неспособности надлежащим образом управлять всеми выявленными факторами риска выпуска опасной продукции. Основные проблемы связаны с выполнением требований к обеспечению точности технологического процесса, проведению входного контроля, содержанию оборудования, помещений, инвентаря, прослеживаемости, проведению внутренних проверок. По итогам аудитов организаторы питания провели обучение специалистов и привлекли сторонние организации для консультирования по вопросам разработки, внедрения и поддержания процедур, основанных на принципах ХАССП. В реализации данного направления приняли участие Роспотребнадзор,

комитет по товарному рынку, аккредитованные органы инспекций.

В системе управления рисками в организации питания детей в муниципальных образовательных учреждениях немаловажное значение имеет мониторинг состояния здоровья детей для оценки эффективности применяемых мер профилактики. С целью оценки здоровья детей, ассоциированного с питанием, был проведен анализ данных обращаемости в медицинские учреждения и результатов периодических медицинских осмотров. Выявлено, что острыми кишечными инфекциями ежегодно болеют 5,6 на 1000 детей, отравлениями 1,0 на 1000, болезнями органов пищеварения 1,4 на 1000, а хроническими заболеваниями, связанными с недостаточностью питания и болезнями пищеварения, – 1,4 и 2,2 на 1000 детей соответственно. Удельный вес детей с заболеванием эндокринной системы в школах варьирует от 0 до 37 % (65 человек из 174 с заболеваниями), в том числе ожирением от 0 до 15 % (4 из 26); системы кровообращения – от 0 до 10 % (6 из 60); системы пищеварения – от 0 до 72 % (242 из 335); костно-мышечной системы – от 0 до 65 % (30 из 46).

С целью коррекции питания детей на базе ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора обособлены, созданы и отработаны более 72 рецептур, которые вошли в сборник из 475 технологических карт на продукцию (блюда). Все рецептуры апробированы организаторами питания и проведены дегустации блюд, которые были одобрены родительскими комитетами и внедрены в школах. Кроме того, специалистами ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора разработаны и предложены несколько вариантов примерных циклических меню. Для упрощения разработки циклического меню с заданным химическим составом создана схема-алгоритм.

С целью определения критериев выбора школ и учащихся для углубленного обследования здоровья, ассоциированного с питанием, разработки эффективных профилактических мероприятий был разработан и рассчитан интегральный показатель качества организации питания детей в школах. По сумме ранговых значений трех оцениваемых параметров: удовлетворенности питанием, результатов лабораторных испытаний и заболеваемости детей были выделены 21 % школ с наихудшими (199–240 баллов) и 14 % с наилучшими (70–112 баллов) показателями.

Так как создание условий обеспечения здоровья питанием в образовательных организациях на муниципальном уровне требует системного и поэтапного подхода, нами разработан алгоритм взаимодействия организаций различного уровня для разработки мероприятий и принятия управленческих решений. В систему управления вошли: мониторинг питания и состояния здоровья детей; анализ данных и выявление проблем в организации питания; определение социально-экономических критериев успешного решения проблем питания; формирование перечня организаций для взаимодействия и выработки решений (разработка локальных документов, в том числе постановлений, приказов, решений, методических рекомендаций

⁴ Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. Москва: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

и методических писем), а также разработки и реализации оперативных мероприятий. Реализация такой системы управления качеством питания в организованных коллективах невозможна без взаимодействия различных ведомств и организаций, которые были вовлечены в создание и реализацию проекта «Привлекательное и здоровое питание». К ним относятся: управление Роспотребнадзора по Свердловской области, ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, администрация города Екатеринбурга, департаменты образования и здравоохранения, комитет по потребительскому рынку, образовательные организации и организации высшего профессионального образования, операторы услуг питания, лечебно-профилактические учреждения.

Обсуждение. Так как питание в образовательных организациях может повлиять на формирование правильных вкусовых предпочтений у детей и в дальнейшем на их состояние здоровья, обязательным условием является постоянная оценка и анализ изменений моделей питания. По данным Максимова С.А. и др., с возрастом модель пищевого поведения у детей меняется и ассоциируется с мясной и жировой диетой, что может привести к росту алиментарно-зависимых заболеваний [8]. На формирование паттерна питания детей школьного возраста могут влиять и такие факторы, как ассортимент и качество блюд, предлагаемых в школьной столовой. Организованный Роспотребнадзором и отделом образования администрации города Екатеринбурга совместно с университетами и образовательными организациями мониторинг удовлетворенности питанием в школах муниципального образования г. Екатеринбурга позволил выявить положительную оценку организации питания только в 30 % школ, где 70 % детей обедают в школьной столовой. В то же время как минимум 12 % детей отказываются питаться в школе из-за невкусной, холодной пищи, бедного ассортимента блюд и подчас небезопасного.

Для управления качеством питания в образовательных организациях необходимо заменять нездоровые продукты в меню на более полноценные, например блюда из фруктов, свежих овощей, что может привести к формированию здоровых привычек в питании. Кроме того, можно изменить не только рецептуру блюд, но и организовать ее оформление и подачу, тем самым опираясь на важные социальные и эмоциональные детерминанты пищевых предпочтений [9–12]. Можно также прибегнуть к так называемому методу подталкивания для поощрения потребления блюд из фруктов и овощей [13–16]. Однако в некоторых случаях ограничения, связанные с искаженным толкованием обязательных санитарно-гигиенических требований по предоставлению, например, определенного количества свежих фруктов или овощей, могут привести к неправильному использованию их в меню или снижению до минимального уровня. Кроме того, при готовности родителей исключить ребенка из системы организованного питания в случае неудовлетворенности ею имеется вероятность того, что организаторы питания в школах будут склонны изготавливать более популярную, но нездоровую продукцию, что, несомненно, приведет к развитию алиментарно-зависимых заболеваний [17, 18].

Проблему, связанную с несоответствием пищевой ценности блюд и рационов питания обязательным требованиям, частично удается решить при совместной работе специальных кафедр университетов, организаторов питания и организаций Роспотребнадзора. Результатом нашей совместной работы были разработанные и внедренные методические рекомендации, которые в том числе включены в сборник новых рецептов и примерные меню. Однако, как показывают результаты наших исследований, сохраняется необходимость в совершенствовании методов управления качеством питания в образовательных организациях.

Конечно, для мотивации организаторов питания к созданию благоприятных условий изготовления продукции общественного питания в школах необходим комплекс мероприятий, включающий информирование о рисках для здоровья детей, связанных с нездоровым питанием. Анализ здоровья детей по результатам ПМО дает только общую информацию, которую мы можем связать с питанием и сопоставить с данными литературы [19]. Так, установленная связь удовлетворенности питанием с удельным весом неудовлетворительных проб и заболеваемостью детей ожирением подтверждается литературными данными, свидетельствующими о том, что нарушения питания у детей являются одной из причин высокой заболеваемости болезнями, связанными с нарушением обмена веществ [20–23]. Остаются проблемы, связанные с отсутствием системного подхода в обеспечении качественного и безопасного изготовления продукции общественного питания в школах, которые выявлены в результате специальных обследований (аудитов). Применение практики профилактических контрольно-надзорных мероприятий, независимых оценок, в том числе консультирование по внедрению систем управления качеством и безопасностью изготавливаемой продукции, является перспективным направлением для снижения риска пищевых отравлений. Предполагается представить результаты анализа нарушений обязательных требований, выявляемых в ходе контрольно-надзорных мероприятий, а также оценку зависимости заболеваемости детей от нарушения этих требований в последующих публикациях.

С переходом на персонифицированную медицину необходимо проводить углубленные исследования с привлечением медицинских организаций, которые помогут с наибольшей достоверностью выявить факторы питания, ассоциированные со здоровьем, а также применять молекулярно-генетические методы исследования, позволяющие персонализировать рекомендации и составлять индивидуальные модели питания.

Используя интегральную оценку, мы смогли выделить образовательные организации и организаторов питания, которые заслуживают наибольшего внимания в дополнительных углубленных обследованиях и разработке профилактических мероприятий.

Выводы. Выявленные проблемы в организации питания детей – системные и связаны с большим количеством неопределенностей. Системное, интегрированное, межведомственное решение проблем в организации питания и создание условий для

привлекательного здорового питания детей в школах будет способствовать наибольшему процентному охвату горячим питанием школьников всех возрастов, сохранению здоровья детей, повышению качества образования. Окончательный результат будет зависеть от каждого участника процесса организации питания. Для оценки влияния факторов питания на здоровье детей необходимо учитывать фактор нарушения обязательных требований нормативных документов в предприятиях общественного питания образовательных организаций. По результатам проведенной работы подготовлен проект муниципальной программы.

Список литературы

1. Juniusdottir R, Hörnell A, Gunnarsdottir, et al. Composition of school meals in Sweden, Finland, and Iceland: Official guidelines and comparison with practice and availability. *J Sch Health*. 2018;88(10):744–753. doi: 10.1111/josh.12683
2. Тапешкина Н.В., Почуева Л.П., Власова О.П. Организация питания школьников: проблемы и пути решения // *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2019. Т. 4. № 2. С. 120–128.
3. Маюрникова Л.А., Новоселов С.В. Модернизация школьного питания на основе бизнес-процесса развития предприятия в региональных условиях // *Индустрия питания*. 2018. Т. 3. № 2. С. 60–68.
4. Неустроев С.С., Миндзаева Э.В., Бешенков С.А., Зимнюкова Н.Н. Лучшие региональные практики по организации питания в общеобразовательных школах (на основе анализа открытых информационных источников субъектов Российской Федерации) // *Управление образованием: теория и практика*. 2020. № 1 (37). С. 99–116.
5. Кучма В.Р., Горелова Ж.Ю. Международный опыт организации школьного питания // *Вопросы современной педиатрии*. 2008. Т. 7. № 2. С. 14–21.
6. Chakrabarti S, Scott SP, Alderman H, Menon P, Gilligan DO. Intergenerational nutrition benefits of India's national school feeding program. *Nat Commun*. 2021;12(1):4248. doi: 10.1038/s41467-021-24433-w
7. Моисеева Н.А., Холстинина И.Л., Князева М.Ф., Мажаева Т.В., Малых О.Л., Дубенко С.Э. Опыт организации и проведения анализа данных по оценке питания школьников Свердловской области в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 9 (330). С. 10–17. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-10-17
8. Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А. и др. Эмпирические модели питания в российской популяции и факторы риска хронических неинфекционных заболеваний (исследование ЭССЕ-РФ) // *Вопросы питания*. – 2019. Т. 88. № 6. С. 22–33. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10061
9. Beckerman JP, Alike Q, Lovin E, Tamez M, Mattei J. The development and public health implications of food preferences in children. *Front Nutr*. 2017;4:66. doi: 10.3389/fnut.2017.00066
10. Утеулиев Е.С., Попова Т.В., Байбосынова Ф.К. и др. Детерминанты здоровья и благополучия детей и подростков (обзор литературы) // *Вестник Казахского Национального медицинского университета*. 2020. № 1-1. С. 204–206.
11. Directorate-General for Agriculture and Rural Development (European Commission). Evaluation of the European School Fruit Scheme: Final Report. Bonn, Luxembourg; 2012. Accessed July 1, 2022. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f13ff859-4555-491f-bca6-3a7eb563047a>
12. Cohen JFW, Richardson SA, Cluggish SA, Parker E, Catalano PJ, Rimm EB. Effects of choice architecture and chef-enhanced meals on the selection and consumption of healthier school foods: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*. 2015;169(5):431–437. doi: 10.1001/jamapediatrics.2014.3805

13. Krølner R, Jørgensen TS, Aarestrup AK, Christiansen AH, Christiansen AM, Due P. The Boost study: design of a school- and community-based randomized trial to promote fruit and vegetable consumption among teenagers. *BMC Public Health*. 2012;12:191. doi: 10.1186/1471-2458-12-191
14. Aarestrup AK, Jørgensen TS, Jørgensen SE, Hoelscher DM, Due P, Krølner R. Implementation of strategies to increase adolescents' access to fruit and vegetables at school: process evaluation findings from the Boost study. *BMC Public Health*. 2015;15:86. doi: 10.1186/s12889-015-1399-9
15. Земскина С.Е., Лузина Е.А., Футаева М.Г., Кошманёв М.С. Формирование пищевого поведения школьников. Расставляем акценты // *Colloquium-journal*. 2020. № 17-2 (69). С. 14–18.
16. Гращенко Д.В., Мажаева Т.В. Особенности организации лабораторного контроля за качеством продукции общественного питания // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 9 (318). С. 22–26. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-22-26
17. Turbutt C, Richardson J, Pettinger C. The impact of hot food takeaways near schools in the UK on childhood obesity: a systematic review of the evidence. *J Public Health (Oxf)*. 2019;41(2):231–239. doi: 10.1093/pubmed/fdy048
18. Turbutt CL. *Hot Food Takeaways around schools: Can fast food be healthier?* Masters of Science Thesis. University of Plymouth; 2020. Accessed July 1, 2022. <http://hdl.handle.net/10026.1/15772>
19. Масайлова Л.А., Механтьев И.И., Ласточкина Г.В., Шукелайть А.Б. Ключевые аспекты оценки здоровья населения, ассоциированные со структурой фактического питания, в современных условиях // *Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Пермь, 15–16 мая 2019 г. Пермь: Изд-во Пермского нац. иссл. политехн. ун-та, 2019. С. 326–328.
20. Чиженок Н.И., Иванова Н.В., Кожина А.Е. Факторы риска ожирения у детей школьного возраста // *Актуальные вопросы педиатрии: Материалы краевой научно-практической конференции*, Пермь, 11 апреля 2020 г. Пермь: Изд-во Пермского нац. иссл. политехн. ун-та, 2020. С. 175–178.
21. Репкина Е.Р., Набойченко Е.С., Буланов К.Л. Психологические детерминанты формирования избытка массы тела у подростков // *Системная интеграция в здравоохранении*. 2019. № 1. С. 64–70.
22. Чайченко Т.В., Гончарь М.А., Чумаченко Т.А., Клименко В.А. Субъективные представления об ожирении и объективные нутриционные причины формирования избытка веса у школьников Харьковского региона // *Охрана здоровья детей и подростков*. 2019. № 1. С. 85–87.
23. Акуленко И.Д., Блинкова Л.Н. Оценка состояния здоровья школьников и влияния некоторых факторов риска на развитие избыточной массы тела и ожирения // *Современные аспекты формирования ЗОЖ у молодого поколения: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых*, Ростов-на-Дону, 26 апреля 2019 г. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет. 2019. С. 12–14.

References

1. Juniusdottir R, Hörnell A, Gunnarsdottir, et al. Composition of school meals in Sweden, Finland, and Iceland: Official guidelines and comparison with practice and availability. *J Sch Health*. 2018;88(10):744–753. doi: 10.1111/josh.12683
2. Tapeshkina NV, Pochueva LP, Vlasova OP. Organizing nutrition of schoolchildren: Problems and solutions. *Fundamental'naya i Klinicheskaya Meditsina*. 2019;4(2):120–128. (In Russ.)
3. Majurnikova LA, Novoselov SV. School meal modernization on the enterprise business process development

- basis in the regional conditions. *Industriya Pitaniya*. 2018;3(2):60–68. (In Russ.)
4. Neustroev SS, Mindzaeva EV, Beshenkov SA, Zimnyukova NN. Best regional practices in the organization of nutrition in general education schools (based on the analysis of open information sources of the constituent entities of the Russian Federation). *Upravlenie Obrazovaniem: Teoriya i Praktika*. 2020;(1(37)):99–116. (In Russ.)
 5. Kuchma VR, Gorelova ZhY. International experience of organizing school nutrition. *Voprosy Sovremennoy Pediatrii*. 2008;7(2):14–21. (In Russ.)
 6. Chakrabarti S, Scott SP, Alderman H, Menon P, Gilligan DO. Intergenerational nutrition benefits of India's national school feeding program. *Nat Commun*. 2021;12(1):4248. doi: 10.1038/s41467-021-24433-w
 7. Moiseeva NA, Kholstinina IL, Knyazeva MF, Mazhaeva TV, Malykh OL, Dubenko SE. The experience in organizing and conducting the analysis of data on nutrition of school-aged children in the Sverdlovsk Region within the Federal Public Health Promotion Project. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):10–17. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-10-17
 8. Maksimov SA, Karamnova NS, Shalnova SA, et al. Empirical dietary patterns in the Russian population and the risk factors of chronic non-infectious diseases (Research ECVD-RF). *Voprosy Pitaniya*. 2019;88(6):22–33. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2019-10061
 9. Beckerman JP, Alike Q, Lovin E, Tamez M, Mattei J. The development and public health implications of food preferences in children. *Front Nutr*. 2017;4:66. doi: 10.3389/fnut.2017.00066
 10. Uteuliev ES, Popova TV, Baybosynova FK, et al. Determinants of health and well-being of children and adolescents (literature review). *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;(1-1):204–206. (In Russ.)
 11. Directorate-General for Agriculture and Rural Development (European Commission). Evaluation of the European School Fruit Scheme: Final Report. Bonn, Luxembourg; 2012. Accessed July 1, 2022. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f13ff859-4555-491f-bca6-3a7eb563047a>
 12. Cohen JFW, Richardson SA, Cluggish SA, Parker E, Catalano PJ, Rimm EB. Effects of choice architecture and chef-enhanced meals on the selection and consumption of healthier school foods: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*. 2015;169(5):431–437. doi: 10.1001/jamapediatrics.2014.3805
 13. Krølner R, Jørgensen TS, Aarestrup AK, Christiansen AH, Christiansen AM, Due P. The Boost study: design of a school- and community-based randomised trial to promote fruit and vegetable consumption among teenagers. *BMC Public Health*. 2012;12:191. doi: 10.1186/1471-2458-12-191
 14. Aarestrup AK, Jørgensen TS, Jørgensen SE, Hoelscher DM, Due P, Krølner R. Implementation of strategies to increase adolescents' access to fruit and vegetables at school: process evaluation findings from the Boost study. *BMC Public Health*. 2015;15:86. doi: 10.1186/s12889-015-1399-9
 15. Zemskova SE, Luzina EA, Futanova MG, Koshmanyov MS. Formation of school children's eating behavior. Setting the emphasis. *Colloquium-Journal*. 2020;(17-2(69)):14–18. (In Russ.)
 16. Grashchenkov DV, Mazhaeva TV. Features of arranging of laboratory quality control of public catering products. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9(318)):22–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-22-26
 17. Turbutt C, Richardson J, Pettinger C. The impact of hot food takeaways near schools in the UK on childhood obesity: a systematic review of the evidence. *J Public Health (Oxf)*. 2019;41(2):231–239. doi: 10.1093/pubmed/fdy048
 18. Turbutt CL. *Hot Food Takeaways around schools: Can fast food be healthier?* Masters of Science Thesis. University of Plymouth; 2020. Accessed July 1, 2022. <http://hdl.handle.net/10026.1/15772>
 19. Masaylova LA, Mekhantsev II, Lastochkina GV, Shukelayt AB. [Current key aspects of assessing health risks associated with the structure of actual nutrition.] In: *Urgent Issues of Risk Analysis in Ensuring Sanitary and Epidemiological Wellbeing of the Population and Protecting Consumer Rights: Proceedings of the Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 15–16, 2019*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2019:326–328. (In Russ.)
 20. Chizhenok NI, Ivanova NV, Kozhina AE. [Risk factors of obesity in school-age children.] In: *Current Issues of Pediatrics: Proceedings of the Regional Scientific and Practical Conference, Perm, April 11, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020:175–178. (In Russ.)
 21. Repkina ER, Naboichenko ES, Bulanov KL. Psychological determinants of the formation of excess body weight among teenagers. *Sistemnaya Integratsiya v Zdravookhraneni*. 2019;(1(43)):64–70. (In Russ.)
 22. Chaichenko TV, Gonchar MA, Chumachenko TA, Klimenko VA. [Subjective views on obesity and objective nutritional reasons for overweight in schoolchildren of the Kharkiv Region.] *Okhrana Zdorov'ya Detey i Podrostkov*. 2019;(1):85–87. (In Russ.)
 23. Akulenko ID, Blinkova LN. [Assessment of the health status of schoolchildren and the impact of certain risk factors on overweight and obesity.] In: *Contemporary Aspects of Promoting Healthy Lifestyle in the Younger Generation: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists, Rostov-on-Don, April 26, 2019*. Rostov-on-Don: Rostov State Medical University Publ.; 2019:12–14. (In Russ.)





Оценка состояния здоровья детей, проживающих в условиях воздействия токсической нагрузки в городах с развитой цветной металлургией Свердловской области

Е.П. Кадникова

Управление Роспотребнадзора по Свердловской области,
пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

Резюме

Введение. Риски, формируемые кадмием, мышьяком и свинцом в Свердловской области, обуславливают дополнительные случаи заболеваний у детей. Данные токсиканты оказывают влияние на минеральный обмен, повреждение клеток печени, почек, показатели иммунитета, нервную систему.

Цель: оценить уровень содержания кадмия, свинца и мышьяка в биосредах, наблюдаемый у детей дошкольного возраста (3–6 лет), проживающих в городах с развитой цветной металлургией, и состояние здоровья при обнаруженном уровне токсической нагрузки.

Материалы и методы. Исследование проведено в 6 городах Свердловской области с развитой цветной металлургией. Анализ уровня загрязнения среды обитания проведен по данным социально-гигиенического мониторинга. Для оценки токсической нагрузки проведен биомониторинг. Проанализирован уровень хронической заболеваемости детей в организованных коллективах, приведены результаты специального обследования детей (включающего осмотр педиатра и невролога). Выполнено математическое моделирование с использованием метода «Дерева решений».

Результаты. Установлено превышение среднеобластного уровня хронической заболеваемости детей в организованных коллективах по 9 классам болезней. По результатам углубленного обследования в структуре основного диагноза лидируют болезни: кожи и подкожной клетчатки; органов дыхания; крови и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм; пищеварительной системы. При оценке неврологического статуса выявлены: резидуальная церебральная органическая недостаточность, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, церебральный паралич. При оценке данных биомониторинга в группе детей с вышеперечисленными отклонениями обнаружено повышенное содержание свинца, мышьяка и кадмия в биосредах. Результаты математического моделирования свидетельствуют о статистически достоверных взаимосвязях между содержанием свинца, кадмия, мышьяка в объектах окружающей среды, данными биомониторинга и результатами клинико-лабораторного обследования детей (уровнем аланинаминотрансферазы, цинка, общего белка, фагоцитарного индекса и носителя маркера апоптоза CD95+).

Выводы. Результаты биомониторинга ассоциируются с данными о хронической заболеваемости детей в организованных коллективах. Установлен уровень токсической нагрузки, при превышении которого могут возникать отклонения клинико-лабораторных показателей от референтных значений. Полученные результаты могут быть использованы при реализации медико-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: кадмий, свинец, мышьяк, биомониторинг, хроническая заболеваемость.

Для цитирования: Кадникова Е.П. Оценка состояния здоровья детей, проживающих в условиях воздействия токсической нагрузки в городах с развитой цветной металлургией Свердловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 67–76. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76>

Сведения об авторе:

✉ Кадникова Екатерина Петровна – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга, e-mail: mail@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6967-1633>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, подготовку рукописи.

Соблюдение этических стандартов: работа одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России (протокол № 5 от 15 декабря 2017 г.).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Благодарности. Автор выражает благодарность Кузьмину Сергею Владимировичу, д.м.н., профессору, директору ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; Гурвичу Владимиру Борисовичу, д.м.н., научному руководителю ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; Кацнельсону Борису Александровичу, д.м.н., профессору, научному консультанту ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; Малых Ольге Леонидовне, к.м.н., научному сотруднику лаборатории социально-гигиенического мониторинга и управления рисками ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; Плотниковой Инге Альбертовне, д.м.н., доценту кафедры детских болезней лечебно-профилактического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России за консультативную помощь в проведении исследования и интерпретации результатов.

Статья получена: 22.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликована: 30.09.22

Assessment of the Health Status of Children Exposed to Industrial Toxicants in the Towns with Developed Non-Ferrous Metallurgy of the Sverdlovsk Region

Ekaterina P. Kadnikova

Sverdlovsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

Summary

Introduction: In the Sverdlovsk Region, the risks posed by cadmium, arsenic and lead exposures account for higher disease rates in the most sensitive groups of population. Recent studies have shown that these toxicants have an effect on mineral metabolism, damage to liver cells, kidneys, immunity indicators, and the nervous system.

Objective: To assess the levels of cadmium, lead and arsenic in biological fluids of preschool children aged 3–6 years, living in towns with developed non-ferrous metallurgy, and possible changes in the health status at the detected level of toxicity.

Materials and methods: The study was conducted in six towns of the Sverdlovsk Region with developed non-ferrous metallurgy. Environmental pollution in the study areas was assessed based on data of socio-hygienic monitoring. Biological

monitoring was carried out to establish the levels of toxicants in blood and urine of children. A descriptive analysis of chronic morbidity in preschool children was performed, and the results of a special health examination of children (including that by a pediatrician and a neurologist) were presented. Mathematical modeling using decision trees was carried out.

Results: Health monitoring data indicate an excess of the average regional prevalence rates in the studied preschoolers in nine disease categories. According to the results of an in-depth examination of the preschool children, diseases of the skin and subcutaneous tissue, diseases of the respiratory system, blood diseases and individual disorders involving the immune mechanism, and digestive diseases prevailed. Among concomitant diseases, the most prevalent were diseases of the digestive, nervous, and respiratory systems. Assessment of the neurological status showed that the largest percentage of children had residual cerebral insufficiency, attention deficit hyperactivity disorder, and cerebrastenic syndrome. Biomonitoring results indicated a higher level of lead, arsenic and cadmium in the biological fluids of those children. Mathematical modeling demonstrated statistically significant correlations between lead, cadmium, and arsenic concentrations in environmental objects, biomonitoring results, and clinical and laboratory examination data of children (the blood levels of alanine aminotransferase, zinc, total protein, phagocytic index, and the carrier of the marker of apoptosis CD95+).

Conclusions: The results of biological monitoring were consistent with data on chronic morbidity in preschool children. Modeling data provided the body burden of toxicants, above which deviations of clinical and laboratory parameters from the reference values may occur. The findings can be used in implementation of targeted measures for disease prevention.

Keywords: cadmium, lead, arsenic, biomonitoring, chronic diseases.

For citation: Kadnikova EP. Assessment of the health status of children exposed to industrial toxicants in the towns with developed non-ferrous metallurgy of the Sverdlovsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):67-76. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76>

Author information:

✉ Ekaterina P. Kadnikova, Head of the Department of Socio-Hygienic Monitoring; e-mail: mail@66.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6967-1633>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: Study approval was provided by the Local Ethics Committee of the Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health (Minutes No. 5 of December 15, 2017).

Funding: The author received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Acknowledgements: The author would like to express her sincere gratitude to Prof. Sergey V. Kuzmin, Director of F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene; Dr. Vladimir B. Gurvich, Scientific Director of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Prof. Boris A. Katsnelson, Scientific Advisor of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Olga L. Malykh, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Laboratory of Socio-Hygienic Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; and Dr. Inga A. Plotnikova, Assoc. Prof., Department of Childhood Diseases, Faculty of Preventive Medicine of the Ural State Medical University, for their valuable advisory assistance in conducting the study and interpreting the results.

Received: August 22, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. В соответствии с результатами социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области на протяжении многих лет комплексная химическая нагрузка занимает лидирующее положение среди всех факторов, оказывающих влияние на уровень болезней органов дыхания, врожденных аномалий, болезней костно-мышечной системы, болезней крови и кровеносных органов, злокачественных новообразований и прочих нозологий не только взрослого, но и детского населения.

По результатам ранжирования уровня прогнозируемых многосредовых рисков, обусловленных воздействием загрязнений объектов среды обитания, в городах, прежде всего с развитой цветной металлургией, лидирует риск задержки психического развития детского населения (прогнозируется 5,3 случая на 1000 населения) и преждевременной смертности среди взрослых (прогнозируется 1,4 случая на 1000 населения) в связи с многосредовым свинцовым загрязнением; далее следует суммарный канцерогенный риск (основной вклад в риск для здоровья населения вносит мышьяк (523 случая онкологических заболеваний)), на третьем месте – риск возникновения нефропатий за всю жизнь населения в связи с многосредовым воздействием кадмия (139 468 случаев)¹.

По современным литературным данным, эти токсиканты оказывают выраженное влияние на минеральный обмен, и связано это, прежде всего, с особенностями их поглощения в организме: транспортные белки желудочно-кишечного тракта (DMT1, TRPV6, ZIP8, ZIP14), обладающие широкой субстратной специфичностью, позволяют транспортировать большинство двухвалентных

металлов (как макро-, микроэлементов, так и токсичных металлов) [1].

В соответствии с современными представлениями о метаболизме ксенобиотиков в реализации первой стадии – обезвреживание ксенобиотика и перевод его в форму, удобную для выведения из организма, – ключевую роль играют клетки печени с поэтапным прохождением нескольких фаз, таких как гидрокселирование, реакции конъюгации и синтеза. В результате данных процессов возможно повреждающее действие свинца, кадмия и мышьяка на клетки печени [2–4]. Во время второй стадии – выведение токсина из организма – связанные с белками токсиканты направляются в почки, оказывая токсическое воздействие на эпителиальные клетки канальцев и почечные клубочки с нарушениями фильтрационной способности и, как следствие, изменение белкового обмена, диуреза, обмена микроэлементов и т. д. [5–10].

Среди иммуноотропных эффектов токсикантов различают снижение функциональной активности иммунокомпетентных клеток, подавление окислительного метаболизма макрофагов, снижение митогениндуцированной и антителозависимой цитотоксичности, нарушение цитокинового баланса и антителогенеза, нарушение функционального состояния нейтрофильных лейкоцитов, нарушение фагоцитарной активности нейтрофилов [11, 12]. По данным Касохова Т.Б., вторичная иммунная недостаточность у детей, проживающих в регионе, загрязненном солями металлов, характеризуется выраженными сдвигами в интерферогенезе и фагоцитозе по сравнению с Т- или В-клеточными звеньями иммунитета (по степени чувствительности

¹ Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2021 году [Электронный ресурс]. Доступно по: https://www.66.rospotrebnadzor.ru/c/document_library/get_file?uuid=09130ea3-ab49-4c27-b4b6-06792a94c295&groupId=10156. Ссылка активна на: 09 сентября 2022.

интерфероновая система > фагоцитарная система > Т и В системы иммунитета)².

Анализ материалов научной литературы показывает, что нейротоксические механизмы воздействия свинца, кадмия и мышьяка обусловлены их проникновением в головной мозг в виде свободных ионов, в комплексе с низкомолекулярными лигандами либо при транспортировке катионными переносчиками DMТ1 и в последующем приводят к поведенческим и когнитивным расстройствам у детей [13–17].

Перечисленные неблагоприятные эффекты зависят от поглощенной дозы вещества, в связи с чем различные концентрации данных токсикантов в биологических средах организма формируют различные эффекты для здоровья, причем выраженность тех или иных сдвигов может и не манифестировать сразу же после воздействия, а проявить себя спустя значительный промежуток времени, характеризуя накопительный эффект воздействия на организм данных токсикантов³ [18].

Правильная и своевременная оценка состояния здоровья и токсической нагрузки этими токсикантами важна для организации последующих мероприятий по управлению рисками возникновения и развития отклонений в состоянии здоровья населения.

В соответствии с современной концепцией предиктивной, превентивной и персонализированной медицины⁴ развитие индивидуальных подходов к пациенту подразумевает использование биомаркеров (например, концентрации токсикантов в биосредах) с целью выявления предикторных изменений в состоянии организма для своевременной минимизации риска развития заболеваний, обусловленных химическим загрязнением среды обитания, и последующей разработки и применения соответствующих профилактических мер.

В связи с этим необходимо знать не только уровни приоритетных токсикантов в биосредах, наблюдаемых у детей, проживающих в условиях естественного содержания и антропогенного загрязнения среды обитания свинцом, кадмием и мышьяком, но и возможные предикторные ответы, возникающие в организме при установленном уровне токсической нагрузки.

Цель: оценить уровень содержания кадмия, свинца и мышьяка в биосредах, наблюдаемый у детей дошкольного возраста (3–6 лет), проживающих в городах с развитой цветной металлургией, и состояние здоровья при обнаруженном уровне токсической нагрузки.

Материалы и методы. Для проведения исследования выбраны 6 городов Свердловской области,

расположенных в зонах влияния крупных промышленных предприятий цветной металлургии, в которых в период с 2004 по 2020 год были организованы медико-профилактические мероприятия по управлению риском здоровью населения: городской округ (далее ГО) Первоуральск, ГО Краснотурьинск, ГО Красноуральск, ГО Ревда, ГО Верхняя Пышма, Кировградский ГО.

Объектом исследования являлись дети в возрасте 3–6 лет, проживающие на территории вышеуказанных городов и участвовавшие в реализации медико-профилактических мероприятий по управлению риском здоровью населения в период с 2004 по 2020 год. В выборку было включено 2026 детей, средний возраст которых составил $4,46 \pm 0,6$ года. Обязательным критерием для включения детей в систему медико-профилактических мероприятий по управлению риском здоровью населения было наличие добровольного информированного согласия родителей на проведение биомониторинга и лабораторного обследования, согласия на обработку персональных данных.

Оценка качества среды обитания (уровни загрязнения свинцом, кадмием и мышьяком атмосферного воздуха, почвы, питьевой воды) на территориях указанных городов была выполнена по данным информационного фонда социально-гигиенического мониторинга Свердловской области.

Биомониторинг токсической нагрузки выполнен в соответствии с пособием для врачей «Организация и проведение оценки содержания токсических элементов в биологических материалах» (утв. секцией «Гигиена» УС МЗ и СР РФ 15 декабря 2004 г., протокол № 6). Исследования биоматериалов проводили в соответствии с методическими указаниями^{5,6,7}.

Статистическая обработка результатов биомониторинга включала в себя расчет средних концентраций по всему массиву данных по городам с развитой цветной металлургией, медиану, асимметрию, стандартное отклонение, проверку характера распределения, ошибку средней величины; для установления взаимосвязей между концентрацией свинца, кадмия и мышьяка в моче от их уровней в крови были рассчитаны парные коэффициенты Пирсона.

В соответствии с данными информационного фонда социально-гигиенического мониторинга Свердловской области в 6 муниципальных образованиях выполнен расчет показателей структуры, уровня, темпы прироста/убыли хронической заболеваемости детей в организованных коллективах.

Для анализа состояния здоровья детей были использованы «Шаблоны электронных медицинских

² Касохов Т.Б. Вторичная иммунная и интерфероновая недостаточность у детей при экотопогенном воздействии свинца, кадмия, цинка: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М, 1999. Доступно по: <http://medical-diss.com/medicina/vtorichnaya-immunnaya-i-interferonovaya-nedostatochnost-u-detey-pri-ekopatogennom-vozdeystvii-svintsa-kadmiya-tsinka>. Ссылка активна на 9 сентября 2022 г.

³ Плотникова И.А. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды: дис. ... д-ра мед. наук. Екатеринбург, 2011. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/kompleksnyi-podkhod-k-otsenke-sostoyaniya-zdorovya-i-effektivnosti-reabilitatsionnykh-meropr>. Ссылка активна на 9 сентября 2022 г.

⁴ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 24 апреля 2018 г. № 186 «Об утверждении Концепции предиктивной, превентивной и персонализированной медицины».

⁵ МУК 4.1.1483–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой».

⁶ МУК 4.1.1482–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой».

⁷ МУК 4.1.1897–04 «Определение химических соединений в биологических средах».

документов в формате международного стандарта HL7 CDA Release 2 для системы мониторинга детей с экологически обусловленными заболеваниями для муниципальных детских лечебно-профилактических учреждений». Данное программное средство содержит результаты проведенного специального обследования детей, включавшего консультацию педиатра, невролога, клинико-лабораторное обследование (показатели красной крови (гемоглобин, эритроциты), биохимические показатели (глюкоза, АЛТ, АСТ, железосвязывающая способность сыворотки), макроэлементы (кальций, фосфор, цинк, медь), показатели клеточного иммунитета (CD-20,3,4,56,8,95 и их % содержание), фагоцитарный индекс, фагоцитарное число, показатели гуморального иммунитета (IgA, IgG, IgM))⁸.

Анализ взаимосвязей концентраций свинца, кадмия и мышьяка в объектах среды обитания, уровня токсической нагрузки (по данным биомониторинга) и состояния здоровья детей проведен методом «Дерева решений» (Decision Tree) с использованием критерия Манна – Уитни, алгоритма Conditional inference trees (реализация Ctree из пакета Party) для построения регрессионных деревьев решений ($p < 0,0050$).

Исследование проведено в рамках научно-исследовательской работы «Гигиеническая диагностика и оценка риска для здоровья населения», зарегистрированной ФГАНУ «Центр информационных технологий и систем органов исполнительной

власти», номер государственного учета НИОКТР АААА-А18-118041890074-7 от 18 апреля 2018 г. Работа одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России (протокол № 5 от 15 декабря 2017 г.).

Результаты. По данным социально-гигиенического мониторинга на территории городов с развитой цветной металлургией за период с 2004 по 2020 год большинство проб атмосферного воздуха и питьевой воды, исследованных на содержание свинца, кадмия и мышьяка, соответствовали гигиеническим нормативам. Удельный вес проб почвы, не соответствующий гигиеническим нормативам, в изучаемых муниципальных образованиях, составляет по свинцу 20,7 %, по кадмию – 13,0 %, по мышьяку – 10,5 %, в том числе проб почвы селитебных территорий по свинцу – 21,2 %, по кадмию – 7,4 %, по мышьяку – 4,2 %; на территории детских образовательных учреждений по свинцу – 36,3 %, по кадмию – 15,4 %, по мышьяку – 0,7 % [19].

Для оценки влияния на здоровье детей свинца, кадмия и мышьяка проведен биомониторинг токсической нагрузки в рамках действующей на территории Свердловской области системы медико-профилактических мероприятий управления риском для здоровья населения в унифицированных условиях обследования (табл. 1).

Для установления взаимосвязей между уровнем содержания свинца, кадмия и мышьяка

Таблица 1. Средние концентрации свинца, кадмия и мышьяка в крови и моче у детей, проживающих в городах с развитой цветной металлургией Свердловской области

Table 1. Mean blood and urinary levels of lead, cadmium and arsenic in children living in the towns with developed non-ferrous metallurgy of the Sverdlovsk Region

Городской округ / Town	Кровь (мкг/дл) / Blood (µg/dL) $M \pm m$	Моча (мг/л) / Urine (mg/L) $M \pm m$	Коэффициент корреляции Пирсона / Pearson correlation coefficient
Средняя концентрация мышьяка / Mean arsenic level			
Верхняя Пышма / Verkhnyaya Pyshma	0,2883 ± 0,0471	0,0255 ± 0,0037	0,0923*
Кировград / Kirovgrad	0,6067 ± 0,0937	0,0299 ± 0,0086	0,0571*
Красноуральск / Krasnouralsk	0,3627 ± 0,0159	0,0190 ± 0,0018	-0,0296
Первоуральск / Pervouralsk	0,5020 ± 0,0368	0,0255 ± 0,0018	0,0021*
Ревда / Revda	1,3520 ± 0,1514	0,0131 ± 0,0010	-0,0182
Ревда / Revda	0,4881 ± 0,0350	0,0190 ± 0,0013	0,0536*
Средняя концентрация кадмия / Mean cadmium level			
Верхняя Пышма / Verkhnyaya Pyshma	0,0187 ± 0,0050	0,0006 ± 0,0002	-0,0828*
Кировград / Kirovgrad	0,0505 ± 0,0097	0,0005 ± 0,0001	-0,0753*
Красноуральск / Krasnouralsk	0,0620 ± 0,0402	0,0004 ± 0,0001	-0,0175
Первоуральск / Pervouralsk	0,0540 ± 0,0051	0,0004 ± 0,0001	-0,0758*
Ревда / Revda	0,0148 ± 0,0018	0,0002 ± 0,00002	0,0385
Ревда / Revda	0,0421 ± 0,0112	0,0003 ± 0,0001	-0,0240*
Средняя концентрация свинца / Mean lead level			
Верхняя Пышма / Verkhnyaya Pyshma	2,8196 ± 0,1481	0,0053 ± 0,0008	0,1154*
Кировград / Kirovgrad	3,3728 ± 0,1662	0,0060 ± 0,0007	0,0020
Красноуральск / Krasnouralsk	2,5375 ± 0,0772	0,0060 ± 0,0004	0,0598*
Первоуральск / Pervouralsk	3,9362 ± 0,1057	0,0086 ± 0,0007	0,0285*
Ревда / Revda	3,5263 ± 0,1523	0,0313 ± 0,0034	0,0275
Ревда / Revda	3,5728 ± 0,1026	0,0072 ± 0,0005	0,0415*

Примечание: * – $p < 0,0050$.

Notes: * $p < 0,0050$.

⁸ Темнова О.В., Плотникова И.А., Вялухин С.Г. Шаблоны электронных медицинских документов в формате международного стандарта HL7 CDA Release 2 для системы мониторинга детей с экологически обусловленными заболеваниями для муниципальных детских лечебно-профилактических учреждений. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611586. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2013.

в объектах среды обитания и их концентрация-ми в биосредах было проведено математическое моделирование зависимостей «внешняя среда – маркер экспозиции». Предикторными переменными для такой математической модели были выбраны средние концентрации свинца, кадмия и мышьяка в объектах окружающей среды, а зависимыми переменными – маркеры экспозиции. Обнаружено, что содержание свинца в воде более 0,00014 мг/л, концентрация мышьяка в воздухе более 0,000002 мг/м³ и в воде более 0,0001 мг/л, кадмия в почве более 1,33 мг/кг и в воде более 0,00028 мг/л приводило к росту этих токсикантов в биосредах у детей в 1,4–6,9 раза [19].

В соответствии с современными представлениями о токсикокинетике и токсикодинамике к основным системам, которые наиболее подвержены воздействию изучаемых токсикантов, относятся: центральная нервная система, кроветворная, репродуктивная, гормональная, сердечно-сосудистая, иммунная, мочевыделительная системы, система органов дыхания, пищеварения [4, 18, 20–25]. Учитывая возможное разнообразие эффектов в организме человека, возникающих при поражении указанных критических органов и систем, в качестве установления вероятного воздействия на

популяционное здоровье детей в изучаемых городах от воздействия свинца, кадмия и мышьяка, а также из имеющейся информации в региональном информационном фонде социально-гигиенического мониторинга Свердловской области был проанализирован среднескользящий уровень и средние темпы прироста (убыли) хронической заболеваемости детей в организованных коллективах по основным классам болезней за период 2004–2020 гг. (табл. 2).

Полученные данные о среднескользящих уровнях хронической заболеваемости детей в организованных коллективах и ее средних темпах прироста/убыли свидетельствовали о достоверно высоких уровнях по сравнению со среднеобластными показателями по следующим классам: болезни крови и кроветворных органов, болезни кожи и подкожной клетчатки, врожденные аномалии развития, болезни системы кровообращения, болезни органов пищеварения, болезни мочеполовых органов, инфекционные и паразитарные болезни, психические расстройства, новообразования.

Обнаружены корреляционные зависимости между концентрацией свинца, кадмия и мышьяка в биосредах и уровнями хронической заболеваемости (уровень свинца в крови был взаимосвязан

Таблица 2. Среднескользящие уровни (на 1000 детей в возрасте 3–6 лет) и средние темпы прироста/убыли (%) хронической заболеваемости детей в организованных коллективах по классам болезней по 6 муниципальным образованиям Свердловской области в 2004–2020 гг.

Table 2. Average long-term (per 1,000 children aged 3–6 years) and change rates (%) of chronic morbidity in preschool children by disease categories in six towns of the Sverdlovsk Region, 2004–2020

Классы болезней / Disease categories	Средне-областной уровень (прирост/убыль) / Average regional rate (change rate)	Городской округ / Town					
		Верхняя Пышма / Verkhnyaya Pyshma	Красно-турьинск / Krasnoturyinsk	Первоуральск / Pervouralsk	Ревда / Revda	Красноуральск / Krasnouralsk	Кировград / Kirovgrad
Болезни крови и кроветворных органов / Diseases of the blood and hematopoietic organs	13,8 ± 0,56 (+1,52 %)	3,2 ± 0,63 (-9,17 %)	25,28 ± 2,35 (+9,28 %)**	8,88 ± 0,61 (+1,93 %)**	10,33 ± 1,1 (+8,74 %)**	16,63 ± 1,66 (-0,14 %)	34,09 ± 50* (+18,49 %)**
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	26,45 ± 1,48 (-3,94 %)	21,16 ± 2,56 (-9,69 %)	34,75 ± 5,16* (-12,65 %)	19,17 ± 1,07 (-3,44 %)	38,26 ± 3,96* (-6,29 %)	30,7 ± 4,41 (-2,28 %)	25,74 ± 1,63 (-0,89 %)
Врожденные аномалии развития / Congenital malformations	12,75 ± 0,32 (+1,93 %)	13,31 ± 1,48 (+1,27 %)	16,2 ± 1,71* (-12,30 %)	5,65 ± 0,4 (+0,43 %)	12,22 ± 1,19 (-2,66 %)	9,38 ± 0,79 (+0,53 %)	16,2 ± 3,01 (+9,68 %)**
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	7,17 ± 0,44 (+5,21 %)	3,33 ± 0,43 (+5,52 %)**	15,16 ± 3,47* (+10,56 %)**	10,18 ± 1,24* (-7,81 %)	6,2 ± 1,08 (+14,33 %)**	2,53 ± 0,56 (+1,65 %)	3,56 ± 0,58 (+0,59 %)
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	39,08 ± 1,98 (-1,42 %)	21,12 ± 2,72 (-14,57 %)	33,82 ± 4,99 (-7,05 %)	40,13 ± 4,74 (+5,78 %)	37,73 ± 3,24 (-4,59 %)	33,02 ± 3,87 (-4,36 %)	41,47 ± 3,16 (+5,50 %)
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	43,72 ± 1,99 (+0,38 %)	13,82 ± 1,95 (-11,23 %)	45,41 ± 11,88* (+9,25 %)**	20,9 ± 2,27 (+3,84 %)**	62,09 ± 7,06* (-6,82 %)	28,07 ± 3,69 (+4,67 %)**	17,41 ± 1,97 (+1,62 %)**
Болезни мочеполовых органов / Diseases of the genitourinary organs	29,06 ± 1,18 (-3,02 %)	28,26 ± 4,26 (-10,18 %)	21,24 ± 1,74 (+3,22 %)**	19,45 ± 1,69 (-7,50 %)	44,49 ± 2,39* (-2,84 %)	16,77 ± 2,6 (+2,95 %)**	42,16 ± 3,41* (+8,23 %)**
Инфекционные и паразитарные болезни / Infectious and parasitic diseases	13,64 ± 0,91 (-0,27 %)	6,17 ± 1,25 (-0,27 %)	9,09 ± 1,77 (-10,23 %)	12,94 ± 2 (+9,50 %)**	9,86 ± 1,53 (-5,25 %)	30,11 ± 5,39* (+2,78 %)**	2,43 ± 1,44 (+0,04 %)
Болезни эндокринной системы / Diseases of the endocrine system	17,1 ± 2,32 (+4,67 %)	13,21 ± 1,37 (+0,13 %)	29,05 ± 10,44 (+12,51 %)**	11,66 ± 1,22 (+5,81 %)**	12,79 ± 1,97 (+11,82 %)**	10,44 ± 2,27 (+18,54 %)**	10,14 ± 2,01 (+22,85 %)**
Психические расстройства / Mental disorders	14,46 ± 1,34 (-6,55 %)	14,32 ± 1,79 (-10,33 %)	3,64 ± 0,47 (-3,17 %)	8,98 ± 1,27 (-12,46 %)	10,52 ± 2,08 (+0,27 %)**	17,13 ± 2,93* (-4,81 %)	11,41 ± 1,49 (+0,55 %)**
Новообразования / Neoplasms	3,41 ± 0,14 (+3,37 %)	1,78 ± 0,22 (-6,83 %)	2,02 ± 0,33 (+0,25 %)**	4,10 ± 0,46* (-9,24 %)	1,63 ± 0,27 (+10,97 %)**	1,02 ± 0,37 (+31,33 %)**	0,41 ± 0,09 (-0,05 %)
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	103,37 ± 1,86 (+0,69 %)	60,91 ± 9,36 (-16,93 %)	21,32 ± 5,69 (-6,40 %)	43,49 ± 4,9 (+7,58 %)**	25,08 ± 2,74 (+2,62 %)**	63,41 ± 10,64 (-3,63 %)	26,36 ± 4,91 (+8,21 %)**

Примечание: * – жирным курсивом выделены уровни хронической заболеваемости, которые достоверно выше среднеобластных показателей ($p < 0,05$ по критерию Манна – Уитни), ** – жирным шрифтом выделены средние темпы прироста, превышающие среднеобластное значение.

Notes: * Prevalence rates exceeding the regional averages are in bold italics ($p < 0.05$, Mann-Whitney U-test); ** Average growth rates exceeding the regional averages ($p < 0.05$) are in bold.

с уровнем психических расстройств ($r = 0,34$, $p < 0,05$), кадмия в моче – с уровнями болезней органов дыхания ($r = 0,35$, $p < 0,05$), органов пищеварения ($r = 0,48$, $p < 0,05$), кожи и подкожной клетчатки ($r = 0,41$, $p < 0,05$).

В соответствии с установленными унифицированными медицинскими критериями отбора дети из группы риска развития заболеваний, связанных с высоким уровнем химического загрязнения среды обитания (аллергодерматозы, бронхообструкция, бронхиальная астма, хронический тонзиллит, круглогодичный ринит, аллергический риносинусит, поллинозы, нарушения обмена обменно-конституционного характера, а также группа часто и длительно болеющих детей), и имеющие наибольший уровень токсической нагрузки были направлены на специальное обследование, организованное и проведенное на базе отделения восстановительного лечения ГБУЗ СО «Областная детская клиническая больница № 1» (озеро Балтым). По полученным результатам осмотра детей 3–6 лет педиатром в структуре основного диагноза лидируют болезни кожи и подкожной клетчатки (49,91 %), из которых преобладают аллергический дерматит (23,9–42 %), атопический дерматит (18,83–36,46 %); далее следуют болезни органов дыхания (26,49 %), заболевания крови и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм (15,04 %), затем – заболевания пищеварительной (6,05 %). В структуре сопутствующего диагноза первое место занимают болезни органов пищеварения (78,3 %), второе место – болезни нервной системы (62,8 %) и болезни органов дыхания (61,9 %). При оценке неврологических симптомов неврологом установлено, что из осмотренных детей 20,87 % имеют резидуальную церебральную недостаточность, 7,80 % – синдром дефицита внимания с гиперактивностью, 2,75 % – церебрастенический синдром, 9,63 % – синдром вегетативной дистонии, 6,10 % – минимальную мозговую дисфункцию, 2,44 % – синдром дефицита внимания, 2,44 % – гипертензионно-гидроцефальный синдром.

Объекты исследования (дети с 3–6 лет) были разделены на группы по критерию наличия либо отсутствия основного или сопутствующего диагнозов и неврологических симптомов, установленных по данным осмотра педиатра и невролога. Тест Вилкоксона для независимых выборок показал

различия мышьяка и кадмия в крови детей в группах: с неуточненным иммунодефицитом и хроническими болезнями миндалин и аденоидов уровень мышьяка в крови выше на 65,7 и 1,3 % соответственно, по сравнению с группой детей, у которых отсутствовали данные патологии в основном или сопутствующем диагнозе; у детей с неуточненной энцефалопатией и другими уточненными поражениями головного мозга уровень кадмия в крови выше на 118,4 и 76,9 % соответственно; у детей с наличием других уточненных болезней желчного пузыря уровень мышьяка, кадмия и свинца в крови выше на 4,8; 68,3 и 17,3 % соответственно.

В группе детей с наличием указанных в табл. 3 неврологических симптомов концентрации кадмия, свинца и мышьяка были незначительно выше, чем у детей без них.

Для описания возможных изменений в состоянии здоровья при обнаруженном уровне токсической нагрузки использовано математическое моделирование – в качестве независимой переменной использовали концентрации свинца, кадмия и мышьяка в крови и моче. Зависимой переменной являлись результаты клинико-лабораторных показателей – показатели красной крови (гемоглобин, эритроциты), биохимические показатели (глюкоза, АЛТ, АСТ, железосвязывающая способность сыворотки), макроэлементы (кальций, фосфор, цинк, медь), показатели клеточного иммунитета (CD-20,3,4,5,6,8,9,5 и их процентное содержание), фагоцитарный индекс, фагоцитарное число, показатели гуморального иммунитета (IgA, IgG, IgM).

По результатам биомониторинга объекты исследования разделены на группы по уровню содержания каждого из металлов в крови и моче (табл. 4).

Для указанных групп исследованы зависимости между показателями в крови и моче с помощью регрессионных деревьев решений. С помощью обобщенных линейных моделей построены соответствующие уравнения регрессии:

$$\text{Клинический показатель крови/мочи} = b \text{ (значение клинико-лабораторных показателей)} + a * \text{(группы по металлам)}.$$

Для выявления тенденций влияния изменения концентрации (Pb, Cd и As) на нормальные

Таблица 3. Концентрация кадмия, свинца и мышьяка в крови у детей с наличием/отсутствием неврологических симптомов
Table 3. Blood cadmium, lead and arsenic levels in children with/without neurological symptoms

Неврологические симптомы / Neurological symptoms	Наличие (+) / отсутствие (-) симптома / Symptom presence (+) / absence (-)	Концентрация мышьяка в крови (мкг/дл) / Blood arsenic level (µg/dL)	P	Концентрация кадмия в крови (мкг/дл) / Blood cadmium level (µg/dL)	P
Резидуальная церебральная органическая недостаточность / Residual cerebral circulation insufficiency	+	0,536 ± 0,018	< 0,0001	0,055 ± 0,010	< 0,0001
	-	0,445 ± 0,018		0,045 ± 0,009	
Синдром дефицита внимания с гиперактивностью / Attention deficit hyperactivity disorder	+	0,459 ± 0,038	< 0,0050	0,054 ± 0,019	< 0,0044
	-	0,454 ± 0,017		0,046 ± 0,008	
Церебрастенический синдром / Cerebral asthenic syndrome	+	0,465 ± 0,035	< 0,0026	0,070 ± 0,039	< 0,0011
	-	0,454 ± 0,017		0,046 ± 0,008	
Неврологические симптомы / Neurological symptoms	Наличие (+) / отсутствие (-) симптома / Symptom presence (+) / absence (-)	Концентрация мышьяка в крови (мкг/дл) / Blood arsenic level (µg/dL)	P	Концентрация свинца в крови (мкг/дл) / Blood lead level (µg/dL)	P
Синдром вегетативной дистонии / Neurovegetative dystonia	+	0,499 ± 0,070	< 0,0001	3,336 ± 0,050	< 0,0001
	-	0,451 ± 0,017		2,593 ± 0,151	

Таблица 4. Описание групп токсикантов (Pb, Cd и As) в биосредах и результаты математического моделирования

Table 4. Description of groups of toxicants (Pb, Cd and As) in biological fluids and results of mathematical modeling

Модельные значения (концентрации) токсикантов в биосредах / Model concentrations of toxicants in body fluids	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	Группа 4 / Group 4
	$Pb/Cd/As < (M^* - \sigma^{**})$	$(M - \sigma) < Pb/Cd/As \leq (M)$	$(M) \leq Pb/Cd/As < (M + \sigma)$	$Pb/Cd/As > (M + \sigma)$
Свинец в крови (мкг/дл) / Blood lead (µg/dL)	$Pb < 1,2353$	$1,2353 < Pb < 2,153$	$2,153 < Pb < 5,726$	$Pb > 5,726$
Свинец в моче (мг/л) / Urine lead (mg/L)	$Pb < 0,0005$	$0,0005 < Pb < 0,0029$	$0,0029 < Pb < 0,0164$	$Pb > 0,0164$
Мышьяк в крови (мкг/дл) / Blood arsenic (µg/dL)	$As < 0,0675$	$0,0675 < As < 0,2266$	$0,2266 < As < 0,7603$	$As > 0,7603$
Мышьяк в моче (мг/л) / Urine arsenic (mg/L)	$As < 0,0026$	$0,0026 < As < 0,0101$	$0,0101 < As < 0,0397$	$As > 0,0397$
Кадмий в крови (мкг/дл) / Blood cadmium (µg/dL)	–	$Cd < 0,0165$	$0,0165 < Cd < 0,0445$	$Cd > 0,0445$
Кадмий в моче (мг/л) / Urine cadmium (mg/L)	–	$Cd < 0,0002$	$0,0002 < Cd < 0,0015$	$Cd > 0,0015$

Примечание: *M – средняя концентрация в группе; **σ – стандартное отклонение.

Notes: *M – mean group concentration; **σ – standard deviation.

показатели клинических исследований из группы параметров *b* (значение клинико-лабораторных показателей) первоначально были исключены отклоняющиеся от нормы значения.

В качестве примера обнаруженных зависимостей приведем результаты моделирования «концентрация мышьяка в крови» – «уровень аланинаминотрансферазы (далее – АЛТ)» (рис. 1). Уровень АЛТ у наблюдаемой группы детей находился в пределах физиологической нормы – 0,2347 (норма АЛТ в крови 0,1–0,68 ммоль/л). Если концентрация мышьяка в крови относилась к третьей группе ($0,2266 < As < 0,7603$, средняя концентрация $0,4419 \pm 0,0049$ мкг/дл в данной группе) и четвертой группе ($> 0,7603$, средняя концентрация $1,6962 \pm 0,08945$ мкг/дл в данной группе), то концентрация АЛТ была выше физиологических значений и составляла в модели 1,0936 ммоль/л. Если концентрация мышьяка в

крови в пределах 1-й группы ($< 0,0675$, средняя концентрация в данной группе $0,0486 \pm 0,00033$ мкг/дл) и 2-й группы ($0,0675 < As < 0,2266$, средняя концентрация в данной группе $0,1594 \pm 0,0027$ мкг/дл), то уровень АЛТ был в пределах физиологической нормы: значение в модели – 0,2347 ммоль/л. Таким образом, при концентрации мышьяка в крови более 0,2266 ммоль/л может наблюдаться рост АЛТ выше физиологической нормы.

По предложенному методу «Деревья решений» (Decision Tree) было проанализировано влияние различных концентраций свинца, кадмия и мышьяка на лабораторные показатели – показатели красной крови (гемоглобин, эритроциты), биохимические показатели (глюкоза, АЛТ, АСТ, железосвязывающая способность сыворотки), макроэлементы (кальций, фосфор, цинк, медь), показатели клеточного иммунитета (CD-20,3,4,5,6,8,95 и их процентное содержание), фагоцитарный индекс,

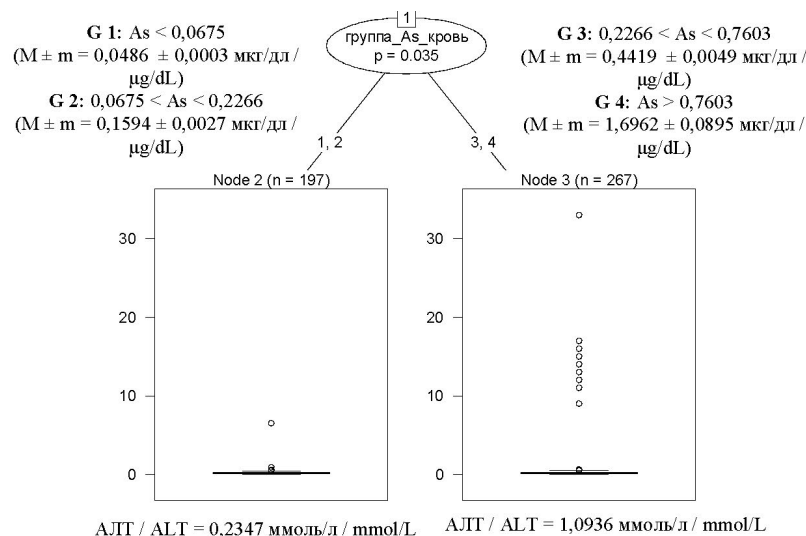


Рисунок. Пример использования статистического анализа методом регрессионных деревьев решений – результаты математического моделирования «концентрация мышьяка в крови – уровень АЛТ в крови»

Figure. An example of using a decision tree regression: results of “blood arsenic level – ALT” mathematical modeling

Примечание: G – группа; m – средняя концентрация; АЛТ – аланинаминотрансфераза; As – мышьяк; группа 1: уровень металла < (среднее – стандартное отклонение для данного металла); группа 2: (среднее – стандартное отклонение для данного металла) < уровень металла ≤ (среднее для данного металла); группа 3: (среднее для данного металла) ≤ уровень металла < (среднее + стандартное отклонение для данного металла); группа 4: уровень металла > (среднее + стандартное отклонение для данного металла).

Notes: G, group; m, mean concentration; ALT, alanine aminotransferase; As, arsenic; Group 1: metal level <(mean – standard deviation for the metal); Group 2: (mean – standard deviation for the metal) < metal level ≤ (mean for the metal); Group 3: (mean for the metal) ≤ metal level < (mean + standard deviation for the metal); Group 4: metal level > (mean + standard deviation for the metal).

фагоцитарное число, показатели гуморального иммунитета (IgA, IgG, IgM).

Полученные результаты математического моделирования (концентрация свинца, кадмия и мышьяка, уровень фермента АЛТ крови) отражают влияние токсикантов на печеночные клетки. Обнаружена связь между содержанием фермента АЛТ и уровнем мышьяка в крови и моче. Концентрация мышьяка в крови менее 0,2266 мкг/л и в моче менее 0,0101 мг/л была взаимосвязана с содержанием АЛТ в крови в пределах референтного уровня – 0,1–0,68 ммоль/л⁹ (значение АЛТ, полученное в моделях, – 0,2347 ммоль/л и 0,2148 ммоль/л соответственно). При концентрации кадмия в крови менее 0,0165 мкг/дл и в моче – менее 0,0015 мг/л содержание АЛТ в крови – 0,5279 ммоль/л и 0,2873 ммоль/л соответственно. В соответствии с полученными данными наиболее выраженное неблагоприятное действие на печеночные клетки оказывает свинец. Даже самая низкая концентрация свинца в моче (< 0,0005 мг/л) была связана с увеличением АЛТ до 0,769 ед/л.

По данным математического моделирования установлена связь между концентрацией свинца, кадмия и мышьяка в биосредах и содержанием цинка. Концентрация кадмия в крови менее 0,0165 мкг/дл была взаимосвязана с уровнем цинка в крови 364,047 мкг/дл (рекомендуемый уровень цинка в крови 362,13–383,33 ± 31,69 мкг/дл¹⁰). Рост концентрации кадмия в крови до 0,0165 < Cd < 0,0445 был связан с уменьшением концентрации цинка до 283,135 мкг/дл. Концентрация кадмия в моче менее 0,0002 мг/л связана с уровнем цинка 0,4216 мг/л (физиологический уровень цинка в моче составляет 0,27–0,85 мг/л)⁹. Увеличение уровня кадмия в моче до 0,0002 < Cd < 0,0015 мг/л связано с ростом элиминации цинка до 0,8913 мг/л. Обнаружено, что уровень свинца в концентрации менее 0,0005 мг/л в моче связан с референтным уровнем цинка в моче 0,4616 мг/л⁹.

Обнаружено влияние кадмия на белковый обмен: при увеличении его концентрации в моче более 0,0015 мг/л концентрация мочевины принимала значения ниже принятых референтных уровней 4,3–7,3 ммоль/л⁹ (значение мочевины в модели – 4,1494 ммоль/л). Концентрация кадмия в моче, которая была взаимосвязана с референтными значениями мочевины в крови (в модели – 4,5842 ммоль/л), составляет менее 0,0015 мг/л.

Установлена связь между концентрацией свинца в крови и величиной фагоцитарного индекса. При концентрации свинца в крови 7,8506 ± 0,1474 мкг/дл величина фагоцитарного индекса составляет 20,443 %, при концентрации свинца менее 1,2353 мкг/дл взаимосвязана со значением фагоцитарного индекса 35,845 % (референтный уровень фагоцитарного индекса составляет 31–60 %)⁹.

Носитель маркера апоптоза CD95+ при концентрации свинца в моче в пределах 0,0005 < Pb < 0,029 мг/л выше физиологических значений 50–280 мм³ 10 (в модели 314,05 мм³). Концентрация свинца в моче, которая была вза-

имосвязана с физиологическим уровнем CD95 в крови, составляет менее 0,0005 мг/л.

Математические модели, построенные по другим клинико-лабораторным показателям (глюкоза, билирубин общий, холестерин, удельный вес мочи, эпителий в моче, фосфор, эритроциты, гемоглобин, железосвязывающая способность сыворотки, скорость оседания эритроцитов, CD8, CD4, CD56, CD95, количество лейкоцитов, эозинофилы, фагоцитарное число, моноциты, тромбоциты), не показали отклонений от референтных значений при изменении концентрации свинца, кадмия и мышьяка в биосредах, но свидетельствовали о дозозависимых тенденциях.

Наименьшие уровни токсикантов, связанные с референтными значениями клинико-лабораторных показателей, составляют:

мышьяк < 0,2266 мкг/дл в крови, < 0,0101 мг/л в моче;

кадмий < 0,0165 мкг/дл в крови, < 0,0002 мг/л в моче;

свинец < 1,2353 мкг/дл в крови, < 0,0005 мг/л в моче.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне хронической заболеваемости детей в организованных коллективах и ее существенном приросте за шестнадцатилетний период в городах с развитой цветной металлургией. Обнаруженные уровни токсической нагрузки по данным биомониторинга ассоциируются с данными хронической заболеваемости детей в организованных коллективах и выявленными отклонениями в показателях здоровья по данным специального обследования. Повышенные уровни свинца в крови в ГО Красноуральск находят свое отражение в превышении среднеобластного показателя заболеваемости психическими расстройствами, свинца в моче в Первоуральском ГО – болезнями системы кровообращения, кадмия в моче в ГО Ревда – болезнями мочеполовых органов, кадмия в крови в ГО Красноуральск – болезнями системы кровообращения, мышьяка в крови в Первоуральском ГО – новообразованиями.

Результаты математического моделирования подтверждают влияние токсической нагрузки на показатели гомеостаза и находят свое отражение в исследованиях других авторов. Обнаруженная связь концентрации свинца, кадмия и мышьяка с уровнем трансаминаз иллюстрирует влияние токсикантов на печеночные клетки.

По данным литературы установлено, что рассматриваемые химические вещества оказывают повреждающее действие на печень, вызывая ее дисфункцию [26]. Полученные данные о статистически значимых зависимостях кадмия и свинца с уровнем цинка свидетельствуют о конкурентных взаимоотношениях между ними как на этапе всасывания в желудочно-кишечном тракте, так и при связывании с лигандами. Полученные зависимости также отражают вероятное влияние кадмия на проницаемость проксимальных канальцев почек ионов цинка [3, 7, 9, 10, 22–24]. Влияние на систему фагоцитоза, как одного из возможных механизмов элиминации токсикантов

⁹ Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 800 с.

¹⁰ Плотникова И.А. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды: дис. ... д-ра мед. наук. Екатеринбург; 2011. Доступно по: <https://www.disscat.com/content/kompleksnyi-podkhod-k-otsenke-sostoyaniya-zdorovya-i-effektivnosti-reabilitatsionnykh-meropr>. Ссылка активна на 9 сентября 2022 г.

из организма, также показано в ряде исследований¹¹ [13].

Из полученных результатов математического моделирования нами были выбраны наименьшие концентрации данных элементов с целью минимизации возможного риска здоровью.

Полученные нами в ходе математического моделирования данные не претендуют на исчерпывающую характеристику патогенетических механизмов развития отклонений, характерных для специфического воздействия данных химических веществ. Однако превышение наименьших уровней токсикантов, связанных с нормальными значениями клинико-лабораторных показателей, может быть использовано в качестве дополнительного критерия при формировании групп риска среди детского населения, подверженного воздействию химической нагрузки среды обитания, для проведения адресных медико-профилактических и оздоровительных мероприятий.

Выполненное исследование еще раз подтверждает необходимость проведения анализа состояния биомаркеров с целью предотвращения наступления заболевания или ранней доклинической минимизации его проявления.

Выводы

1. Установленные по данным биомониторинга уровни токсической нагрузки ассоциируются с данными о хронической заболеваемости детей в организованных коллективах, обусловленной химическим загрязнением среды обитания.

2. Выявленные статистически значимые зависимости в построенных математических моделях методом «Деревья решений» (Decision Tree) свидетельствуют о возможном конкурентном взаимоотношении свинца, кадмия и мышьяка и возможном влиянии их различных концентраций в биосредах на отклонение аланинаминотрансферазы, цинка, общего белка, фагоцитарного индекса и носителя маркера апоптоза CD95+ от референтных уровней.

3. Полученные в ходе исследования результаты показали, что наблюдаемые отклонения в состоянии здоровья детей с изменениями клинико-лабораторных показателей, по данным специального обследования в ГО Первоуральск, ГО Красноуральск, Кировградский ГО и ГО Краснотурьинск, сопоставимы с уровнями токсической нагрузки у детей и позволяют использовать данные биомониторинга в качестве критериев выбора и формирования групп повышенного риска среди детского населения, подверженного воздействию химической нагрузки среды обитания, для адресного проведения медико-профилактических и оздоровительных технологий и оценки их эффективности.

Список литературы

1. Fujishiro H, Hamao S, Tanaka R, Kambe T, Himeno S. Concentration-dependent roles of DMT1 and ZIP14 in cadmium absorption in Caco-2 cells. *J Toxicol Sci.* 2017;42(5):559–567. doi: 10.2131/jts.42.559
2. Сахаутдинова Р.Р., Клинова С.В., Грибова Ю.В. Цитоморфологические показатели мазков-отпечатков органов лабораторных животных как дополнительный метод оценки токсичного влияния солей тяжелых металлов в эксперименте // Медицина труда и

промышленная экология. 2020. Т. 60. № 11. С. 860–862. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-860-862

3. Клинова С.В., Минигалиева И.А., Кацнельсон Б.А. и др. Общетокическое и кардиовазотоксическое действие наночастиц оксида кадмия // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 12. С. 1346–1352. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1346-1352
4. Титов Е.А., Якимова Н.Л., Новиков М.А. Альтерация ткани головного мозга и печени белых крыс при свинцовой интоксикации в динамике эксперимента // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 10. С. 976–978. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-976-978
5. Jain RB. Cadmium and kidney function: Concentrations, variabilities, and associations across various stages of glomerular function. *Environ Pollut.* 2020;256:113361. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113361
6. Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Пустовалова О.В., Пескова Е.В. Влияние повышенного содержания мышьяка в питьевой воде на изменения биохимических показателей негативных эффектов у детей, проживающих на территории природной геохимической провинции // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 8. С. 834–840. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840
7. Бузоева М.Р., Ахполова В.О. Сочетанное действие цинка и кадмия на функциональное состояние почек, перекисное окисление липидов и обмен кальция в опытах на крысах // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. № 6. С. 127–133. doi: 10.24411/2075-4094-2019-16559
8. Jain RB. Lead and kidney: Concentrations, variabilities, and associations across the various stages of glomerular function. *J Trace Elem Med Biol.* 2019;54:36–43. doi: 10.1016/j.jtemb.2019.03.007
9. Harari F, Sallsten G, Christensson A, et al. Blood lead levels and decreased kidney function in a population-based cohort. *Am J Kidney Dis.* 2018;72(3):381–389. doi: 10.1053/j.ajkd.2018.02.358
10. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The effects of cadmium toxicity. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782
11. Агзамова Г.С., Абдуллаева М.М. Иммунологические механизмы хронических поражений печени при воздействии химических веществ // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 536–537. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-536-537
12. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Чашин В.П., Гудков А.Б. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) // Экология человека. 2019. № 9. С. 4–14. doi: 10.33396/1728-0869-2019-9-4-14
13. Neal AP, Guilarte TR. Mechanisms of lead and manganese neurotoxicity. *Toxicol Res (Camb).* 2013;2(2):99–114. doi: 10.1039/C2TX20064C
14. Ma C, Iwai-Shimada M, Nakayama SF, et al. Japan Environment Children's Study Group. Association of prenatal exposure to cadmium with neurodevelopment in children at 2 years of age: The Japan Environment and Children's Study. *Environ Int.* 2021;156:106762. doi: 10.1016/j.envint.2021.106762
15. Sharma A, Kumar S. Arsenic exposure with reference to neurological impairment: An overview. *Rev Environ Health.* 2019;34(4):403–414. doi: 10.1515/reveh-2019-0052
16. de Paula Arrifano G, Crespo-Lopez ME, Lopes-Araújo A, et al. Neurotoxicity and the global worst pollutants: Astroglial involvement in arsenic, lead, and mercury intoxication. *Neurochem Res.* 2022. doi: 10.1007/s11064-022-03725-7. Epub ahead of print.
17. Cai QL, Peng DJ, Lin-Zhao, et al. Impact of lead exposure on thyroid status and IQ performance among school-age children living nearby a lead–zinc mine in China. *Neurotoxicology.* 2021;82:177–185. doi: 10.1016/j.neuro.2020.10.010
18. Землянова М.А., Пережогин А.Н., Кольдибекова Ю.В. Тенденции состояния здоровья детского населения и их связь с основными аэрогенными факторами риска в условиях специфического загрязнения атмосферного

¹¹ Касохов Т.Б. Вторичная иммунная и интерфероновая недостаточность у детей при экотоксическом воздействии свинца, кадмия, цинка: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М., 1999. Доступно по: <http://medical-diss.com/medicina/vtorichnaya-immunnaya-i-interferonovaya-nedostatochnost-u-detey-pri-ekopatogenno-vozdeystvii-svintsa-kadmia-tsinka>. Ссылка активна на 9 сентября 2022 г.

- воздуха предприятиями металлургического и деревообрабатывающего профиля // Анализ риска здоровью. 2020. № 4. С. 46–53. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.05
19. Кадникова Е.П. Химическое загрязнение среды обитания и состояние здоровья детей дошкольного возраста, по данным социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 2 (311). С. 9–14. doi: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-9-14
 20. Delgado CF, Ullery MA, Jordan M, Duclos C, Rajagopalan S, Scott K. Lead exposure and developmental disabilities in preschool-aged children. *J Public Health Manag Pract.* 2018;24(2):e10-e17. doi: 10.1097/PHH.0000000000000556
 21. Wu Y, Lou J, Sun X, *et al.* Linking elevated blood lead level in urban school-aged children with bioaccessible lead in neighborhood soil. *Environ Pollut.* 2020;261:114093. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114093
 22. Jain RB. Cadmium and kidney function: Concentrations, variabilities, and associations across various stages of glomerular function. *Environ Pollut.* 2020;256:113361. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113361
 23. Wang M, Chen Z, Song W, Hong D, Huang L, Li Y. A review on cadmium exposure in the population and intervention strategies against cadmium toxicity. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2021;106(1):65-74. doi: 10.1007/s00128-020-03088-1
 24. Hong H, Xu Y, Xu J, *et al.* Cadmium exposure impairs pancreatic β -cell function and exaggerates diabetes by disrupting lipid metabolism. *Environ Int.* 2021;149:106406. doi: 10.1016/j.envint.2021.106406
 25. Smeester L, Fry RC. Long-term health effects and underlying biological mechanisms of developmental exposure to arsenic. *Curr Environ Health Rep.* 2018;5(1):134-144. doi: 10.1007/s40572-018-0184-1
 26. Ахполова В.О., Брин В.Б. Современные представления о кинетике и патогенезе токсического воздействия тяжелых металлов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2020. Т. 27. № 1. С. 55–61. doi: 10.24411/1609-2163-2020-16578
- ### References
1. Fujishiro H, Hamao S, Tanaka R, Kambe T, Himeno S. Concentration-dependent roles of DMT1 and ZIP14 in cadmium absorption in Caco-2 cells. *J Toxicol Sci.* 2017;42(5):559-567. doi: 10.2131/jts.42.559
 2. Sakhautdinova RR, Klinova SV, Gribova YuV. Cytomorphological indicators of smears-prints of organs of laboratory animals as an additional method for assessing the toxic effect of heavy metal salts in the experiment. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2020;60(11):860-862. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-860-862
 3. Klinova SV, Minigalieva IA, Katsnelson BA, *et al.* General toxic and cardiovascular toxic impact of cadmium oxide nanoparticles. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(12):1346-1352. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1346-1352
 4. Titov EA, Yakimova NL, Novikov MA. Alteration of the brain and liver tissue of albino rats with lead intoxication in the dynamics of the experiment. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(10):976-978. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-976-978
 5. Jain RB. Cadmium and kidney function: Concentrations, variabilities, and associations across various stages of glomerular function. *Environ Pollut.* 2020;256:113361. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113361
 6. Koldibekova JuV, Zemlyanova MA, Pustovalova OV, Peskova EV. Negative impacts exerted by elevated arsenic concentrations in drinking water on biochemical parameters in children living in a specific geochemical province. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(8):834-840. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840
 7. Buzoeva MR, Akhpolova VO. Combined action of zinc and cadmium on the functional state of the kidneys, lipid peroxidation and calcium exchange in experiments on rats. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy, eEdition.* 2019;(6):127-133. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2019-16559
 8. Jain RB. Lead and kidney: Concentrations, variabilities, and associations across the various stages of glomerular function. *J Trace Elem Med Biol.* 2019;54:36-43. doi: 10.1016/j.jtemb.2019.03.007
 9. Harari F, Sallsten G, Christensson A, *et al.* Blood lead levels and decreased kidney function in a population-based cohort. *Am J Kidney Dis.* 2018;72(3):381-389. doi: 10.1053/j.ajkd.2018.02.358
 10. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The effects of cadmium toxicity. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782
 11. Agzamova GS, Abdullaeva MM. Immunological mechanisms of chronic liver lesions under the influence of chemicals. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(9):536-537. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-536-537
 12. Zaitseva NV, Zemlyanova MA, Chashchin VP, Gudkov AB. Scientific principles of use of biomarkers in medico-ecological studies (review). *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2019;(9):4-14. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-9-4-14
 13. Neal AP, Guilarte TR. Mechanisms of lead and manganese neurotoxicity. *Toxicol Res (Camb).* 2013;2(2):99-114. doi: 10.1039/C2TX20064C
 14. Ma C, Iwai-Shimada M, Nakayama SF, *et al.* Japan Environment Children's Study Group. Association of prenatal exposure to cadmium with neurodevelopment in children at 2 years of age: The Japan Environment and Children's Study. *Environ Int.* 2021;156:106762. doi: 10.1016/j.envint.2021.106762
 15. Sharma A, Kumar S. Arsenic exposure with reference to neurological impairment: An overview. *Rev Environ Health.* 2019;34(4):403-414. doi: 10.1515/reveh-2019-0052
 16. de Paula Arrifano G, Crespo-Lopez ME, Lopes-Araujo A, *et al.* Neurotoxicity and the global worst pollutants: Astroglial involvement in arsenic, lead, and mercury intoxication. *Neurochem Res.* 2022. doi: 10.1007/s11064-022-03725-7. Epub ahead of print.
 17. Cai QL, Peng DJ, Lin-Zhao, *et al.* Impact of lead exposure on thyroid status and IQ performance among school-age children living nearby a lead-zinc mine in China. *Neurotoxicology.* 2021;82:177-185. doi: 10.1016/j.neuro.2020.10.010
 18. Zemlyanova MA, Perezhugin AN, Koldibekova YuV. Trends detected in children's health and their relation with basic aerogenic risk factors under exposure to specific ambient air contamination caused by metallurgical and wood-processing enterprises. *Health Risk Analysis.* 2020;(4):46-53. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.4.05
 19. Kadnikova EP. Chemical contamination of the environment and health status of preschool children based on socio-hygienic monitoring data. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(2(311)):9-14. doi: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-9-14
 20. Delgado CF, Ullery MA, Jordan M, Duclos C, Rajagopalan S, Scott K. Lead exposure and developmental disabilities in preschool-aged children. *J Public Health Manag Pract.* 2018;24(2):e10-e17. doi: 10.1097/PHH.0000000000000556
 21. Wu Y, Lou J, Sun X, *et al.* Linking elevated blood lead level in urban school-aged children with bioaccessible lead in neighborhood soil. *Environ Pollut.* 2020;261:114093. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114093
 22. Jain RB. Cadmium and kidney function: Concentrations, variabilities, and associations across various stages of glomerular function. *Environ Pollut.* 2020;256:113361. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113361
 23. Wang M, Chen Z, Song W, Hong D, Huang L, Li Y. A review on cadmium exposure in the population and intervention strategies against cadmium toxicity. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2021;106(1):65-74. doi: 10.1007/s00128-020-03088-1
 24. Hong H, Xu Y, Xu J, *et al.* Cadmium exposure impairs pancreatic β -cell function and exaggerates diabetes by disrupting lipid metabolism. *Environ Int.* 2021;149:106406. doi: 10.1016/j.envint.2021.106406
 25. Smeester L, Fry RC. Long-term health effects and underlying biological mechanisms of developmental exposure to arsenic. *Curr Environ Health Rep.* 2018;5(1):134-144. doi: 10.1007/s40572-018-0184-1
 26. Akhpolova VO, Brin VB. Actual concepts of heavy metals' kinetics and pathogenesis of toxicity. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2020;27(1):55-61. (In Russ.) doi: 10.24411/1609-2163-2020-16578



Признаки фенотипических изменений у детей, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды

Т.В. Мажаева^{1,2,3}, С.Э. Дубенко¹, Т.Н. Штин¹, С.В. Ярушин¹, С.А. Чеботарькова⁴

¹ ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ул. 8 Марта / Народной Воли, д. 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

⁴ Нижнетагильский филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», ул. Октябрьской революции, д. 86, г. Нижний Тагил, 622036, Российская Федерация

Резюме

Введение. Экологическая эпигенетика играет важную роль в формировании фенотипа заболеваний.

Цель исследования: выявление признаков фенотипических изменений у детей, проживающих в условиях повышенного химического загрязнения окружающей среды г. Нижнего Тагила.

Методы исследования. Поисковое исследование проведено в специализированном дошкольном учреждении для детей с различными аллергическими заболеваниями в г. Нижний Тагил. На первом этапе для определения фенотипических признаков воздействия окружающей среды были использованы данные клинических диагнозов, анамнеза и внешнего осмотра ребенка, результаты анкетирования родителей о наличии аллергических заболеваний. У детей определена массовая концентрация металлов в крови, маркер свинцовой интоксикации, общий IgE.

Результаты исследований. По данным клинических диагнозов у детей преобладал аллергический дерматит (91,2 %), в 97,7 % отмечалась пищевая непереносимость, реакция на домашнюю пыль наблюдалась почти у каждого пятого ребенка. Фенотипические проявления пищевой непереносимости свидетельствовали о преобладании кожного фенотипа аллергии. Каждый третий ребенок имел симптомы нарушений психоэмоциональной сферы. У 83,1 % родителей наблюдался положительный аллергостатус, преимущественно с кожными проявлениями. Выявлено превышение концентраций свинца, никеля, кобальта, кадмия в крови у детей от 23,6 до 240 %. Синдром хронической ксеногенной интоксикации установлен в 57,3 % случаев, синдром сенсibilизации к низким дозам химических агентов – у 41,6 % детей. Дефицит массы имел почти каждый четвертый ребенок, который ассоциирован с концентрацией кадмия в крови.

Заключение. Результаты наших исследований подтверждают немногочисленные литературные данные о влиянии тяжелых металлов на развитие астмы, экземы и пищевой аллергии у детей, а также снижение ростовесовых показателей. Исследования признаков фенотипических изменений на группе детей, уже имеющих аллергические заболевания и подвергающихся воздействию неблагоприятных условий окружающей среды, вероятно, свидетельствуют о влиянии тяжелых металлов на снижение иммунного статуса, проявление эпигенетических механизмов формирования фенотипа аллергии, которые могут привести к трансгенерационному наследованию.

Ключевые слова: фенотип, экспозиция к металлам, аллергии, маркеры интоксикации тяжелыми металлами, экологическая эпигенетика.

Для цитирования: Мажаева Т.В., Дубенко С.Э., Штин Т.Н., Ярушин С.В., Чеботарькова С.А. Признаки фенотипических изменений у детей, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 77–83. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-77-83>

Сведения об авторе:

✉ **Мажаева** Татьяна Васильевна – к.м.н., заведующий отделом гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; доцент кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет Минздрава России»; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

Дубенко Светлана Эдуардовна – к.м.н., врач-диетолог отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: dubenko@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8008-6024>.

Штин Татьяна Николаевна – заведующий отделом физико-химических методов исследования ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: shtintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Ярушин Сергей Владимирович – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией социально-гигиенического мониторинга ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: sergey@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8215-9944>.

Чеботарькова Светлана Александровна – к.м.н., доцент, врач по общей гигиене отдела социально-гигиенического мониторинга Нижнетагильского филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области»; e-mail: titulas@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8271-9742>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Мажаева Т.В.*; сбор данных: *Дубенко С.Э.*; *Чеботарькова С.А.*, *Ярушина С.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Мажаева Т.В.*, *Ярушина С.В.*, *Дубенко С.Э.*, *Штин Т.Н.*; обзор литературы: *Мажаева Т.В.*, *Дубенко С.Э.*; подготовка проекта рукописи: *Мажаева Т.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: на проведение исследования было получено разрешение локального этического комитета Федерального бюджетного учреждения науки «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (№ 5 от 27 декабря 2021 г.), родители дали письменное добровольное информированное согласие на обследование детей.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 12.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликована: 30.09.22

Signs of Phenotypic Changes in Children Constantly Exposed to Elevated Environmental Levels of Chemical Pollutants in the City of Nizhny Tagil

Tatyana V. Mazhaeva,^{1,2,3} Svetlana E. Dubenko,¹ Tatyana N. Shtin,¹
Sergey V. Yarushin,¹ Svetlana A. Chebotarkova⁴

¹ Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

² Ural State University of Economics, 62 8th March Street/45 Narodnaya Volya Street, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

³ Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

⁴ Nizhny Tagil Branch Office of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, 86 October Revolution Street, Nizhny Tagil, 622036, Russian Federation

Summary

Background: Environmental epigenetics plays an important role in developing a phenotype of diseases.

Objective: To identify signs of phenotypic changes in children constantly exposed to high environmental levels of chemical pollutants in the city of Nizhny Tagil.

Materials and methods: The study was conducted in a specialized kindergarten for children suffering from different allergic diseases in the city of Nizhny Tagil. To detect phenotypic signs of environmental exposure, we used data on clinical diagnoses, medical history, and pediatric physical examination, as well as the results of a parent survey on allergies. We then measured blood and urinary levels of some metals and total IgE as a marker of lead poisoning in children.

Results: According to clinical diagnoses, food intolerance was noted in 97.7 % of the children, 91.2 % suffered from allergic dermatitis, and almost 20 % were allergic to house dust. Phenotypic manifestations of food intolerance testified to the predominance of its skin phenotype. Every third child had symptoms of psychological disorders. The questionnaire-based survey revealed a positive allergic status in 83.1 % of the parents, mainly with skin manifestations. High blood levels of lead, nickel, cobalt, and cadmium exceeding the safe level by 23.6–240 % were observed in the study population. The syndrome of chronic xenogenic intoxication was established in 57.3 % of cases and the syndrome of sensitization to low doses of chemicals – in 41.6 % of them. Almost 25 % of the children were underweight, which was associated with their blood cadmium levels.

Conclusions: Our findings confirm the few literature data on such health effects of heavy metals in children as asthma, eczema and food allergies, as well as low body weight and height. Studies of the signs of phenotypic changes in the group of children suffering from allergies and exposed to environmental hazards are most likely to indicate the adverse impact of heavy metals on the immune system, manifestations of epigenetic mechanisms forming the allergy phenotype, which can potentially lead to transgenerational inheritance.

Keywords: phenotype, metal exposure, allergies, markers of heavy metal poisoning, environmental epigenetics.

For citation: Mazhaeva TV, Dubenko SE, Shtin TN, Yarushin SV, Chebotarkova SA. Signs of phenotypic changes in children constantly exposed to elevated environmental levels of chemical pollutants in the city of Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):77–83. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-77-83>

Author information:

✉ Tatyana V. **Mazhaeva**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Assoc. Prof., Department of Food Technology, Ural State University of Economics; Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: mazhaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.
Svetlana E. **Dubenko**, Cand. Sci. (Med.), nutritionist, Department of Nutrition Hygiene, Food Quality and Safety, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: dubenko@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8008-6024>.

Tatyana N. **Shtin**, Head of the Department of Physicochemical Methods of Research, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: shtiintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Sergey V. **Yarushin**, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Public Health Monitoring, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: sergeyy@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8215-9944>.

Svetlana A. **Chebotarkova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., hygienist, Department of Public Health Monitoring, Nizhny Tagil Branch Office of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region; e-mail: titulas@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8271-9742>.

Author contributions: study conception and design: *Mazhaeva T.V.*; data collection: *Dubenko S.E., Chebotarkova S.A.*; analysis and interpretation of results: *Mazhaeva T.V., Dubenko S.E., Shtin T.N.*; literature review: *Mazhaeva T.V., Dubenko S.E.*; draft manuscript preparation: *Mazhaeva T.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee (Minutes No. 5 of December 27, 2021); a written informed consent to participate was obtained from the parents.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 12, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. В последнее время все чаще публикуются данные о том, что наследование фенотипических признаков может происходить не через генетические факторы, а через эпигенетические механизмы, вызванные воздействием окружающей среды на родителей в детстве через трансгенерационное наследование, которое объясняет повышенную восприимчивость детей к экотоксикантам и способствует развитию заболеваний [1, 2]. То есть действие неблагоприятных факторов окружающей среды вызывает установление специфических эпигенетических паттернов в течение ключевых периодов развития, которые влияют на фенотипические вариации и в некоторых случаях приводят к болезненным состояниям [3].

В условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды в крупных промышленных городах Свердловской области постоянно проживает и работает около 78 % населения и рождается более 40 тысяч детей, которые в детстве подвергаются влиянию высоких концентраций экотоксикантов [4, 5], способных вызывать воспалительные, сенсibiliзирующие, цитотоксические, генотоксические, мутагенные и канцерогенные эффекты [6–8].

Как многофакторный характер генетического наследия, так и постоянные изменения окружающей среды затрудняют идентификацию причинно-следственных связей. До сих пор геномные подходы не смогли объяснить патогенез или рост

аллергических заболеваний, и все больше внимания уделяется эпигенетическим изменениям, играющим большую роль в определении фенотипа, чем последовательность генома, которая не изменилась в течение этого периода [9].

Цель исследования: выявление признаков фенотипических изменений у детей, находящихся под воздействием повышенного химического загрязнения окружающей среды промышленного города Нижнего Тагила.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2021 году в г. Нижнем Тагиле, являющемся промышленным центром Свердловской области, в котором приоритетными загрязнителями среды обитания являются 33 вещества, в том числе металлы-аллергены с наибольшим вкладом в формирование риска здоровью [10]. Для исследования было выбрано специализированное дошкольное образовательное учреждение (ДОУ), которое посещают дети из районов города с различными химическими нагрузками и уровнем риска для здоровья. В исследовании были включены все дети, родители которых дали добровольное информированное согласие на обследование детей (всего 89 детей, из них 66,7 % мальчиков и 33,2 % девочек, средний возраст $4,7 \pm 1,1$ года). Распределение детей по их месту жительства в зависимости от степени загрязнения окружающей среды было неравномерным: только 20,2 % детей проживали в «условно грязных» и 79,8 % в «условно чистых» зонах. К «условно грязным» были отнесены зоны по индексу опасности со значениями от 12,0 до 27,5, однако необходимо отметить, что вся территория г. Нижнего Тагила является экологически неблагополучной [11]. Все дети имели подтвержденные различные аллергические заболевания, в том числе сенсibilизацию к пищевым продуктам. На исследование было получено разрешение локального этического комитета (ФБУН ЕМНЦ ЛОЗРПП Роспотребнадзора от 27 декабря 2021 г., № 5).

Фенотипические проявления аллергии у детей характеризуются неоднородностью и могут иметь многофакторный патогенез заболевания (генетические и эпигенетические факторы, вызванные окружающей средой) [12]. Для выявления наиболее распространенных фенотипических признаков аллергии у выбранной группы детей г. Нижнего Тагила на первом этапе нами было проведено анкетирование родителей по опроснику, содержащему вопросы о перенесенных и имеющихся у них аллергических заболеваниях и проявлениях. Из медицинских карт детей была проведена выкопировка данных о заболеваниях и установленных диагнозах. Все дети были осмотрены педиатром и аллергологом-иммунологом (д.м.н. С.В. Брезгина), собран анамнез с помощью унифицированной анкеты для родителей. Общий иммуноглобулин (IgE) исследовался в крови методом иммуноферментного анализа с использованием планшетного иммуноферментного ридера Multiskan EX. Оценка морфофункционального статуса проведена по ростовесовым показателям¹.

Определение химической нагрузки на организм детей осуществлялось путем качественной (сканирующей) и количественной оценки содержания металлов в крови детей. Массовая концентрация в крови детей 16 металлов (Pb, As, Cr, Ni, Cd, Cu, Zn, Al, V, Mn, Co, Hg, Se, Fe, Ca, Mg) исследована методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Полученные концентрации сравнивались с референтными значениями (при наличии) или со средними концентрациями, при которых обнаружены минимальные нарушения в здоровье детей² [5]. В качестве маркера ответа на интоксикацию свинцом и другими токсическими веществами определялась дельта-аминолевулиновая кислота (Δ -АЛК) спектрофотометрическим методом с реактивом Эрлиха.

Для статистической обработки данных использован пакет Microsoft Excel и программа IBM SPSS Statistics 20. Анализ независимых и связанных выборок проведен с использованием непараметрического метода Манна – Уитни. χ^2 Пирсона использовался для сравнения различий между категориальными переменными. Связь между параметрами считалась значимой при уровне $p < 0,05$. Анализ парных корреляционных связей для переменных проведен с помощью корреляции Пирсона.

Результаты. Анализ клинических диагнозов, по поводу которых наблюдаются дети ДОУ, показал, что у них преобладал аллергический дерматит (91,2 %), у каждого четвертого ребенка диагностирован аллергический ринит. Воспалительные заболевания со стороны бронхолегочной системы выявлены у каждого пятого ребенка, рецидивирующая герпетическая инфекция – в 14,6 % случаев, бронхиальная астма – 12,4 %. Медицинские данные в пользу гастроинтестинального синдрома отсутствовали, таким образом, у детей преобладал кожный и респираторный фенотип аллергии [13, 14].

По данным из медицинских карт на 1 ребенка в среднем приходилось 2,1 диагноза (максимально – 5), при этом 87 из 89 детей имели пищевую непереносимость (от 1 до 29 продуктов), в основном яйца – у 68,9 % детей, молочных продуктов – у 57,5 %, хлеба – у 66,0 %, картофеля – у 39,8 %, рыбы – у 28,2 %. Кроме пищевой непереносимости имела реакция на шерсть животных, пыльцу и плесень – половина детей, а на домашнюю пыль реагировал почти каждый пятый (см. табл. 1).

Одна треть детей (32,6 %) имела сенсibilизацию к двум аллергенам, а 6,7 % – к четырем.

Уровень IgE у детей варьировал от 0,67 до 1295 МЕ/мл и в среднем был 288,3 МЕ/мл, что выше референсных значений в 5,8 раза. Процент детей с повышенным уровнем IgE составил 63,4 %. Из 18 детей, проживающих в «условно грязных» зонах, 15 человек, или 83 %, имели повышенные уровни IgE (средний уровень составил 368,0 МЕ/мл), в группе детей, проживающих в «условно чистых» зонах, средний уровень IgE составил 273,5 МЕ/мл и был повышен у 57 % детей.

Для оценки фенотипических проявлений пищевой непереносимости родителям было предложено

¹ Основы здоровья детей и подростков: руководство для врачей. Часть I. Комплексная оценка здоровья детей и подростков Екатеринбург: УГМУ, 2017. 126 с.

² Плотникова И.А. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды: дис. ... канд. мед. наук. На правах рукописи. – Екатеринбург, 2011. <https://www.disscat.com/content/kompleksnyi-podkhod-k-otsenke-sostoyaniya-zdorovya-i-effektivnosti-reabilitatsionnykh-meropriyatiy>

Таблица 1. Доля детей с аллергией на непищевые факторы, %
Table 1. The proportion of children suffering from non-food allergies, %

Аллергены / Allergens	Доля детей с аллергией на непищевые факторы, % / The proportion of children suffering from non-food allergies	
	по данным врача / according to the pediatrician	по данным анкетирования родителей / according to the parent survey
Шерсть животных / Pets	58,4	31,2
Пыльцевая аллергия / Pollen	52,8	21,5
Плесень / Mold	49,4	14,0
Домашняя пыль / House dust	23,6	30,1

отметить, какие симптомы появляются у детей, если в рационе питания присутствуют продукты, вызывающие аллергическую реакцию. Чаще всего родители наблюдали сухость и высыпания на коже (в 50,5 и 33,3 % наблюдений соответственно), кожный зуд – у 29 %. Со стороны слизистых глаз и рта симптомы проявлялись редко.

По данным внешнего осмотра у 47,2 % детей наблюдались кожные проявления (сухость, высыпания), в основном локализованные. Симптомы со стороны верхних/нижних дыхательных путей (ринит, фарингит, кашель) выявлены у 18,0 % детей. Жалобы на вздутие живота были всего у 14,6 % детей. Бледность кожных покровов отмечена у 19,1 % детей, а периорбитальный цианоз – у 15,7 %. Таким образом по результатам дополнительного осмотра педиатром у детей преобладал кожный фенотип аллергии.

По результатам опроса родителей выявлено, что более половины (57,3 %) детей болеют ежеквартально, у каждого третьего ребенка (24,7 %) наблюдаются симптомы эмоциональных нарушений (плаксивость, ранимость), у каждого десятого ребенка – тревожность, рассеянность, агрессивность, плохое настроение, а также нарушение сна, что требует дополнительных обследований и наблюдения у невролога [15].

Оценка наследственной предрасположенности к аллергии показала, что хотя бы один из родителей имел положительный аллергостатус в 83,1 %

семей. Кожные проявления присутствовали у 62,9 % родителей, реакция со стороны лор-органов и легочной системы – у 57,3 %, в т. ч. бронхиальная астма – у 20,2 %, пищевая непереносимость – у 53,9 % родителей.

Результаты оценки экспозиции к металлам у обследованных детей свидетельствуют, что концентрация свинца в крови превышает средние по региону значения, при которых отклонения в состоянии здоровья детей минимальны на 23,6 %, максимальный уровень достигал 122 мкг/дл, а значение кадмия было превышено в 2,4 раза (табл. 2).

Содержание металлов-аллергенов – никеля, кобальта – превысило минимальные значения в 5,2 и в 10 раз соответственно. Медиана содержания металлов в крови у детей из «условно грязной» зоны была выше, чем в «условно чистых», по цинку на 9,2 %, марганцу на 9,8 %, свинцу на 150,0 %, кобальту на 166,7 %, никелю на 177 %, однако из-за неравномерного распределения групп достоверность различий между группами не выявлена ($p > 0,5$).

Средняя концентрация свинца в моче у детей составляла 0,036 мг/дм³, что превышало фоновые значения Свердловской области в 6 раз, кадмия – в 3,3 раза. Свинец в моче был обнаружен у 68,5 % детей, кадмий – у 10,1 %, массовая концентрация цинка не соответствовала референсным значениям у 10,1 %. Результаты исследования по содержанию металлов в моче у детей представлены в табл. 3.

Таблица 2. Концентрация металлов в крови у детей г. Нижнего Тагила, 2021 год
Table 2. Mean blood levels of metals in children of Nizhny Tagil in the year 2021

Металлы в крови / Metals in blood	Условно безопасный уровень*, мкг/дл / Presumably safe level, µg/dL	Среднее содержание, мкг/дл / Mean level, mg/dm ³ $M \pm m$
Кадмий / Cadmium	0,023–0,046	0,11 ± 0,10
Кобальт / Cobalt	0,05–0,25	0,50 ± 0,30
Никель / Nickel	0,14–0,42	0,73 ± 0,20
Свинец / Lead	2,04–2,71	3,35 ± 1,40
Марганец / Manganese	0,70–1,50	1,37 ± 0,30
Цинк / Zinc	362,13–415,02	314,70 ± 17,20
Селен / Selenium	7,50–20,00	14,20 ± 0,80
Медь / Copper	85,65–105,03	69,20 ± 3,40
Хром / Chromium	0,81–1,99	0,86 ± 0,20
Алюминий / Aluminum	< 150,00	64,1 ± 14,10
Мышьяк / Arsenic	1,12–1,36	0,39 ± 0,10
Ртуть / Mercury	< 1,00	0,16 ± 0,10
Ванадий / Vanadium	0,0015–0,100	0,01 ± 0,00

Примечание: * – средняя концентрация металла в крови, при которой отклонения в состоянии здоровья детей минимальны³.

Notes: *p – the blood level of a metal, at which deviations in the health status of children are minimal.

³ Плотникова И.А. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды: дис. ... канд. мед. наук. На правах рукописи. – Екатеринбург, 2011. <https://www.disscat.com/content/kompleksnyi-podkhod-k-otsenke-sostoyaniya-zdorovya-i-effektivnosti-reabilitatsionnykh-meropriyatiy>

Таблица 3. Среднее содержание металлов в моче у детей г. Нижнего Тагила

Table 3. Mean urinary levels of heavy metals in children of Nizhny Tagil

Металлы в моче / Metals in urine	Фоновый уровень, мг/дм ³ / Background level, mg/dm ³	Среднее содержание, мг/дм ³ / Mean level, mg/dm ³ <i>M ± m</i>
Цинк / Zinc	0,2–1 (референсные значения / reference values)	0,446 ± 0,020
Марганец / Manganese	0,00382	0,00191 ± 0,00010
Свинец / Lead	0,00600	0,03612 ± 0,00500
Кадмий / Cadmium	0,00004	0,00013 ± 0,00002

Концентрация свинца в моче выше фоновых по Свердловской области обнаружена у 24,7 % детей, никеля – у 23,6 %, кадмия – у 22,5 %, кобальта – у 21,3 %.

Маркер свинцовой интоксикации Δ -АЛК в моче был повышен у 7,9 % (на 2,3–67,4 % от нормы) детей, что также свидетельствует о ксеногенной интоксикации. Предполагается, что ингибирование дельта дегидратации аминолевулиновой кислоты начинается при таких низких значениях свинца в крови, как 5 мкг/дл. При более высоких концентрациях свинца в крови (16 мкг/дл) ингибирование фермента достигает 50 %, и 90 % инактивации достигается при концентрации Pb 55 мкг/дл. В результате накопления дельта-аминолевулиновой кислоты в плазме она выделяется с мочой. Поскольку этот фермент в норме присутствует в больших количествах, ингибирование его активности может проходить незамеченными [16].

В зависимости от структуры патологии и уровня тяжелых металлов в крови по отношению к норме либо в моче по отношению к фоновым концентрациям, степень воздействия тяжелых металлов на организм оценивалась у детей в соответствии с классификацией Ю.Е. Вельтищева⁴. Синдром хронической ксеногенной интоксикации установлен в 57,3 % случаев, синдром сенсбилизации к низким дозам химических агентов – у 41,6 % детей.

Оценка морфофункционального статуса по данным ростовесовых характеристик показала, что 66,7 % детей имеют нормальное соотношение массы и роста. Дефицит массы имел почти каждый четвертый ребенок, в т. ч. выраженный дефицит – 5,7 %. Повышенную массу – каждый десятый, избыточная масса тела наблюдалась редко (в 1,1 % наблюдений). Данные корреляционного анализа свидетельствуют о сильной обратной связи концентрации кадмия в крови с массой тела ребенка ($r = -0,91$; $p < 0,05$). В более ранних отечественных и китайских научных исследованиях была показана отрицательная корреляция свинца с ростом и весом у детей [17, 18].

Обсуждение. Как отмечается в литературных источниках, большинство тяжелых металлов являются высокотоксичными и последствия влияния тяжелых металлов для здоровья детей являются более серьезными по сравнению со взрослыми. Вредные последствия тяжелых металлов для здоровья детей включают умственную отсталость, нейрокогнитивные расстройства, поведенческие расстройства, респираторные проблемы, рак и сердечно-сосудистые заболевания [19]. Однако в литературе недостаточно отражено влияние

тяжелых металлов на развитие атопических заболеваний. Наши результаты подтверждают многочисленные литературные данные о влиянии тяжелых металлов на развитие астмы, экземы и пищевой аллергии у детей [20]. Вероятно, в результате постоянного воздействия (от поколения к поколению) неблагоприятных факторов окружающей среды на жителей г. Нижнего Тагила в их организме может изменяться и эпигеном, который способен привести к трансгенерационному наследованию экологически измененных фенотипов и заболеваний [3]. В настоящее время имеются убедительные доказательства того, что воздействие окружающей среды в раннем возрасте играет ключевую роль в активации или замалчивании генов путем изменения метилирования ДНК, изменяя экспрессию генов и определяя фенотип и восприимчивость к заболеванию. Есть доказательства того, что ряд ранних воздействий окружающей среды связан с повышенным риском аллергических заболеваний. Несколько новых исследований показывают, что внутриутробное микробное и диетическое воздействие может модифицировать экспрессию генов и склонность к аллергическим заболеваниям посредством эпигенетической модификации [9].

По данным литературных источников, высокая распространенность бронхиальной астмы и атопического дерматита отмечается в наиболее урбанизированных, промышленных территориях России, в том числе в Уральском федеральном округе, а низкий уровень – в Южном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Наибольшая корреляция частоты аллергической патологии была с уровнем загрязнения воздуха у больных бронхиальной астмой, аллергическим ринитом и атопическим дерматитом. Загрязненность воды была ассоциирована с частотой атопического дерматита и в меньшей степени – с частотой бронхиальной астмы [21].

По литературным данным, атопический дерматит (АД) является распространенным заболеванием, поражающим как детей, так и взрослых, и развивается из сложного взаимодействия между экологическими, генетическими, иммунологическими и биохимическими факторами. АД может проявляться с различными клиническими фенотипами. Классически АД делят на внутреннюю и внешнюю форму, которые клинически идентичны, но первая не имеет высокого уровня специфического IgE и не связана с дыхательной атопией [22]. Внешне АД проявляется аллергией на белок и пищевую аллергию, но внутренняя АД свидетельствует об аллергии на металлы, возможно, в связи с недостаточностью супрабина.

⁴ Румянцев, А.Г. Клиническая иммуногематология / А.Г. Румянцев // Иммунология и иммунопатология детского возраста. М., 1996. С. 281–317.

Внешний атопический дерматит является основным подтипом с нарушением кожного барьера (высокая частота мутаций филаггрина) [22].

В настоящей публикации мы хотели обозначить роль трансгенерационного наследования экологически измененных фенотипов и в дальнейшем развить гипотезу о возможной связи установленного фенотипа заболеваний (бронхиальной астмы, атопического дерматита) у детей, проживающих в г. Нижнем Тагиле, с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, в том числе кобальтом, никелем, хромом, и возможным наследованием признаков от родителей, проживающих в городе с рождения. Для обоснования данного предположения необходимы дальнейшие эпидемиологические исследования.

Заключение. Исследования, проведенные в группе детей, страдающих заболеваниями аллергической природы, проживающих в экологически неблагоприятном городе, указывают на возможное участие тяжелых металлов в формировании эпигенетически обусловленных фенотипических проявлений данной патологии, а именно: в нарушении иммунного статуса, развитии атопического дерматита, пищевой непереносимости и дефицита массы тела, которые могут привести к трансгенерационному наследованию. Трансгенерационное наследование фенотипических признаков подлечит дальнейшему изучению, для которого мы планируем включить контрольную группу детей и взрослых, проживающих в благоприятных условиях окружающей среды, а также расширить спектр молекулярно-генетических исследований, маркеров эпигенетических изменений иммунной системы (метилирование промотора гена IFN- γ ,) полиморфизма генов.

Список литературы

1. Толкунова К.М., Могушая Е.В., Ротарь О.П. Трансгенерационное наследование: современные подходы к поиску причин заболеваний // Артериальная гипертензия. 2021. Т. 27. № 2. С. 122–132. doi: 10.18705/1607-419X-2021-27-2-122-132
2. Skinner MK. Environmental epigenetics and a unified theory of the molecular aspects of evolution: A neo-Lamarckian concept that facilitates neo-Darwinian evolution. *Genome Biol Evol.* 2015;7(5):1296-1302. doi: 10.1093/gbe/evv073
3. Guerrero-Bosagna C, Skinner MK. Environmentally induced epigenetic transgenerational inheritance of phenotype and disease. *Mol Cell Endocrinol.* 2012;354(1-2):3-8. doi: 10.1016/j.mce.2011.10.004
4. Малых О.Л. Применение биомониторинга в системе социально-гигиенического мониторинга для оценки токсической нагрузки населения Свердловской области // Уральский медицинский журнал. 2008. № 8 (48). С. 88–93.
5. Ваняева Е.П., Малых О.Л., Ярушин С.В. Биологический мониторинг как этап системы медико-профилактических мероприятий по управлению химическим риском для здоровья населения в Свердловской области // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 6. С. 1–4.
6. Сабиров Ж.Б. Пути возникновения структурных мутаций при химической природе мутагенеза // Гигиена труда и медицинская экология. 2015. № 2 (47). С. 26–31.
7. Wang J, Yin J, Hong X, Liu R. Exposure to heavy metals and allergic outcomes in children: A systematic review and meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2022;200(11):4615-4631. doi: 10.1007/s12011-021-03070-w
8. Zahedi A, Hassanvand MS, Jaafarzadeh N, Ghadiri A, Shamsipour M, Dehcheshmeh MG. Effect of ambient

- air PM2.5-bound heavy metals on blood metal(loid)s and children's asthma and allergy pro-inflammatory (IgE, IL-4 and IL-13) biomarkers. *J Trace Elem Med Biol.* 2021;68:126826. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126826
9. Martino DJ, Prescott SL. Silent mysteries: epigenetic paradigms could hold the key to conquering the epidemic of allergy and immune disease. *Allergy.* 2010;65(1):7-15. doi: 10.1111/j.1398-9995.2009.02186.x
10. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
11. Сальникова Е.В. Экологические проблемы и их влияние на здоровье населения (обзор) // Микроэлементы в медицине. 2016. Т. 17. № 3. С. 14–18. doi: 10.19112/2413-6174-2016-17-3-14-18
12. Pugliarello S, Cozzi A, Gisoni P, Girolomoni G. Phenotypes of atopic dermatitis. *J Dtsch Dermatol Ges.* 2011;9(1):12-20. doi: 10.1111/j.1610-0387.2010.07508.x
13. Arts JHE, Mommers C, de Heer C. Dose-response relationships and threshold levels in skin and respiratory allergy. *Crit Rev Toxicol.* 2006;36(3):219-251. doi: 10.1080/10408440500534149
14. Olbrich CL, Bivas-Benita M, Xenakis JJ, et al. Remote allergen exposure elicits eosinophil infiltration into allergen nonexposed mucosal organs and primes for allergic inflammation. *Mucosal Immunol.* 2020;13(5):777-787. doi: 10.1038/s41385-020-0310-x
15. Chia SE, Chia HP, Ong CN, Jeyaratnam J. Cumulative blood lead levels and neurobehavioral test performance. *Neurotoxicology.* 1997;18(3):793-803.
16. Papanikolaou NC, Hatzidaki EG, Belivanis S, Tzanakakis GN, Tsatsakis AM. Lead toxicity update. A brief review. *Med Sci Monit.* 2005;11(10):RA329-336.
17. Мажаева Т.В. Влияние питания на уровень физического развития дошкольников в условиях неблагоприятного воздействия окружающей среды // Уральский медицинский журнал. 2011. № 2. С. 53–56.
18. Zeng X, Xu X, Boezen HM, Huo X. Children with health impairments by heavy metals in an e-waste recycling area. *Chemosphere.* 2016;148:408-415. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.10.078
19. Al Osman M, Yang F, Massey IY. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *Biomaterials.* 2019;32(4):563-573. doi: 10.1007/s10534-019-00193-5
20. Pesce G, Sesé L, Calciano L, et al. Foetal exposure to heavy metals and risk of atopic diseases in early childhood. *Pediatr Allergy Immunol.* 2021;32(2):242-250. doi: 10.1111/pai.13397
21. Балаболкин И.И., Терлецкая Р.Н., Модестов А.А. Аллергическая заболеваемость детей в современных экологических условиях // Сибирское медицинское обозрение. 2015. № 1 (91). С. 63–67.
22. Tokura Y, Hayano S. Subtypes of atopic dermatitis: From phenotype to endotype. *Allergol Int.* 2022;71(1):14-24. doi: 10.1016/j.alit.2021.07.003

References

1. Tolkunova KM, Moguchaia EV, Rotar OP. Transgenerational inheritance: Understanding the etiology of a disease. *Arterial'naya Gipertenziya.* 2021;27(2):122-132. (In Russ.) doi: 10.18705/1607-419X-2021-27-2-122-132
2. Skinner MK. Environmental epigenetics and a unified theory of the molecular aspects of evolution: A neo-Lamarckian concept that facilitates neo-Darwinian evolution. *Genome Biol Evol.* 2015;7(5):1296-1302. doi: 10.1093/gbe/evv073
3. Guerrero-Bosagna C, Skinner MK. Environmentally induced epigenetic transgenerational inheritance of phenotype and disease. *Mol Cell Endocrinol.* 2012;354(1-2):3-8. doi: 10.1016/j.mce.2011.10.004
4. Malykh OL. [Application of biomonitoring in the system of public health monitoring to assess the toxic

- burden of the population in the Sverdlovsk Region.] *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2008;(8(48)):88-93. (In Russ.)
5. Vaniaeva EP, Malykh OL, Yarushin SV. Biologic monitoring as a stage in medical and prophylactic measures system managing chemical risks for public health in Sverdlovsk Region. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2014;(6):1-4. (In Russ.)
 6. Sabirov ZhB. [Pathways for appearance of structural mutations under the chemical nature of mutagenesis.] *Gigiena Truda i Meditsinskaya Ekologiya*. 2015;(2(47)):26-31. (In Russ.)
 7. Wang J, Yin J, Hong X, Liu R. Exposure to heavy metals and allergic outcomes in children: A systematic review and meta-analysis. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200(11):4615-4631. doi: 10.1007/s12011-021-03070-w
 8. Zahedi A, Hassanvand MS, Jaafarzadeh N, Ghadiri A, Shamsipour M, Dehcheshmeh MG. Effect of ambient air PM2.5-bound heavy metals on blood metal(loid)s and children's asthma and allergy pro-inflammatory (IgE, IL-4 and IL-13) biomarkers. *J Trace Elem Med Biol*. 2021;68:126826. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126826
 9. Martino DJ, Prescott SL. Silent mysteries: epigenetic paradigms could hold the key to conquering the epidemic of allergy and immune disease. *Allergy*. 2010;65(1):7-15. doi: 10.1111/j.1398-9995.2009.02186.x
 10. Gurvich VB, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, et al. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):38-47. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
 11. Salnikova EV. Environmental problems and their influence on public health (review). *Mikroelementy v Meditsine*. 2016;17(3):14-18. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2016-17-3-14-18
 12. Pugliarello S, Cozzi A, Gisoni P, Girolomoni G. Phenotypes of atopic dermatitis. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2011;9(1):12-20. doi: 10.1111/j.1610-0387.2010.07508.x
 13. Arts JHE, Mommers C, de Heer C. Dose-response relationships and threshold levels in skin and respiratory allergy. *Crit Rev Toxicol*. 2006;36(3):219-251. doi: 10.1080/10408440500534149
 14. Olbrich CL, Bivas-Benita M, Xenakis JJ, et al. Remote allergen exposure elicits eosinophil infiltration into allergen nonexposed mucosal organs and primes for allergic inflammation. *Mucosal Immunol*. 2020;13(5):777-787. doi: 10.1038/s41385-020-0310-x
 15. Chia SE, Chia HP, Ong CN, Jeyaratnam J. Cumulative blood lead levels and neurobehavioral test performance. *Neurotoxicology*. 1997;18(3):793-803.
 16. Papanikolaou NC, Hatzidaki EG, Belivanis S, Tzanakakis GN, Tsatsakis AM. Lead toxicity update. A brief review. *Med Sci Monit*. 2005;11(10):RA329-336.
 17. Mazhayeva TV. Effects of nutrition on physical development of preschool children exposed to adverse environmental factors. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2011;(2(80)):53-56. (In Russ.)
 18. Zeng X, Xu X, Boezen HM, Huo X. Children with health impairments by heavy metals in an e-waste recycling area. *Chemosphere*. 2016;148:408-415. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.10.078
 19. Al Osman M, Yang F, Massey IY. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *Biomaterials*. 2019;32(4):563-573. doi: 10.1007/s10534-019-00193-5
 20. Pesce G, Sesé L, Calciano L, et al. Foetal exposure to heavy metals and risk of atopic diseases in early childhood. *Pediatr Allergy Immunol*. 2021;32(2):242-250. doi: 10.1111/pai.13397
 21. Balabolkin II, Terletskaia RN, Modestov AA. Allergic child morbidity in actual ecological conditions. *Sibirskoe Meditsinskoe Obozrenie*. 2015;(1(91)):63-67. (In Russ.)
 22. Tokura Y, Hayano S. Subtypes of atopic dermatitis: From phenotype to endotype. *Allergol Int*. 2022;71(1):14-24. doi: 10.1016/j.alit.2021.07.003



© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.7, 504.4, 556.114



Определение индикативных показателей для организации мониторинга источников питьевого водоснабжения при изменении климатических условий

И.А. Хлыстов, П.К. Харьковская, А.В. Бугаева, Т.В. Замолоцких, Т.Н. Штин, В.Б. Гурвич
ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме

Введение. В условиях ухудшения экологической обстановки водоемов необходимо создание системы мониторинга за изменяющимися показателями, которые могут повлиять на качество природной и подаваемой населению питьевой воды. Органический углерод выступает одним из индикативных показателей, отражающих скорость продукции и деструкции, климатические и техногенные воздействия, безопасность и эффективность очистки питьевой воды.

Цель исследования: изучение индикативных показателей при организации мониторинга источников питьевого водоснабжения.

Материалы и методы. В 2020–2021 гг. проводился ежемесячный отбор воды в источнике хозяйственно-питьевого водоснабжения крупного промышленного города Свердловской области и после водоочистки. Выполнялись измерения температуры воды, лабораторные исследования показателей: растворенный углерод ($C_{\text{общ}}$, $C_{\text{орг}}$, $C_{\text{неорг}}$), рН, перманганатная окисляемость (ПО), жесткость, сухой остаток. Проведен корреляционный анализ между показателями, оценена эффективность водоочистки.

Результаты. Максимальные концентрации $C_{\text{общ}}$ (54,3 мг/дм³) и $C_{\text{орг}}$ (36,0 мг/дм³) в воде из водохранилища обнаружены в январе 2021 г. Преобладание концентраций $C_{\text{неорг}}$ по сравнению с $C_{\text{орг}}$ установлено преимущественно в теплые месяцы. Водоподготовка обеспечивала снижение содержания $C_{\text{общ}}$ в питьевой воде на 12–32 %, $C_{\text{орг}}$ – на 12–47 %, $C_{\text{неорг}}$ – на 6–32 %, ПО – на 28–68 % за исключением нескольких месяцев. В весенне-летний период 2021 г. обнаружено снижение ПО в водохранилище; повышение рН воды по сравнению с другими сезонами выявлено в летний период. Выявлена отрицательная корреляция между концентрациями $C_{\text{орг}}$ и температурой воды.

Выводы. Организованы мониторинговые исследования поверхностного источника питьевого водоснабжения. Установлены сезонные закономерности изменения углерода и показателей минерального состава воды, показана эффективность водоподготовки.

Ключевые слова: углерод, климат, загрязнения, водоподготовка, мониторинг.

Для цитирования: Хлыстов И.А., Харьковская П.К., Бугаева А.В., Замолоцких Т.В., Штин Т.Н., Гурвич В.Б. Определение индикативных показателей для организации мониторинга источников питьевого водоснабжения при изменении климатических условий // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 9. С. 84–90. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-84-90>

Сведения об авторах:

✉ **Хлыстов Иван Андреевич** – к.б.н., научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего лабораторией гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: hlistovia@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4632-6060>.

Харьковская Полина Константиновна – младший научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: harkovapk@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-0246>.

Бугаева Александра Владиславовна – младший научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: bugaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6562-2842>.

Замолоцких Татьяна Викторовна – научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: zamolotskihtv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4378-5456>.

Штин Татьяна Николаевна – заведующий отделом физико-химических методов исследования; e-mail: shtintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Гурвич Владимир Борисович – д.м.н., научный руководитель; e-mail: gurvich@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Хлыстов И.А., Гурвич В.Б.; сбор данных: Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Харьковская П.К., Замолоцких Т.В.; анализ и интерпретация результатов: Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Бугаева А.В., Замолоцких Т.В.; обзор литературы: Хлыстов И.А., Харьковская П.К., Замолоцких Т.В.; подготовка проекта рукописи: Хлыстов И.А., Гурвич В.Б. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 19.08.22 / Принята к публикации: 08.09.22 / Опубликована: 30.09.22

Determination of Key Quality Indicators for Organization of Potable Water Source Monitoring under Changing Climatic Conditions

Ivan A. Khlystov, Polina K. Kharkovskaya, Alexandra V. Bugaeva, Tatyana V. Zamolotskikh, Tatyana N. Shtin, Vladimir B. Gurvich

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Summary

Background: In the context of deteriorating surface water quality, it is important to create a monitoring system to control constantly changing indicators that can affect the quality of both natural and potable water supplied to the population. Organic carbon is one of the key indicators reflecting the rate of production and destruction, climate change and anthropogenic impacts, safety and efficiency of potable water treatment.

Objective: To study key indicators in the organization of potable water source quality monitoring.

Materials and methods: In 2020–2021, monthly water sampling was carried out in a reservoir serving as the source of household and potable water supply of a large industrial city of the Sverdlovsk Region, and after water treatment. Water temperature,

dissolved total, organic, and inorganic carbon, pH, the permanganate index (PI), hardness, and dry residue were measured. We then analyzed correlations between the indicators and assessed the efficiency of water treatment.

Results: Maximum concentrations of C_{total} (54.3 mg/dm³) and C_{org} (36.0 mg/dm³) in the source water were found in January 2021. The predominance of C_{inorg} concentrations compared to C_{org} was mainly observed in warm months of the year. Water treatment generally decreased the content of C_{total} in potable water by 12–32 %, C_{org} by 12–47 %, C_{inorg} by 6–32 %, and PI by 28–68 %, except for a few months. In spring and summer 2021, we noted a decrease in PI in the reservoir; compared to other seasons, an increase in water pH was revealed in summer. We established a negative correlation between concentrations of organic carbon and water temperature.

Conclusions: Monitoring studies of the surface potable water source have been organized. We revealed seasonal patterns of carbon changes and indicators of the mineral composition of water, and demonstrated the efficiency of water treatment.

Keywords: carbon, climate, pollution, water treatment, monitoring.

For citation: Khlystov IA, Kharkova PK, Bugaeva AV, Zamolotskikh TV, Shtin TN, Gurvich VB. Determination of key quality indicators for organization of potable water source monitoring under changing climatic conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(9):84–90. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-84-90>

Author information:

✉ Ivan A. Khlystov, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Acting Head of the Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: hlstovia@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4632-6060>.

Polina K. Kharkova, Junior Researcher, Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: harkovpk@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-0246>.

Alexandra V. Bugaeva, Junior Researcher, Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: bugaeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6562-2842>.

Tatyana V. Zamolotskikh, Researcher, Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: zamolotskihtv@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4378-5456>.

Tatyana N. Shtin, Head of the Department of Physicochemical Methods of Research; e-mail: shtintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Vladimir B. Gurvich, Dr. Sci. (Med.), Scientific Director; e-mail: gurvich@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Author contributions: study conception and design: Khlystov I.A., Gurvich V.B.; data collection: Khlystov I.A., Shtin T.N., Kharkova P.K., Zamolotskikh T.V.; analysis and interpretation of results: Khlystov I.A., Shtin T.N., Bugaeva A.V., Zamolotskikh T.V.; literature review: Khlystov I.A., Kharkova P.K., Zamolotskikh T.V.; draft manuscript preparation: Khlystov I.A., Gurvich V.B. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 19, 2022 / Accepted: September 8, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение. Возрастающие антропогенные климатические изменения в будущем могут привести к появлению веществ с неизученными свойствами, ухудшению качества и дефициту питьевой воды, что неминуемо отразится на здоровье человека. Происходящие глобальные процессы выражаются в изменении количества осадков [1], увеличении подвижности загрязняющих веществ в пресноводных системах [2], трансформации биогеохимических циклов и, в частности, изменении активности микроорганизмов [3]. Увеличивающаяся водная и ветровая эрозия приведет к потерям почвенного углерода, вымыванию его в водоемы [4]. На территории Урала за последние 50 лет зафиксирован положительный тренд средней годовой температуры [5]. В водоемах часто обнаруживаются различные не характерные для естественной среды соединения, такие как пестициды, фунгициды, нефтепродукты, фенолы, полиароматические углеводороды [6, 7].

Одним из ключевых показателей, характеризующих равновесие скоростей продукции и деструкции [8], состояние источников водоснабжения, безопасность питьевой воды и эффективность ее очистки [9], выступает органический углерод. Основная опасность от присутствия в поступающей на хлорирование воде органического углерода связана с образованием токсичных побочных галогенированных продуктов [10]. При изучении органической составляющей водоемов нами была установлена связь между побочными образующимися галогенорганическими соединениями и влияющими на их образование предикторами: температура воды, pH, ионы аммония, общий органический углерод, общая щелочность, хлор остаточный суммарный, доза хлора на первичное и окончательное хлорирование, время хлорирования [9]. Для дальнейших исследований происходящих в водоемах процессов из данного перечня предикторов было выбрано три параметра:

температура воды, pH, органический углерод. В условиях существующей опасности изменения физико-химического и биологического состава воды питьевых водоисточников и, как следствие, возникновения угрозы здоровью появляется необходимость организации мониторинговых исследований.

Цель исследования: изучение индикативных показателей при организации мониторинга источников питьевого водоснабжения.

Материалы и методы. В период с августа 2020 по август 2021 г. проводился ежемесячный отбор проб воды с двух точек: поступающая с поверхностного хозяйственно-питьевого источника (водохранилище) на станцию водоподготовки, вода после водоочистки (питьевая вода) крупного промышленного города Свердловской области. Температура воды измерялась в момент отбора. В обоих видах вод были исследованы показатели: массовые концентрации общего растворенного углерода ($C_{общ}$), растворенного органического углерода ($C_{орг}$) и растворенного неорганического углерода ($C_{неорг}$) на анализаторе общего углерода TOC-L Shimadzu; водородный показатель pH; перманганатная окисляемость (ПО); жесткость (титриметрически; по кальцию и магнию); сухой остаток (общая минерализация). Оценена эффективность водоподготовки. Все исследования выполнены на базе ОФХМИ ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. Отбор образцов и выполнение лабораторных исследований осуществлялись аттестованными методами, внесенными в реестр Росаккредитации. Расчет корреляций (критерий Спирмена) выполнен в Statistica 6. Результаты за весь период исследований рассчитаны в виде минимальных, максимальных и средних значений показателей; количество ежесезонных измерений показателей (осень 2021 – лето 2021 гг.) трехкратное.

Результаты. Температура воды в водохранилище соответствуют сезонным изменениям: максимальные

значения выявлены в августе 2021 г., минимальные – в декабре 2020 г. Значения физико-химических показателей за период исследований представлены в табл. 1 и на рисунке, их среднесезонные значения – в табл. 2. Максимальные концентрации $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{орг}}$ в водохранилище и питьевой воде выявлены в январе 2021 г., минимальные значения этих показателей приходятся на осень 2020 и весну 2021 г. Максимальная концентрация $C_{\text{неорг}}$ в воде водохранилища и питьевой воде выявлена в январе 2021 г. Наибольшее отношение концентраций $C_{\text{орг}}/C_{\text{неорг}}$ установлено в период с декабря по апрель: для природной воды оно находилось в пределах 1,3–3,3, для питьевой воды – 1,0–4,3. Преобладание концентрации $C_{\text{неорг}}$ над $C_{\text{орг}}$ выявлено с сентября по ноябрь 2020 г. и с мая по август 2021 г. За исследуемый период эффективность водоочистки от $C_{\text{общ}}$ составила 12–32 %, от $C_{\text{орг}}$ – 12–47 %, от $C_{\text{неорг}}$ – 6–32 % за исключением нескольких месяцев. Так, в январе 2021 г. изменения концентрации $C_{\text{общ}}$ не произошло, а концентрация $C_{\text{орг}}$ увеличилась на 5 %. В марте 2021 г. концентрация $C_{\text{неорг}}$ увеличилась на 3 % по сравнению с исходной водой. В целом водоочистка снижает содержание $C_{\text{орг}}$ и $C_{\text{неорг}}$ в питьевой воде. Однако в период с декабря 2020 по апрель 2021 г. в питьевой воде $C_{\text{орг}}$ преобладает над $C_{\text{неорг}}$. Соответственно, в некоторые периоды года вклад в $C_{\text{общ}}$ определялся разными типами углерода.

Значения pH воды водохранилища с августа 2021 по апрель 2022 г. находятся в пределах 7,2–7,7 единиц. С мая до августа 2021 г. происходит повышение pH, достигая максимального за весь период значения в августе. В питьевой воде величина pH варьирует в интервале от 7,2 до 7,9 практически без каких-либо сезонных закономерностей; максимальное значение показателя установлено в августе 2020 г. Наибольшие значения ПО в воде водохранилища обнаружены с августа 2020 по апрель 2021 г. с максимальными значениями в октябре и январе. В питьевой воде максимальные значения ПО выявлены в октябре и декабре 2020 г., а с января по август 2021 г. происходило снижение показателя. Водоподготовка обеспечивала снижение ПО в сравнении с исходной природной водой на 28–68 %, за исключением декабря, когда показатель возрос на 44 %.

Максимальные значения жесткости в воде водохранилища выявлены в марте 2021 г., а в питьевой воде – в апреле 2021 г. Наименьшие значения этого показателя обоих видов вод установлены в период с августа по октябрь 2020 г. Наибольшее содержание сухого остатка в воде водохранилища выявлено в марте 2021 г., в питьевой воде – в мае 2021 г. В течение всего периода исследований динамика содержания сухого остатка обоих видов вод не проявляет каких-либо четких тенденций.

Таблица 1. Физико-химические показатели воды за весь период исследований

Table 1. Physicochemical water quality indicators for the entire study period

Показатель / Parameter	Водохранилище / Reservoir	Питьевая вода / Potable water
Температура воды / Water temperature, °C	0,4 / 23,5 / 9,9	0,4 / 24,8 / 10,6
$C_{\text{общ}}$ мг/дм ³ / C_{total} , mg/dm ³	24,1 / 54,3 / 30,1	18,4 / 54,4 / 24,8
$C_{\text{орг}}$ мг/дм ³ / C_{org} , mg/dm ³	8,8 / 36,0 / 15,2	5,4 / 37,9 / 12,1
$C_{\text{неорг}}$ мг/дм ³ / C_{inorg} , mg/dm ³	6,6 / 18,3 / 14,9	4,5 / 16,5 / 12,7
$C_{\text{орг}}/C_{\text{неорг}}$ / $C_{\text{org}}/C_{\text{inorg}}$	0,5 / 3,3 / 1,1	0,4 / 4,3 / 1,1
pH, ед. / units	7,2 / 8,8 / 7,6	7,2 / 7,9 / 7,5
ПО, мгО/дм ³ / PI, mgO/dm ³	2,8 / 20,8 / 11,2	0,9 / 16,4 / 6,4
Жесткость, °Ж / Water hardness, degree	1,9 / 2,7 / 2,2	1,9 / 3,5 / 2,3
Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³	130,0 / 205,0 / 169,0	145,0 / 245,0 / 172,7

Примечание: ПО – перманганатная окисляемость; количество измерений показателей (n) для водохранилища n = 13 (за исключением ПО: n = 12), для питьевой воды n = 12.

Notes: PI, permanganate index; the total number of measurements for the Reservoir equals 13 (n = 12 for PI), and that for potable water is 12.

Таблица 2. Физико-химические показатели воды по сезонам (значения представлены в виде $M \pm m$)

Table 2. Physicochemical water quality indicators by season ($M \pm m$)

Сезон / Season	t, °C	pH, ед. / units	ПО, мг/дм ³ / PI, mg/dm ³	Жесткость, °Ж / Water hardness, degree	Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³
Водохранилище / Reservoir					
Лето / Summer, 2020	15,8	7,5	16,9	1,94	155,0
Осень / Fall, 2020	8,0 ± 3,5	7,6 ± 0,1	14,2 ± 3,3	2,01 ± 0,07	177,0 ± 10,1
Зима / Winter, 2020–2021	0,5 ± 0,1	7,5 ± 0,1	13,5 ± 2,4	2,39 ± 0,08	174,0 ± 8,6
Весна / Spring, 2021	8,9 ± 6,1	7,4 ± 0,1	10,1 ± 5,3	2,28 ± 0,24	173,5 ± 15,9
Лето / Summer, 2021	20,5 ± 1,5	8,1 ± 0,4	4,6 ± 0,9	2,09 ± 0,04	156,0 ± 13,0
Питьевая вода / Potable water					
Осень / Fall, 2020	8,7 ± 3,7	7,7 ± 0,1	9,0 ± 2,7	1,98 ± 0,04	164,0 ± 11,6
Зима / Winter, 2020–2021	0,5 ± 0,1	7,5 ± 0,1	10,2 ± 3,1	2,43 ± 0,10	160,3 ± 8,4
Весна / Spring, 2021	10,2 ± 6,4	7,3 ± 0,1	4,2 ± 0,7	2,77 ± 0,38	195,8 ± 26,4
Лето / Summer, 2021	22,9 ± 1,0	7,5 ± 0,1	2,2 ± 0,7	2,13 ± 0,11	170,5 ± 0,8

Примечание: ПО – перманганатная окисляемость.

Notes: PI, permanganate index.

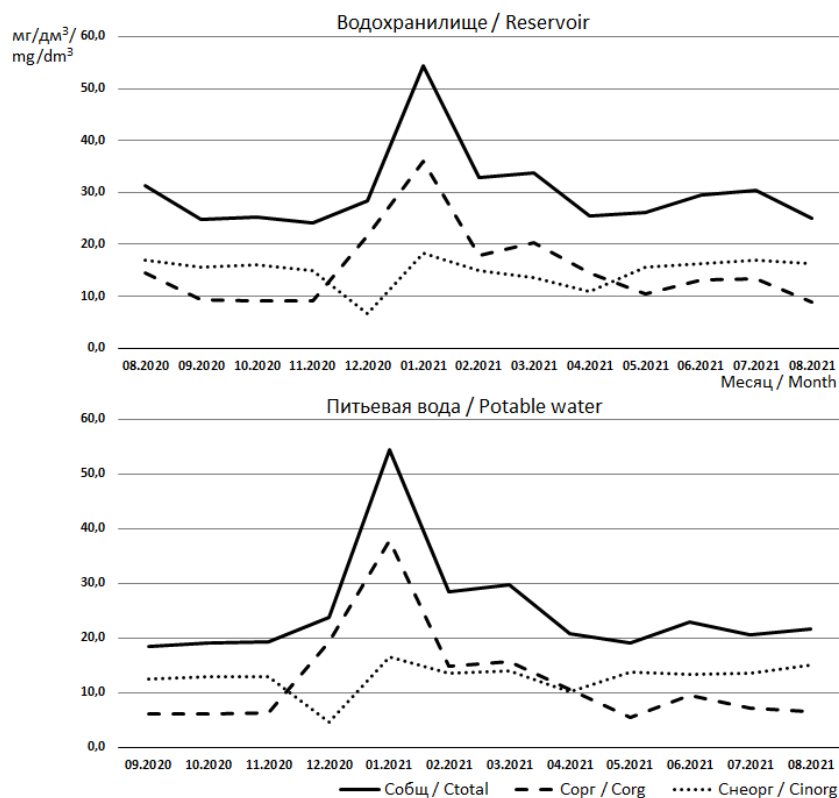


Рисунок. Динамика углерода в водохранилище и питьевой воде
Figure. Changes in carbon concentrations in the Reservoir and potable water

Для показателей в воде из водохранилища выявлены следующие значимые корреляции: между $C_{орг}$ и температурой ($R = -0,69$; $N = 13$; $p = 0,01$), $C_{орг}$ и $C_{общ}$ ($R = 0,82$; $N = 13$; $p < 0,05$), pH и $C_{неорг}$ ($R = 0,58$; $N = 13$; $p = 0,04$), ПО и температурой воды ($R = -0,66$; $N = 12$; $p = 0,02$).

Обсуждение. Как известно, количество органического вещества в поверхностных водоемах отражает характер, интенсивность биологических процессов, антропогенное воздействие, а также зависит от физико-географической среды и землепользования в пределах водосборных бассейнов. Повышение концентрации растворенного органического углерода объясняется глобальным изменением климата, например последствиями кислотных осадков или повышения температуры воздуха [11, 12]. Ранее нами были установлены очень слабые уровни корреляций между среднегодовой температурой воздуха и концентрациями $C_{орг}$ в водоемах ($r = 0,06...0,42$), а также между количеством осадков и $C_{орг}$ ($r = 0,18...0,40$) с 2009 по 2019 г. [13]. В исследованиях [14] отмечена сильная зависимость между температурой воздуха и концентрацией растворенного органического углерода в речной воде (США), но в сочетании с сопутствующими гидрологическими условиями, такими как осадки и смыв с берегов в пределах водосборных бассейнов. С учетом результатов текущего исследования можно заключить, что временных интервалов, за которые оценивалась связь между данными климатическими показателями и $C_{орг}$, недостаточно, а количество $C_{орг}$

в воде может подвергаться изменениям, например во время паводка. Повышение подледной концентрации веществ, в частности органического углерода, можно интерпретировать эффектом концентрирования веществ вымораживанием. Как было показано на примере одного из водоемов [15], пространственно концентрации растворенного органического и неорганического углерода в нижележащей водной толще обычно выше, чем в слое льда в холодное время года. Авторами отмечено, что растворенные вещества могут вытесняться из твердой ледяной матрицы и переходить в водную фазу в процессе образования льда. В течение всего срока измеренные концентрации органического углерода в питьевой воде¹ были выше установленного нормативного значения 5 мг/дм³, а при пиковом значении концентрации в зимнее время превышение норматива составило 7,5 раза. Высокие концентрации $C_{орг}$ питьевой воде создают риски здоровью из-за образования опасных летучих галогенорганических соединений.

Интегральный показатель «перманганатная окисляемость» (ПО) отражает количество легкоокисляемых веществ в воде и служит индикатором органического загрязнения [16]. Обнаруженная отрицательная корреляция между ПО и температурой воды водохранилища не подтверждает предположения о прямой связи температуры и сезонного поступления легкоокисляемых органических соединений в водоем. Помимо органических соединений, показатель ПО зависит от присутствия железа и марганца в воде [17].

¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2.

В исследованиях показано [18], что большое значение в динамике показателя имеет эффект накопления – увеличения концентраций ПО при протекании реки через различные населенные пункты и места возможных сбросов. В соответствии с этим годовые и сезонные изменения ПО могут быть следствием различной скорости поступления и накопления некоторых соединений природной и техногенной природы.

В природных водах, помимо небольшого количества свободного CO_2 атмосферного происхождения, также содержатся бикарбонат-ионы, находящиеся в равновесии с эквивалентным количеством ионов кальция и магния². Немаловажный вклад в обогащение воды неорганическим углеродом вносят хемогенные и биогенные процессы образования и осаждения карбонатов, связанные с сезонностью и глубиной³, а также минералогический состав донных отложений пресноводных озер [19]. Было показано, что пересыщение воды CO_2 происходит преимущественно в водоемах с низкой соленостью и высоким содержанием органического вещества [20]. Содержание свободного CO_2 убывает вследствие интенсивно протекающего фотосинтеза и возрастает за счет биохимического разложения органических веществ, а избыточные количества исчезают при сопряжении воды с атмосферой. В интервале рН от 7,0 до 8,3 содержание гидрокарбонатной формы CO_2 находится в пределах 82,7–97,8 % от общего количества CO_2 в воде. Начиная с рН 8,0 возрастает доля CO_2 в форме карбонатов². В условиях слабого поверхностного стока в реку Енисей в некоторые сезоны года установлены малые количества привноса растворенного органического и неорганического углерода [21]. С учетом представленной информации прослеживается связь между содержанием ионов жесткости, изменением рН и увеличением доли $\text{C}_{\text{неорг}}$. В водохранилище концентрации кальция и магния преобладают в холодное время года. После таяния льда и повышения температуры возрастает биологическая активность воды, а также происходит вовлечение кальция с магнием в хемогенные и биогенные процессы. В свою очередь, преобладание $\text{C}_{\text{неорг}}$ над $\text{C}_{\text{орг}}$ в воде водохранилища можно объяснить привносом неорганического углерода в период таяния и дальнейшим увеличением связанного с ионами жесткости CO_2 в воде, что возможно при повышенных значениях рН в летнее время. С содержанием в воде гидрокарбонатов, карбонатов, ионов жесткости связан процесс образования и осаждения карбонатных осадков. Отмечено, что в пресноводных озерах Урала донные отложения содержат карбонаты кальция и магния [19]. Исходя из значений концентраций $\text{C}_{\text{неорг}}$ в питьевой воде, процессы водоподготовки не способствуют дополнительному насыщению воды данной формой углерода.

Минерализация воды в первую очередь зависит от количества неорганических минералов и температуры воды². Наблюдаемое снижение минерализации в теплое время года, очевидно, происходит вследствие большего растворения

веществ и вовлечения их в биогенные процессы. Согласно классификации поверхностных вод Н.И. Толстихина, по выявленным значениям минерализации изучаемое водохранилище можно отнести к нормально пресным водам⁴. Содержание растворенного органического вещества и его динамика в основном зависят от двух факторов: происхождения и поступления, а также от его последующей минерализации [22]. Вместе с тем следует различать показатель «общая минерализация воды» и процесс минерализации органического углерода, хотя при определенных гидрохимических условиях между ними существует связь. Повышенная соленость воды и паводки могут вызывать ряд биогеохимических изменений, таких как повышение концентрации сульфатов, увеличение катионного обмена, кислотности и мутности, снижение окислительно-восстановительного потенциала и уровня кислорода, уменьшить запас доступного для микроорганизмов органического субстрата. Но в то же время эти условия могут увеличить пул микробов с высокой способностью к метаболизму углерода [23].

Таким образом, результаты годовых мониторинговых исследований выявили ряд закономерностей показателей физико-химического состава воды. Вместе с тем имеется необходимость оценки глубинных процессов, расширения мониторинговых показателей: БПК, щелочность, комплексообразующая способность, а также разработки алгоритма временного определения показателей для более точной оценки связи с климатическими параметрами.

Выводы

1. В период 2020–2021 гг. проведены мониторинговые исследования поверхностного водоисточника и воды после водоочистки по следующим показателям: температуры воды, растворенный углерод, рН, ПО, жесткость, сухой остаток. Пиковые концентрации $\text{C}_{\text{общ}}$ (54,3 мг/дм³) и $\text{C}_{\text{орг}}$ (36,0 мг/дм³) в воде водохранилища были причиной увеличения концентраций углерода в питьевой воде, что несло потенциальный риск для здоровья населения.

2. В весенне-летний период 2021 г. значения ПО были значительно ниже, чем в предыдущие сезоны.

Значения рН воды водохранилища находились в пределах 7,2–7,7, за исключением лета 2021 г., когда зафиксировано повышение рН; значения показателя в питьевой воде составили 7,2–7,9. Максимальные значения жесткости в природной и питьевой воде выявлены весной 2021 г. По содержанию сухого остатка вода в водохранилище отнесена к категории нормально пресных вод.

3. Наибольшее отношение концентраций $\text{C}_{\text{орг}}/\text{C}_{\text{неорг}}$ в природной и питьевой воде установлено в период с декабря по апрель. Между $\text{C}_{\text{орг}}$ и температурой воды из водохранилища за весь период исследований выявлена отрицательная корреляция, тогда как между рН и $\text{C}_{\text{неорг}}$ корреляция положительная.

4. Мероприятия по водоочистке обеспечили снижение $\text{C}_{\text{общ}}$ на 12–32 %, $\text{C}_{\text{орг}}$ – на 12–47 %,

² Унифицированные методы анализа вод. Издание 2-е, исправленное. Под ред. д-ра хим. наук Ю.Ю. Лурье. Москва: изд-во «Химия», 1973. 376 с.

³ Литология. Кн. 2: Учеб. пособие / Фролов В.Т. М.: Изд-во МГУ, 1993. 432 с.

⁴ Справочник по гидрохимии. Под ред. Никанорова А.М. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 391 с.

$C_{\text{неорг}}$ — на 6–32 %, за исключением января и марта. ПО в питьевой воде снижалась на 28–68 % по сравнению с исходной, за исключением декабря.

Список литературы

- Konapala G, Mishra AK, Wada Y, Mann ME. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nat Commun.* 2020;11(1):3044. doi: 10.1038/s41467-020-16757-w
- Mujere N, Moyce W. Climate change impacts on surface water quality. Ganpat W, Isaac WA, eds. *Environmental Sustainability and Climate Change Adaptation Strategies.* Hershey, PA: IGI Global; 2017:322-340. doi: 10.4018/978-1-5225-1607-1.ch012
- Cavicchioli R, Ripple WJ, Timmis KN, et al. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nat Rev Microbiol.* 2019;17(9):569–586. doi: 10.1038/s41579-019-0222-5
- Banwart SA, Black H, Cai Z, et al. The global challenge for soil carbon. Banwart SA, Noellemeier E, Milne E, eds. *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits.* CAB International; 2015:1-9.
- Шепоренко Г.А. О тенденции изменения климата Урала. Доступно по: http://svgimet.ru/?page_id=4068 Ссылка активна на 25.08.2022.
- El-Naggar NA, Moawad MN, Ahmed EF. Toxic phenolic compounds in the Egyptian coastal waters of Alexandria: spatial distribution, source identification, and ecological risk assessment. *Water Science.* 2022;36(1):32-40. doi: 10.1080/23570008.2022.2031724
- Adeniji AO, Okoh OO, Okoh AI. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in the water and sediment of Buffalo River Estuary, South Africa and their health risk assessment. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2019;76(4):657–669. doi: 10.1007/s00244-019-00617-w
- Саяпин В.В., Соьер В.Г., Милутка М.С., Кleshchenkov А.В. Продукционно-деструкционные процессы и трансформация органического вещества в планктонном сообществе оз. Маньч-Гудило // Труды Южного научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 7. С. 57–68. doi: 10.23885/1993-6621-2018-7-57-68
- Хлыстов И.А., Шукина Д.А., Кузьмина Е.А., Плотко Э.Г., Брусницына Л.А. Подходы к нормированию органического углерода и необходимость его обязательного контроля в питьевой воде // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 9 № 330. С. 61–66. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-61-66
- Gilca AF, Teodosiu C, Fiore S, Musteret CP. Emerging disinfection byproducts: A review on their occurrence and control in drinking water treatment processes. *Chemosphere.* 2020;259:127476. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127476
- Kļaviņš M, Kokorīte I, Rodinovs V. Dissolved organic matter concentration changes in river waters of Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences.* 2011;65(1-2):40-47. doi: 10.2478/v10046-011-0017-1
- Meyer-Jacob C, Michelutti N, Paterson AM, Cumming BF, Keller WB, Smol JP. The browning and re-browning of lakes: Divergent lake-water organic carbon trends linked to acid deposition and climate change. *Sci Rep.* 2019;9(1):16676. doi: 10.1038/s41598-019-52912-0
- Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Харьковская П.К., Замолоцких Т.В., Бугаева А.В., Шукина Д.А. Органическое вещество в поверхностных источниках питьевого водоснабжения г. Екатеринбург: содержание, идентификация, опасности // Чистая вода России — 2021. Сборник материалов XVI Международного научно-практического симпозиума и выставки. Екатеринбург: ООО «ДжиЛайм», 2021. С. 241–247.
- Shang P, Lu YH, Du YX, Jaffé R, Findlay RH, Wynn A. Climatic and watershed controls of dissolved organic matter variation in streams across a gradient of agricultural land use. *Sci Total Environ.* 2018;612:1442-1453. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.322
- Song K, Wen Z, Jacintho PA, Zhao Y, Du J. Dissolved carbon and CDOM in lake ice and underlying waters along a salinity gradient in shallow lakes of Northeast China. *J Hydrol.* 2019;571:545-558. doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.02.012
- Laszakovits JR, Kerr A, MacKay AA. Permanganate oxidation of organic contaminants and model compounds. *Environ Sci Technol.* 2022;56(8):4728-4748. doi: 10.1021/acs.est.1c03621
- Elsheikh M, Guirguis H, Fathy A. Removal of iron and manganese from groundwater: a study of using potassium permanganate and sedimentation. *MATEC Web of Conferences.* 2018;162:05018. doi: 10.1051/mateconf/201816205018
- Chen SS, Kimirei IA, Yu C, Shen Q, Gao Q. Assessment of urban river water pollution with urbanization in East Africa. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;29(27):40812–40825. doi: 10.1007/s11356-021-18082-1
- Шляпников Д.С., Демчук И.Г., Окунев П.В. Минеральные компоненты донных отложений озер Урала. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1990. 101 с.
- Khan H, Laas A, Marcé R, Obrador B. Major effects of alkalinity on the relationship between metabolism and dissolved inorganic carbon dynamics in lakes. *Ecosystems.* 2020;23:1566–1580. doi: 10.1007/s10021-020-00488-6
- Prokushkin AS, Korets MA, Panov AV, et al. Carbon and nutrients in the Yenisei River tributaries draining the Western Siberia Peatlands. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci.* 2019;232:012010. doi: 10.1088/1755-1315/232/1/012010
- Mostofa KMG, Liu CQ, Mottaleb MA, et al. Dissolved organic matter in natural waters. Mostofa KMG, Yoshioka T, Mottaleb A, Vione D, eds. *Photobiogeochemistry of Organic Matter. Principles and Practices in Water Environments.* Springer, Berlin, Heidelberg; 2013. doi: 10.1007/978-3-642-32223-5_1
- Luo M, Huang JF, Zhu WF, Tong C. Impacts of increasing salinity and inundation on rates and pathways of organic carbon mineralization in tidal wetlands: a review. *Hydrobiologia.* 2019;827:31–49. doi: 10.1007/s10750-017-3416-8

References

- Konapala G, Mishra AK, Wada Y, Mann ME. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nat Commun.* 2020;11(1):3044. doi: 10.1038/s41467-020-16757-w
- Mujere N, Moyce W. Climate change impacts on surface water quality. Ganpat W, Isaac WA, eds. *Environmental Sustainability and Climate Change Adaptation Strategies.* Hershey, PA: IGI Global; 2017:322-340. doi: 10.4018/978-1-5225-1607-1.ch012
- Cavicchioli R, Ripple WJ, Timmis KN, et al. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nat Rev Microbiol.* 2019;17(9):569–586. doi: 10.1038/s41579-019-0222-5
- Banwart SA, Black H, Cai Z, et al. The global challenge for soil carbon. Banwart SA, Noellemeier E, Milne E, eds. *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits.* CAB International; 2015:1-9.
- Sheporenko GA. [About the trend of climate change in the Urals.] 2012. Accessed on August 25, 2022. http://svgimet.ru/?page_id=4068
- El-Naggar NA, Moawad MN, Ahmed EF. Toxic phenolic compounds in the Egyptian coastal waters of Alexandria: spatial distribution, source identification, and ecological risk assessment. *Water Science.* 2022;36(1):32-40. doi: 10.1080/23570008.2022.2031724
- Adeniji AO, Okoh OO, Okoh AI. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in the water and sediment of Buffalo River Estuary, South Africa and their health risk assessment. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2019;76(4):657–669. doi: 10.1007/s00244-019-00617-w
- Sayapin VV, Soier VG, Milutka MS, Kleshchenkov AV. Production-destruction processes and the transformation of organic matter in the plankton community of the Manych-Gudilo Lake. *Trudy Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk.* 2018;7:57–68. (In Russ.) doi: 10.23885/1993-6621-2018-7-57-68
- Khlystov IA, Shchukina DA, Kuzmina EA, Plotko EG, Brusnicyna LA. Approaches to regulating organic carbon and the necessity of its obligatory monitoring in

- drinking water. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):61-66. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-61-66
10. Gilca AF, Teodosiu C, Fiore S, Musteret CP. Emerging disinfection byproducts: A review on their occurrence and control in drinking water treatment processes. *Chemosphere*. 2020;259:127476. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127476
 11. Kļaviņš M, Kokorīte I, Rodinovs V. Dissolved organic matter concentration changes in river waters of Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2011;65(1-2):40-47. doi: 10.2478/v10046-011-0017-1
 12. Meyer-Jacob C, Michelutti N, Paterson AM, Cumming BF, Keller WB, Smol JP. The browning and re-browning of lakes: Divergent lake-water organic carbon trends linked to acid deposition and climate change. *Sci Rep*. 2019;9(1):16676. doi: 10.1038/s41598-019-52912-0
 13. Khlystov IA, Shtin TN, Kharkova PK, Zamolotskikh TV, Bugaeva AV, Shchukina DA. [Organic matter in surface sources of drinking water supply in Yekaterinburg: Content, hazard identification.] In: *Clean Water of Russia – 2021: Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Symposium and Exhibition, Yekaterinburg, May 17–20, 2021*. Yekaterinburg: GLime Publ.; 2021:241-247. (In Russ.)
 14. Shang P, Lu YH, Du YX, Jaffé R, Findlay RH, Wynn A. Climatic and watershed controls of dissolved organic matter variation in streams across a gradient of agricultural land use. *Sci Total Environ*. 2018;612:1442-1453. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.322
 15. Song K, Wen Z, Jacinthe PA, Zhao Y, Du J. Dissolved carbon and CDOM in lake ice and underlying waters along a salinity gradient in shallow lakes of Northeast China. *J Hydrol*. 2019;571:545-558. doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.02.012
 16. Laszakovits JR, Kerr A, MacKay AA. Permanganate oxidation of organic contaminants and model compounds. *Environ Sci Technol*. 2022;56(8):4728-4748. doi: 10.1021/acs.est.1c03621
 17. Elsheikh M, Guirguis H, Fathy A. Removal of iron and manganese from groundwater: a study of using potassium permanganate and sedimentation. *MATEC Web of Conferences*. 2018;162:05018. doi: 10.1051/mateconf/201816205018
 18. Chen SS, Kimirei IA, Yu C, Shen Q, Gao Q. Assessment of urban river water pollution with urbanization in East Africa. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;29(27):40812-40825. doi: 10.1007/s11356-021-18082-1
 19. Shlyapnikov DS, Demchuk IG, Okunev PV. [*Mineral Components of Bottom Sediments of Ural Lakes*.] Sverdlovsk: Ural University Publ.; 1990. (In Russ.)
 20. Khan H, Laas A, Marcé R, Obrador B. Major effects of alkalinity on the relationship between metabolism and dissolved inorganic carbon dynamics in lakes. *Ecosystems*. 2020;23:1566-1580. doi: 10.1007/s10021-020-00488-6
 21. Prokushkin AS, Korets MA, Panov AV, et al. Carbon and nutrients in the Yenisei River tributaries draining the Western Siberia Peatlands. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2019;232:012010. doi: 10.1088/1755-1315/232/1/012010
 22. Mostofa KMG, Liu CQ, Mottaleb MA, et al. Dissolved organic matter in natural waters. Mostofa KMG, Yoshioka T, Mottaleb A, Vione D, eds. *Photobiogeochemistry of Organic Matter. Principles and Practices in Water Environments*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2013. doi: 10.1007/978-3-642-32223-5_1
 23. Luo M, Huang JF, Zhu WF, Tong C. Impacts of increasing salinity and inundation on rates and pathways of organic carbon mineralization in tidal wetlands: a review. *Hydrobiologia*. 2019;827:31-49. doi: 10.1007/s10750-017-3416-8



**Из истории санитарно-эпидемиологической службы Татарстана:
Якобсон Абрам Львович
01.11.1923–10.12.1997**

MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

Целая эпоха в истории развития санитарно-эпидемиологической службы Татарстана связана с Якобсоном Абрамом Львовичем (с 1965 по 1984 год – Главный врач Республиканской санэпидстанции Минздрава Татарской АССР), внесшим значительный вклад в развитие санитарно-эпидемиологической службы Татарстана.

Якобсон Абрам Львович родился 1 ноября 1923 года в Казани в семье рабочего. В 1941 году окончил 10 классов средней школы № 4 города Казани. В июле 1941 года поступил курсантом в училище зенитной артиллерии в городе Чкалове, которое окончил в мае 1942 года. С мая 1942 года и до конца Великой Отечественной войны Абрам Львович сражался в рядах Советской Армии. Победу он встретил в польском городе Кракове командиром огневого взвода в звании лейтенанта. Как участник Великой Отечественной войны А.Л. Якобсон награжден 6 медалями.

После окончания войны по август 1947 года А.Л. Якобсон трудился во Врачебно-санитарной службе Казанской железной дороги.

Летом 1947 года Абрам Львович поступил в Казанский стоматологический институт, а затем продолжил учебу в Ленинградском стоматологическом институте, который окончил с отличием в 1951 году. После завершения учебы был направлен в распоряжение Куйбышевского горздравотдела. По март 1952 года Абрам Львович работал врачом-стоматологом и по совместительству промышленно-санитарным врачом медико-санитарной части завода им. Ворошилова в г. Куйбышеве. По семейным обстоятельствам в мае 1952 года А.Л. Якобсон вернулся из Куйбышева в Казань.

С 1952 по 1984 год А.Л. Якобсон работал в Республиканской санитарно-эпидемиологической станции Минздрава Татарской АССР, пройдя весь путь от врача по промышленной санитарии до Главного государственного санитарного врача – заместителя министра здравоохранения Татарской АССР.

Абрам Львович сумел создать в системе госсанэпиднадзора республики творческую деловую обстановку, которая позволяла использовать достижения научных исследований в области гигиены и эпидемиологии в практической работе, применять передовые методы в осуществлении



санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий. Благодаря его организаторским способностям и личным качествам был создан сплоченный профессиональный коллектив единомышленников. Он не любил говорить «я», всегда предпочитал говорить «мы».

Под руководством А.Л. Якобсона решались сложнейшие вопросы в области охраны окружающей среды, которые возникали в ходе строительства КамАЗа, предприятий нефтехимии, промышленных объектов в городах Набережные Челны и Нижнекамске.

В эти годы большинство санитарно-эпидемиологических станций получили новые здания и помещения, автотранспорт, лабораторное обо-

рудование и приборы. Санитарная служба Татарской АССР не раз признавалась одной из лучших в РСФСР. На базе санитарно-эпидемиологических станций городов Казани и Набережные Челны проводились всероссийские съезды, совещания и конференции по обмену передовым опытом с участием Главного врача Республиканской санэпидстанции Минздрава РСФСР – заместителя Главного государственного санитарного врача РСФСР Л.Г. Подуновой.

За время работы А.Л. Якобсона Республиканская СЭС Татарской АССР за хорошие показатели в работе дважды была награждена грамотами Центрального Комитета профсоюзов медицинских работников и Минздрава СССР.

Позже, уже с выходом на пенсию в 1984 году, Абрам Львович продолжал трудовую деятельность и делился своим богатым опытом в должности санитарного врача по общей гигиене до конца 1996 года.

Абрам Львович Якобсон за заслуги перед страной награжден орденом Отечественной войны II степени, орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», а также почетными грамотами министерств здравоохранения СССР, РСФСР, ТАССР, Татарского ОК КПСС, Совета Министров ТАССР, ему присвоено почетное звание «Заслуженный врач ТАССР» и «Заслуженный врач Российской Федерации», награжден знаком «Отличник здравоохранения».

Умер Якобсон Абрам Львович 10 декабря 1997 года. Похоронен на Арском кладбище города Казани.

*М.А. Патяшина, М.А. Замалиева, А.К. Алекперова,
Управление Роспотребнадзора по Республике Татарстан*

**Светлой памяти учителя.
К 85-летию со дня рождения доктора медицинских наук,
профессора Михайлуца Анатолия Павловича**

Михайлуц Анатолий Павлович – российский ученый, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, почетный профессор Кемеровского государственного медицинского университета, почетный профессор Кузбасса, академик РАЕН. Круг его научных интересов включал в себя проблемы гигиены труда, профпатологии и охраны окружающей среды в основных отраслях промышленности Сибири.

Анатолий Павлович родился 10 сентября 1937 года в г. Омске, детство и юность в послевоенные годы провел в Тобольске. В 1949 году с семьей вернулся в Омск. В 1962 году окончил санитарно-гигиенический факультет Омского государственного медицинского института им. М.И. Калинина, затем аспирантуру в Ленинградском санитарно-гигиеническом институте под руководством одного из ведущих советских гигиенистов, доктора медицинских наук, профессора Евгении Цезаревны Андреевой-Галаниной.

В 1968 году после защиты в Ленинграде кандидатской диссертации на тему «Гигиеническая оценка условий труда в лесопильных цехах и станочных отделениях столярных цехов» начал работу на профильной кафедре организованного в 1963 году санитарно-гигиенического факультета Кемеровского государственного медицинского института, где молодой ученый оказал большое влияние на внедрение новых форм и методов учебно-воспитательного процесса с целью наиболее эффективного формирования профессиональных качеств студентов.

С 1969 по 1990 год заведовал кафедрой гигиены труда, работал в должности декана санитарно-гигиенического факультета (1974–1976, 1988–1989 гг.), проректора по научной работе (2001–2007 гг.), с 1990 по 2015 год заведовал кафедрой гигиены труда и гигиены питания, с 2015 по 2017 год работал профессором кафедры гигиены Кемеровского государственного медицинского университета. В основе его деятельности лежали постоянное научное и методическое совершенствование учебного процесса, подготовка квалифицированных врачей в области профилактической медицины – гигиенистов и эпидемиологов, аспирантов и научно-педагогических кадров.

В 1981 году защитил докторскую диссертацию на тему «Гигиена воздушной среды на территории химических объединений (на примере предприятий азотной, хлорной групп и фенольно-формальдегидных пластмасс)». В 1974–1991 гг. был членом



секции «Гигиена труда в ведущих отраслях промышленности» Проблемной комиссии «Гигиена и профпатология» Министерства здравоохранения СССР.

Анатолий Павлович внес большой вклад в развитие научных исследований в области гигиены труда и окружающей среды. Им были разработаны оригинальные методики оценки влияния факторов производственной среды на работоспособность, текущее функциональное состояние организма работающих, профзаболеваемость и трудоспособность. Впервые были обоснованы системы профилактических мероприятий

по сохранению состояния здоровья населения на территориях с развитой химической и угольной промышленностью. В течение 1970–2003 гг. под его руководством было выполнено 16 работ по разработке предложений к программам профилактических мероприятий на предприятиях химической, угольной, теплоэнергетической промышленности Кузбасса. В 2000–2002 гг. принимал участие в реализации российско-британского проекта «Разработка концепции экологической политики Кемеровской области. Взаимодействие власти, бизнеса и общественности».

За период активной научной деятельности А.П. Михайлуцем выполнено и опубликовано около 400 научных работ, в том числе 6 монографий. Результаты его исследований легли в основу решения важных социально значимых проблем в области гигиены труда и окружающей среды в химической и угольной промышленности, а также гигиенической оценки питания различных групп населения.

Особый подход был у Анатолия Павловича к подготовке научных и научно-педагогических кадров. Он сформировал сибирскую школу гигиенистов, представители которой под его руководством и консультированием защитили 6 докторских и 24 кандидатских диссертаций по проблемам гигиены труда, окружающей среды и питания в городах Сибири с развитой химической, угольной, металлургической и лесоперерабатывающей промышленностью, среди них С.В. Куркатов, С.Е. Скударнов, А.М. Васильевский, Н.Ю. Шибанова, А.Н. Першин, Е.М. Ситникова, О.П. Рынза и др.

Более десяти его учеников и последователей являются профессорами и доцентами, возглавляют кафедры и отделы в Кемеровском государственном медицинском университете и Научно-исследовательском институте комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний

СО РАН (г. Новокузнецк), занимают должности главных государственных санитарных врачей в субъектах Российской Федерации.

Большую научную деятельность А.П. Михайлуц всегда сочетал с тесным сотрудничеством с органами практического здравоохранения. По результатам научных исследований Анатолием Павловичем было разработано 83 нормативных и методических документа, включая санитарные правила, методические указания и рекомендации, по вопросам осуществления и оптимизации госсанэпиднадзора за предприятиями химической, угольной и металлургической промышленности, проведения социально-гигиенического мониторинга, использования методологии оценки рисков, компьютерного моделирования санитарно-эпидемиологических ситуаций, утвержденных министерствами здравоохранения СССР, РСФСР, РФ АМН и СО РАМН, центрами госсанэпиднадзора в субъектах РФ.

Анатолий Павлович был удостоен почетных званий «Почетный гражданин Кемеровской области» (1982), «Почетный профессор Кузбасса» (2005), «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации» (2007), награжден значком «Отличнику здравоохранения» (1984), медалями «За служение Кузбассу» (2005), «За веру и добро» (2007), ведомственными благодарностями и почетными грамотами. Является лауреатом премии «За особый вклад в социально-экономическое

развитие Кузбасса» в номинации «За вклад в улучшение экологии Кузбасса» (2005).

Колоссальная работоспособность и умение сконцентрироваться на главном, подлинная интеллигентность, глубокие знания и истинный профессионализм, жизнелюбие и оптимизм, умение беречь и ценить время – вот основные качества Анатолия Павловича, благодаря которым он получил заслуженное признание в органах здравоохранения, госсанэпидслужбы и научном сообществе, пользовался авторитетом и уважением среди коллег, учеников и студентов.

Анатолий Павлович был неподдельно демократичен в общении со своими учениками, ценил в них самостоятельность, прививал вкус к науке, делился своими идеями. Он был нам и учителем, и другом, внимательным и заинтересованным собеседником, мудрым наставником, который искренне радовался успехам учеников и помогал их продвижению в профессии.

Одна из дочерей Анатолия Павловича – Ольга – продолжает славную семейную профессиональную династию врачей: она – кандидат медицинских наук, врач ультразвуковой диагностики.

Анатолий Павлович скончался на 83-м году жизни 4 апреля 2020 года, похоронен на центральном кладбище в г. Кемерове.

Светлая память об Анатолии Павловиче навсегда останется в памяти его учеников и коллег!

*С.В. Куркатов,
А.Н. Иванова*

Галина Константиновна Фетисова: «Гигиеническое воспитание и обучение населения – это очень важно и необходимо»

Нынешняя должность Галины Константиновны Фетисовой – заслуженного врача России, отличника здравоохранения РФ, отличника госсанэпидслужбы РФ, ветерана труда (и это лишь малая часть ее званий и наград) – связана с организацией гигиенического воспитания и обучения населения в филиале ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в городе Ростове-на-Дону. Этим подразделением она руководит уже более 15 лет.

Причем инициатором создания отдела выступила сама Галина Константиновна. Но обо всем по порядку.

Окончив Ростовский мединститут в 1969 году, Галина Константиновна, недолго проработав в Багайске, в 1971 году заняла должность санитарного врача по коммунальной гигиене в санэпидстанции Пролетарского района города Ростова-на-Дону, где затем стала заведующей санитарно-гигиеническим отделом.

В 1982 году в жизни Галины Константиновны наступил новый этап – ее назначили Главным врачом санэпидстанции Ленинского района города Ростова-на-Дону. В этой должности она проработала 25 лет, добившись того, что санэпидстанция района по качественным и количественным показателям систематически занимала первые места в городе. На этот период пришлось самое сложное время для нашего общества: девяностые – начало двухтысячных годов. В то время тысячи людей становились предпринимателями, зачастую не представляя себе, что существуют санитарные правила, что на свете есть гигиеническая наука и законы эпидемиологии. «Новые русские» бизнесмены не утруждали себя изучением санитарных правил и их исполнением. Галина Константиновна сумела убедить администрацию района и бизнес-сообщество в том, что гигиеническая наука и санитарная практика не мешают, а наоборот – способствуют развитию бизнеса. Стихийная торговля сменилась организованными мини-рынками. В районе впервые были разработаны бланки санэпидзаклучений, которые выдавались на каждое торговое место. Это облегчало надзорную деятельность для всех служб – разрешение на предпринимательскую деятельность администрация выдавала только после согласования с санитарной службой района.

В это время Галину Константиновну выбрали депутатом в Ленинский районный совет Ростова-на-Дону, где ее избрали председателем постоянной депутатской комиссии по охране природы, что позволило ей содействовать принятию решений по улучшению экологической ситуации в городе.

В 2005 году Галину Константиновну назначили заместителем Главного врача филиала ФБУЗ «ЦГиЭ в РО» в г. Ростове-на-Дону.



В 2007 году Г.К. Фетисова оставила эту руководящую должность. Но большой практический опыт и умение эффективно взаимодействовать с сотрудниками позволили успешно организовать работу созданного ею отдела профессиональной гигиенической подготовки, аттестации и гигиенического воспитания, которым она сейчас руководит.

Отдел координирует и осуществляет работу в области медико-гигиенического просвещения с внедрением новых методических подходов и информационных технологий. Особое внимание уделяется привлече-

нию средств массовой информации с целью охвата всех слоев населения санитарным просвещением: организуются регулярные выступления на областном радио, телевидении, подготовка статей в газеты и журналы, выпуск памяток, инфографик, плакатов, «бегущих строк», радиобесед для трансляции через радиоузлы на объектах массового посещения (радиоузлы МЧС на транспортных магистралях, в подземных переходах, рынках, торговых центрах города и др.), проведение лекций и бесед с населением, демонстрация санитарно-просветительных фильмов в кинолектории отдела. Систематически проводится обучение руководителей и менеджеров туристических фирм по вопросам профилактики особо опасных инфекций и предупреждения их завоза на территорию РФ. Особое внимание в отделе уделяется методической работе с декретированными группами населения. В отделе используются и другие формы организационной и наглядной работы.

Галина Константиновна является автором и соавтором 26 тематических публикаций в журналах и материалах X, XI и XII всероссийских съездов гигиенистов и др.

Используемые Галиной Константиновной методические подходы в организации работы по гигиеническому воспитанию и обучению населения признаны «Школой передового опыта».

Список наград, поощрений и званий, помимо вышеперечисленных, у Галины Константиновны весьма велик. В их числе почетные грамоты Законодательного собрания Ростовской области, Ростовской городской думы, благодарственные письма мэра города Ростова-на-Дону и администрации Ленинского района. Она награждена знаком отличия «За заслуги перед городом Ростовом-на-Дону», медалью «Ветеран госсанэпидслужбы России» и др.

Галина Константиновна, как и раньше, полна новых творческих планов, интересных задумок и идей, продолжает плодотворно трудиться на избранном ею поле деятельности.

*А.К. Городова, Д.И. Федорченко,
филиал ФБУЗ «ЦГиЭ в Ростовской области» в г. Ростове-на-Дону*

Памяти Кацнельсона Бориса Александровича

20 августа 2022 года на 96 году жизни скоропостижно скончался заслуженный деятель науки Российской Федерации, действительный член Нью-Йоркской академии наук, доктор медицинских наук, профессор Кацнельсон Борис Александрович.

Свой трудовой путь Б.А. Кацнельсон начал во время войны в г. Новосибирске мотористом летно-испытательной станции авиазавода.

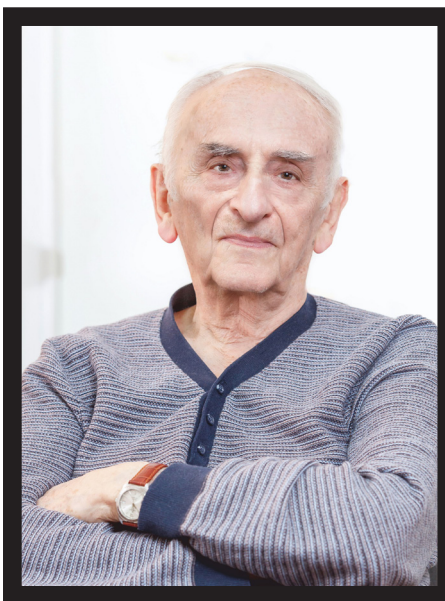
В 1949 г. он с отличием окончил Челябинский государственный медицинский институт по специальности «лечебное дело» и в том же году прошел специализацию по промышленной гигиене при Центральном Институте усовершенствования врачей (Москва), а затем с 1949 по 1954 г. работал по этой специальности в различных организациях г. Челябинска. В 1954–1957 гг. Б.А. Кацнельсон обучался в аспирантуре при Институте гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР и защитил кандидатскую диссертацию, посвященную вопросам гигиены труда при загрузке доменных печей и экспериментальной оценке действия на организм образующихся при этом процессе пылевых частиц.

С 1959 года и до последнего дня своей жизни Борис Александрович работал в Федеральном бюджетном учреждении науки «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора. В 1968 году Борис Александрович защитил докторскую диссертацию по проблеме комбинированного действия вредных факторов в этиологии силикоза; в 1970 г. ему присвоено звание профессора, в 2002 г. – заслуженного деятеля науки Российской Федерации; с 1995 г. – действительный член Нью-Йоркской Академии наук.

Весь трудовой путь Бориса Александровича являлся образцом высокопрофессионального труда талантливому Ученому, Учителю и Наставнику.

Труды Б.А. Кацнельсона внесли весомый вклад в изучение этиологии и патогенеза пневмокониозов, а также токсикокинетики и токсикодинамики отравлений организма металлами. Им было создано новое направление гигиенической науки, состоящее в повышении устойчивости организма к вредным факторам производственной среды названное «биологической профилактикой».

Под руководством профессора Б.А. Кацнельсона разрабатывались ПДК и ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны и методология их обоснования. Одним из первых в России Б.А. Кацнельсон начал исследования в области токсикологии наноматериалов, результаты которых широко публиковались в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах,



докладывались на многих международных конференциях и были высоко оценены профессиональным сообществом.

Под руководством Б.А. Кацнельсона было защищено 25 кандидатских и 9 докторских диссертаций. По результатам проведенных научных исследований Б.А. Кацнельсона и его школы практика санитарного надзора только за последние 5 лет получила 8 методических документов и 6 гигиенических нормативов, в том числе по наноматериалам. На протяжении длительного времени он являлся экспертом комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Роспотребнадзоре и комиссии по канцерогенным факторам при Минздраве РФ, членом правления

Всероссийской общественной организации токсикологов и редколлегии журнала «Токсикологический вестник».

Высокий уровень знаний Б.А. Кацнельсона в разных областях гигиенической науки и практики, а также его способности к синтезу различных научных направлений и генерации оригинальных идей, готовность прийти на помощь советом и делом, высокая порядочность, доброжелательность и открытость снискали искреннее уважение коллег в России и за рубежом.

Б.А. Кацнельсон был автором 5 монографий, 11 патентов и свыше 470 статей по различным вопросам гигиены труда, токсикологии, экологической эпидемиологии, многие из которых публиковались в международных журналах.

За свой многолетний плодотворный труд Борис Александрович был награжден государственными наградами: орденом Почета, медалями «За трудовую доблесть», «За трудовое отличие», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, имеет благодарность Президента Российской Федерации; ведомственными и региональными наградами: значками «Отличник здравоохранения», «Отличник санэпидслужбы», нагрудным знаком «Почетный работник Роспотребнадзора», орденом «За заслуги в развитии медицины и здравоохранения», памятной медалью «90 лет Госсанэпидслужбе России», памятной медалью к 130-летию образования Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, большим числом Почетных грамот и благодарностей, в том числе от полпреда Президента в Уральском федеральном округе, Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Законодательного собрания Свердловской области и др.

Борис Александрович обладал высокими человеческими качествами доброжелательностью, тактом, прекрасным чувством юмора, неравнодушием.

Коллектив ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора выражает соболезнование родным и близким Бориса Александровича и скорбит вместе с ними.

Светлая память о нем навсегда останется в наших сердцах.

Будь в курсе!

Начало подписной кампании на первое полугодие 2023 года

Подписная кампания на первое полугодие 2023 года началась с 1 сентября.

Издательство ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора предлагает вашему вниманию краткий обзор своих изданий.

Периодические издания:

- **Научно-практический рецензируемый журнал «Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО»**
Ежемесячный. Журнал входит в перечень ВАК, индексируется в РИНЦ, RSCI (WoS), Crossref (DOI)
Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-71110 от 22.09.2017.
- **Журнал «Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора»**
Ежеквартальный. Официальное издание нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования
Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-48297 от 24.01.2012 г.
- **Бюллетень «Информационный указатель нормативных и методических документов Роспотребнадзора – ИУН»**
Ежеквартальный. Каталог новых официально издаваемых нормативных и методических документов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)
Свидетельство о регистрации СМИ – Эл. №ФС77-78173 от 27.03.2020.

Подписка на печатные и электронные периодические издания может быть оформлена разными, удобными для вас способами:

- ✓ Подписка через издательство

Контактные данные: **печатные версии** периодических изданий (495) 633-18-17 доб. 164, e-mail: print_zakaz@fcgie.ru
электронные версии периодических изданий (495) 633-18-17 доб. 255, E-mail: fbuz300@yandex.ru

Цены на подписку через издательство на 1 полугодие 2023 года

Наименование услуги (работы)	Формат	Продолжительность подписки	Цена подписки, руб. (в т.ч. НДС)*		
			Журнал «Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО»	Журнал «Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора»	Бюллетень «Информационный указатель нормативных и методических документов Роспотребнадзора – ИУН»
Подписка на 1-е полугодие 2023 г.	Печатная версия*	1 экз.	1 416,00	1 182,00	–
		6 мес.	8 496,00	2 364,00	–
Подписка на 1-е полугодие 2023 г.	Электронная версия	1 экз.	740,00	690,00	315,00
		6 мес.	4 440,00	1 380,00	630,00
Годовая подписка (2022 г.) – архивные номера	Печатная версия*	12 мес.	12 192,12	3 518,42	–
Годовая подписка (2022 г.) – архивные номера	Электронная версия	12 мес.	6 900,00	2 300,00	1 000,00

*Цена на печатную версию изданий указана с учетом стоимости доставки по РФ (НДС 10 %)

- ✓ **Альтернативные способы подписки**

- Агентство ООО «Урал-Пресс» (<http://ural-press.ru/>). Подписные индексы:
Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО – 40682
Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора – 29895
- Национальная электронная библиотека eLIBRARY.RU (только электронная версия ЗНиСО)

Непериодические печатные издания и полиграфическая продукция:

В издательстве можно приобрести официально опубликованные нормативные и методические документы (НМД) системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования РФ на бумажных носителях: СП, СН, СанПиН, ГН, МУ, Р, МУК, МР.

НМД предоставляются по безналичному расчету на бумажном носителе, имеют международный стандартный книжный номер (ISBN), подтверждающий код издательства и уникальный номер издания.

Контакты для заказа: (495) 633-18-17 доб. 164, e-mail: print_zakaz@fcgie.ru