

Медико-социальный  
научно-практический журнал

**ЗДОРОВЬЕ – ОСНОВА  
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Том 16**

**№ 1**



**Посвящен лидерствам России в мире**

Санкт-Петербург  
2021

## Журнал

# "Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения"

*Главный редактор*

**Варзин С.А.**, д-р мед. наук, проф.

*Редакционная коллегия*

**Бубнова Н.А.**, д-р мед. наук, проф.;

**Васильев Ю.С.**, д-р техн. наук, проф.,  
академик РАН.

**Воронцов А.В.**, д-р философ. наук, проф.;

**Глазьев С.Ю.**, д-р экон. наук, проф., академик  
РАН (Москва);

**Горбанёв С.А.**, д-р мед. наук, проф.;

**Еремин Г.Б.**, канд. мед. наук, доцент;

**Иванова Н.В.**, д-р мед. наук, проф. (Псков);

**Иорданишвили А.К.**, д-р мед. наук, проф.;

**Косачев И.Д.**, д-р мед. наук, проф.;

**Лаптев Г.Ю.**, д-р биол. наук;

**Мазуренко С.О.**, д-р мед. наук, проф.;

**Макаренко С.В.**, канд. мед. наук, доцент;

**Мальцев С.Б.**, канд. мед. наук, доцент;

**Матвеев А.В.**, канд. техн. наук, доцент;

**Матвеев В.В.**, д-р техн. наук, д-р филос. наук,  
канд. экон. наук, проф.;

**Мирошников Б.И.**, д-р мед. наук, проф.;

**Мозжухина Н.А.**, д-р мед. наук, проф.;

**Осипов А.И.**, д-р с.-х. наук, проф.;

**Петрова Н.Н.**, д-р мед. наук, проф.;

**Пискун О.Е.**, канд. пед. наук, доцент;

**Пчелин И.Ю.**, канд. мед. наук, доцент;

**Редько А.А.**, д-р мед. наук, проф.;

**Строев Ю.И.**, канд. мед. наук, проф.;

**Сулакшин С.С.**, д-р физ.-мат. и полит. наук,  
проф. (Москва);

**Ткачук С.П.**, канд. экон. наук. (Москва);

**Чурилов Л.П.**, канд. мед. наук, ведущий  
научный сотрудник, доцент;

**Шишкин А.Н.**, д-р мед. наук, проф.;

**Шумилкин В.Р.**, канд. мед. наук, доцент;

**Эрман М.В.**, д-р мед. наук, проф.;

**van Zwieten K.J.**, д-р мед. наук, проф. (Бельгия);

**Schmidt K.P.**, д-р мед. наук, проф. (Бельгия).

### УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Редакция оставляет за собой право на стилистические  
правки и сокращение присланных материалов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Журнал основан в 2006 г.

ISSN 2076-4618

Журнал входит в РИНЦ

## Том 16, №1, 2021

Тираж 500 экз.

Подписано в печать 25.12.2021 г.

Формат 70x100/16.

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 130,3. Уч.-изд. л. 121,8.

Заказ № 534.

### Адрес редакции:

195271, г Санкт-Петербург,  
проспект Кондратьевский, дом 72,  
литера А, офис 619. kab.702.

**E-mail: [human-potential@mail.ru](mailto:human-potential@mail.ru)**

© Санкт-Петербургский  
государственный университет, 2021

© Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра  
Великого, 2021

© Санкт-Петербургский медико-  
социальный институт, 2021

© Варзин С.А., Диодорова Т. И.,  
логотип, 2012

© Варзин С.А., Диодорова Т. И.,  
логотип 2, 2017

Medical and social  
scientific and practical journal

**HEALTH – THE BASE  
OF HUMAN POTENTIAL:  
PROBLEMS AND WAYS TO SOLVE THEM**

**Volume 16**

**№ 1**



**Dedicated to Russia's leadership in the world**

**Saint-Petersburg  
2021**





## РОССИЯ И СТРАНЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

**Приветственное слово академика РАН Глазьева С.Ю.  
на XVI всероссийской конференции «Здоровье – основа человеческого  
потенциала: проблемы и пути их решения» 25.11.2021 г.**



*Добрый день, дамы и господа!*

Я рад поприветствовать всех участников форума и пожелать вам успешной и конструктивной работы! Мы с нетерпением ждем ваших предложений по тем актуальным проблемам, которые вынесены в повестку.

Форум очень амбициозный, судя по повестке докладов и фамилиям самих докладчиков, разговор будет серьезным и посвящен самым актуальным проблемам нашей системы здравоохранения, жизнеобеспечения, которые, разумеется, очень волнуют и Евразийскую экономическую комиссию. Мы так же, как и все национальные правительства государств-членов ЕАЭС активно участвуем и в борьбе с пандемией и ее последствиями, и в работе по предотвращению загрязнения окружающей среды, реализуем разработку программ и проектов улучшения систем водообеспечения и энергоснабжения территорий, которые в этом нуждаются. И эта обширная тематика, которая будет сегодня обсуждаться, нас очень волнует.

Практически сразу после начала пандемии мы провели межправительственный совет, на котором главы национальных правительств догово-

рились о системе скоординированных мер по борьбе с пандемией. Мы оперативно эти меры разработали, их внедрение позволило не допустить перебоев в части снабжения товарами и проведения экспортно-импортных операций. Мы избежали введения протекционистских мер, приняв льготный режим ввоза на единую таможенную территорию необходимых лекарств, медикаментов, средств гигиены, и сохранили наше единое экономическое пространство, несмотря на естественное принятие каждым государством ЕАЭС своего набора мер по социальной изоляции и поддержке экономики. Благодаря этим мерам нам удалось избежать возникновения каких-то новых барьеров в торговле, выработать общее понимание и обеспечить взаимопомощь. В том числе, вы знаете, российское правительство предоставило возможность государствам-членам ЕАЭС оперативно получать доступ к технологиям производства вакцины «Спутник», помочь организовать ее производство в других государствах ЕАЭС, и это, несомненно, способствовало укреплению нашего сотрудничества. Могу сказать, что по итогам прошлого, достаточно тяжелого года, у нас достаточно ощутимо (на 20-30%) выросли объемы производства фармацевтической продукции. Выросли производство и торговля сельскохозяйственной продукцией, большие позитивные сдвиги происходят в развитии информационной инфраструктуры. Сегодняшняя смена технологических укладов была подстегнута вызовами пандемической ситуации.

Вместе с тем, не могу не задать вопрос, так как среди участников конференции много квалифицированных специалистов, профессионалов. Обычно мы боролись с болезнями с помощью лекарств, а теперь возникают вопросы: почему до сих пор нет таблетки от ковида? Почему мы выбрали путь всеобщей вакцинации населения, а до сих пор не разработали эффективную методику лечения самой болезни, которая видоизменяется и которая неизвестно к каким еще мутациям вируса приведет? Мне кажется, нужно над этим подумать!

Также нужно всерьез подумать и об экологических проблемах. Мы сегодня, прямо скажем, во многом плетемся в хвосте инициатив ЕС, который захватил лидерство в климатической повестке и навязывает всему миру достаточно сомнительные инструменты введения углеродного налога и специальных дополнительных пошлин на углеродный след. В то же время наши климатологи говорят, что они скептически смотрят на влияние парниковых газов, в особенности, на влияние выбросов CO<sub>2</sub> на изменение климата. Мы хорошо понимаем, что главным фактором изменения климата является солнечная активность, и в зависимости от её изменений климат меняется

на 85-90%. Конечно, антропогенные выбросы тоже сказываются на изменении климата. Нет сомнений, что парниковые газы воздействуют на климат и ведут к потеплению, но далеко не в тех масштабах, на основе которых строятся расчеты. Вот скажем, расчеты экспертов, которые приводятся сегодня на международной конференции о том, что совместная борьба с выбросами парниковых газов обеспечит снижение температуры на планете на 1,5-2.0° С, – конечно, не выдерживает никакой научной критики. Но загрязнение есть и с загрязнением нужно бороться, его негативное влияние очевидно. Нам нужно использовать климатическую повестку для того, чтобы создать рациональную систему природопользования, не только в плане ограничения выбросов парникового газа, но и в плане снижения вообще любых выбросов, которые загрязняют окружающую среду, негативно влияют на здоровье человека. Нужно сказать, что кроме привычного для нас углекислого газа существуют еще сотни других, куда более вредных, как с точки зрения воздействия на климат, так и, самое главное, с точки зрения воздействия на человека отравляющих, вредных веществ. Нам нужно вспомнить про разработки, которые велись в нашей академической науке, по части экологии и эффективного природопользования, составить единый для государств ЕАЭС классификатор загрязняющих веществ, договориться об их регулировании на базе универсальных принципов, рассчитать воздействие каждого вредного вещества на ассимиляционный потенциал окружающей среды. И, исходя из затрат на её восстановление, продумать систему платежей и штрафов, которые должны поступать в экологические фонды, а экологические фонды – тратить полученные деньги на защиту окружающей среды от вредного антропогенного воздействия. Вот так нужно подходить к проблеме борьбы с изменением климата, смотреть на этот вопрос комплексно, системно и не забывать, что мы работаем для людей и для нас важны не только углекислый газ, но и все другие вещества, которые образуются в результате хозяйственной деятельности человека и негативно сказываются на его здоровье. Значит, нужно использовать эту активизацию в климатической повестке, чтобы создать рациональную, научно обоснованную систему природопользования. И здесь мы тоже ждем от вас рекомендаций.

Наконец, не могу не обратить внимание на очень важный вопрос, который вы тоже будете обсуждать, – вопрос качества питьевой воды для ряда государств Европейского экономического союза. Для наших соседей по Средней Азии эта проблема становится все острее и острее, решения этой проблемы сегодня нет. Предложения, которые мы видим от международных структур, касающиеся вопросов рационализации водопользования, пока

не балансируются – необходим комплексный подход по одновременному решению энергетических проблем и проблем водоснабжения. У нас есть возможность развивать атомную энергетику, альтернативные возобновляемые источники электрогенерации, чтобы снизить нагрузку на воду. Вода нам критически нужна для снабжения населения, и для сельского хозяйства, и для многих других нужд. Поэтому решение водной проблемы тесно связано с решением энергетических задач, потому что энергетика является главным потребителем водных ресурсов. Увязывание развития энергетики с вопросами рационального водопользования – это тоже необходимое условие нашего устойчивого и успешного экономического развития. И, конечно, качество питьевой воды, которое оставляет желать лучшего во многих наших регионах. Здесь нам тоже предстоит большая работа по созданию систем стандартизации, технических регламентов, по разработке технологий очистки сточных вод, по подготовке воды для потребления людей. В частности, сейчас по инициативе российского правительства ведется работа по введению маркировки для бутилированной питьевой воды, что должно избавить нас от контрафакта и фальсификата, но это лишь мера контрольная, а сосредоточиться нужно на реальных мерах по обеспечению рационального водопользования, по обеспечению нашего населения чистой питьевой водой, которая является одной из фундаментальных основ здорового образа жизни.

Я желаю Вам успехов, и мы с нетерпением ждем результатов от вашего форума!

*Сергей Юрьевич Глазьев,  
д-р экон. наук, профессор, академик РАН  
Министр по интеграции и макроэкономике  
Евразийской экономической комиссии (ЕЭК)*

Ссылка на видеодоклад – <https://cloud.mail.ru/public/oEdM/4ie7TNJBe>

## ОБ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛИДЕРСТВАХ РОССИИ В МИРЕ

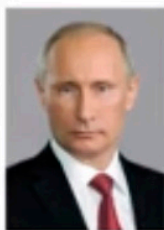
Выступление Багдасаряна В. Э.

на XVI всероссийской конференции «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» 25.11.2021 г.

Я бы начал свой рассказ с презентации вышедшего некоторое время назад учебника. Учебник, так, собственно, и называется – «Лидерство». Он вышел в издательстве «Инфра-М». В нём обобщен мировой опыт преподавания предмета лидерства и сделана попытка соединения концепции лидерства с российским социо-культурным контекстом.

Для сегодняшнего выступления нужен какой-то эпиграф. В качестве такого эпиграфа я бы взял слова президента, сказанные им в 2011 и 2018 году. В 2011 году им ставилась задача на то, что Россия должна войти в пятерку крупнейших экономик мира. «Абсолютно реальная задача», – заявил президент В.В. Путин (рисунок 1).

### Цель – войти в пятерку мировых экономик



#### 2011

«Поэтому объективное требование одно: темпы нашего развития должны быть кардинально выше тех, что мы имеем сегодня. Нужно вновь вернуться к тому, что было совсем недавно, несколько лет назад, до кризиса, и раскрутить маховик экономического развития, темпов роста до 6-7% в год, а за следующие пять лет войти в пятерку крупнейших экономик мира. Абсолютно реальная задача».

#### 2018

«По паритету покупательной способности мы практически близки к этому, был момент даже, когда мы вошли в эту пятерку. По разным показателям движение происходит то вниз, то вверх, но мы ставим своей задачей закрепиться в этой пятерке, и так оно, я уверен, и будет».

*Рисунок 1. Цитаты Президента РФ В.В. Путина*

Прошли годы, и в 2018 году им было сказано примерно следующее: По паритету покупательской способности мы даже были близки к этому. Поэтому был момент даже, когда мы вошли в эту пятерку (*авт.* – по разным показателям было движение то вниз, то вверх). Но мы ставим своей задачей закрепиться в этой пятерке, так оно, я уверен, и будет. Я в данном случае

не хочу говорить, почему Россия не вошла в эту пятерку, что этому помешало, соответствовали ли эти задачи её возможностям или нет. Речь о другом: в самой постановке целевой задачи – войти в «пятерку»!!!

Так ли формулировал эту задачу в XX-м веке, например, Советский Союз. Без таких ли формулировок быть «пятой» исходила Российская империя? Эти ли цели и задачи должен ставить для себя лидер? В этом отношении постановка вопроса: «А было ли такое ранее»? Ну, я думаю, особенно в связи с 30-летием даты гибели Советского Союза, которая приходится на этот 2021 год, постановка задачи достаточно уместна и важна.

Но начну я с категории «лидер». Важна в данном случае этимология понятия «лидер». Лидер, – сравнительно недавнее понятие, – оно возникло в XIX веке, пришло из спорта. Лидер – это человек, ведущий за собой команду. Следовательно, должен быть человек или в нашем случае сторона, ведущая за собой, и должны быть последователи, идущие за этим человеком или этой стороной в достижении поставленной цели. Посмотрим, как это было ранее, как это есть сегодня. Здесь сразу же хочется вспомнить часто цитируемые слова римского философа Сенеки: «Для корабля, не знающего своего курса, не бывает попутного ветра». Знание своего курса (т.е. цели), – куда движешься сам и куда предлагаешь двигаться своим последователям, – имеет принципиальное значение. Предлагаю порассуждать на эту тему. А, если эта цель – куда движется корабль под названием Россия сегодня?! Вместе с тем сошлюсь на то, что есть у геополитических оппонентов. Стратегия национальной безопасности США, в данном случае берется та, которая была в 2015 году разработана при Б. Обаме. При Д. Трампе мало что изменилось, но эта стратегия может быть определена понятием «американское мировое лидерство». Чёрным по белому, так, собственно, и ставилась задача. Мы будем лидировать, используя все инструменты американской мощи. Стратегии декомпозированы на три составляющие: это военное лидерство, экономическое лидерство. США возглавляет другие государства, предполагает возглавлять другие государства, которые импонируют США. И ценностное лидерство – американская система ценностей должна иметь последователей и вести за собой мир. Так, собственно, ставилась задача.

Я предлагаю теперь посмотреть, а как место, занимаемое Россией в мире, с точки зрения претензии на лидерство, могла артикулировать и артикулировала Россия.

В данном случае нам будет в помощь Валлерстайновская система, которая выстраивается в его модель: центр – полупериферия – периферия, которая в общем-то показывает место той или иной страны в мировой



системе координат (рис. 2). Посмотрим, как это было исторически по отношению к России.

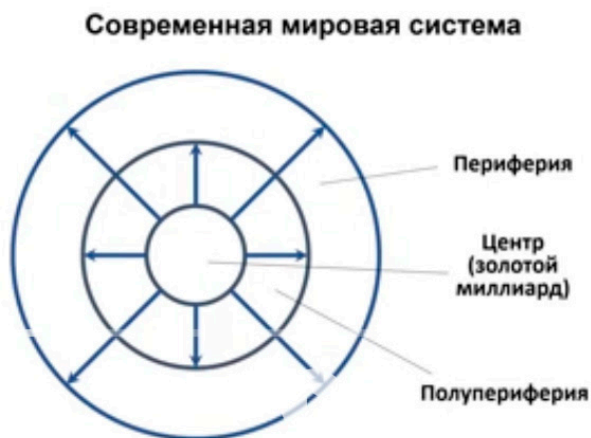


Рисунок 2. Структура мир-системы по И. Валлерстайну

Русская средневековая модель – попытки ее реализации будут и позже. Представляется так ... в мире наступает Зло. Зло доминирует, оно ведёт мир к Апокалипсису, Россия удерживает мир от прихода зла. Здесь не собственно ставилась задача спасти человечество, а здесь ставилась задача удержать это русское пространство в Святой Руси.

Модель номер 2. Это условно вторая половина XIX века, модель, которую определил царь Александр II: существует отдельный геополитический региональный центр силы – Россия, это один из центров силы и понятно, что ставилась задача не глобального плана, а – регионального пространства (рисунок 3, А). Удерживать его и, в общем-то, задавать некую повестку. Региональное лидерство, но не то лидерство, которое мы видели в Стратегии национальной безопасности США.

Модель номер 3. Движения в направлении капитализма, заданные ранее, но по-своему воплощение стихийного положения России на периферии. Ну, в прошлом наиболее очевидно это воплощение произошло после февраля 1917 года. Россия как капиталистическая периферия, Запад служит образцом для подражания. Россия не занимает положения лидера, а становится ведомым по отношению к доминирующему Западу. В 90-е гг. фактически эта модель была полностью реализована (рисунок 3, В).

Модель номер 4. Это советская модель. На этом этапе артикулировалось Российское советское лидерство. Выстроенная система была биполярная. Советский Союз предлагал альтернативную систему мироустройства и вёл за собой значительное число государств, которые выбирали эту модель (рисунок 3, Б).

## Исторические модели российской государственности

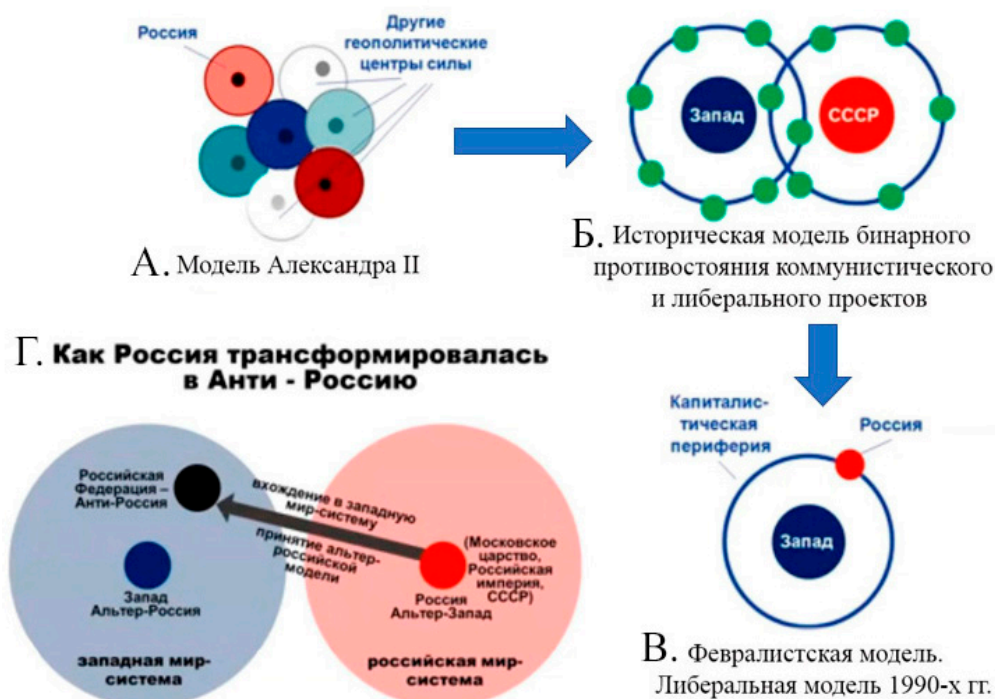


Рисунок 3. Варианты системных моделей мироустройства

Вот, если мы говорим о Советском лидерстве, оно претендовало на мировое и приходилось на XX век. Это период Советского Союза. Что происходило дальше? Вот они существующие две противоположные системы в Западной мир-системе по Валлерстайну. Системы, оппонирующие друг другу. Российская система выстроилась как альтернативная западной в идеологическом плане. Далее Западная система вбирает в себя российскую, российская – западную и шаг за шагом движение, прохождение российской или Советской мир-системы в западную Систему (рисунок 3, Г).

Но это концептуально нашло выражение в концепции конвергенции, но движение «шаг за шагом» предполагало отбрасывание собственной системы ценностей.

А так как Западная модель была построена на альтернативе по отношению к Российской системе, поразительным образом происходила трансформация России в то, что называли Анти-Россия.

Посмотрим статистические ряды Митчелла и Мэддисона, положенные в основу последующих иллюстраций. Иллюстрация доли России в мировом ВВП на её историческом воплощении (рисунок 4), здесь мы видим, вот



тот подъем, можно сказать, лидерский подъём. Это тот подъём, который происходил в XX веке в Советский период. Период, когда показатели достигали 15%, а то и более по отдельным годам от мирового ВВП.



Рисунок 4. Вклад России в мировой ВВП, %

Фактически, та роль, которая перешла сейчас Китайской Народной Республике, принадлежала Советскому Союзу, причём без той доли населения, которую имеет сегодня КНР. Советский Союз, если как-бы убрать всё постсоветское пространство и оставить фактически Россию, оказался отброшенным на уровень Московского Княжества.

Мэддисона статистические ряды вот именно показывают такой отброс. Мы видим в них, что апогей экономического лидерства России, если брать чисто экономику, хотя не в экономике главная была катастрофа, а в идеологическом проекте. Мы видим, что это приходится на определенный исторический этап в XX веке. Существует заведомо ложное представление о том, что, якобы, в поздний Советский период Россия отставала от Запада, а потому она была обречена, она проигрывала экономическую гонку – **СОВЕРШЕННО НЕ ТАК.**

Экономически СССР Западу никогда не проигрывал, а темпы его роста были в разы больше, чем в других странах. Мировое лидерство постепенно даже в эти годы переходило к Советскому Союзу.

Демографические показатели. Хотел бы напомнить, что Советский Союз был третьим по численности населения среди стран мира. Если брать РСФСР, он был четвёртым. Сегодня Россия отброшена на девятую-десятую позицию. Впереди России ступенькой выше – Бангладеш. Бангладеш

к 2050 году по прогнозу окажется на 18-м месте. К 2060 году Россия окажется 22-й. Ну, собственно, не надо и никакой внешней экспансии и применения оружия. Геополитически удержать при такой численности населения страну оказывается невозможно.

Другой показатель – научные открытия. Здесь по отношению к миру в целом, по отношению к странам, которые претендуют на роль лидера в науке, в данном случае в начале XX века Германия, потом Соединённые Штаты Америки ... берется перечень крупнейших научных открытий, которые в общем-то представляются, в частности, ЮНЕСКО. Мы видим, что опять-таки на Советский период приходится апогей влияния в научном плане России, её роли и мы видим тот минимум, который в общем-то достигается сегодня.

Когда-то Советский союз позиционировался, как самая читающая страна в мире, по показателям по количеству книг, выпускаемых в СССР по сравнению с США. Еще в период Российской империи Россия обходила США. В Советский период она уходила в существенный отрыв в несколько раз и превосходила издание книг в нашей же стране, и также в США. И вот мы видим сегодняшний показатель России. Россия отброшена назад. Принято смеяться над дебилизмом американской молодёжи, но мы видим количество выпускаемых книг сегодня в России. Действительно, есть проблемы с системой школьного образования в США, но в России обстановка сейчас еще хуже. Я не брал здесь специально цифры, связанные с ограничением в связи с присутствием российских спортсменов на Олимпиадах в связи с историей с допингом. В Советском периоде в 1988 году – это как бы абсолютный рекорд был поставлен с США, которые оказались лишь третьими. Сейчас же мы видим явное снижение этого показателя у наших спортсменов. Таким образом мы видим негативную динамику, фактически, по всем показателям.

Ограничимся этим. Мы видим, таким образом, по всем показателям мировое лидерство принадлежало в XX веке Советскому Союзу и далее известно, как это лидерство было исторически утрачено.

Лидер это тот, кто ведёт за собой, кто может увлечь за собой, предложить цель. Барак Обама высказывался, что Россия региональная держава. У нас были возмущены, как же «региональная»? «Мы не вступаем в Новую холодную войну, – говорил Обама, – ведь Россия в отличие от Советского Союза не возглавляет блок других государств, не представляет глобальную идеологию». Об этом же говорил Збигнев Бжезинский. Россия не имеет глобальной идеологии, она не может стать лидером не потому, что её экономика недостаточна, а потому что глобальные лидерские идеологии

отсутствуют в России, это большая и главная её проблема.

Да, знаете, обобщая опыт, можно сказать, что апогей могущества нашей страны пришелся именно на Советский период, благодаря Советской модели. За счет чего и каких модельных преимуществ был возможен этот рывок. Во-первых, это мобилизационная модель. Во-вторых, идеократическая модель. В-третьих, это модель, которая была связана с государственным планированием не просто индикативного планирования, а именно государственного плана. В-четвертых, это модель социального равенства. В-пятых, это модель коллективизма. В-шестых, это модель, в которой существовала такая важная вещь, как государственная монополия внешней торговли. В-седьмых, это, наконец, модель опоры на собственные силы.

Возможно, этот модельный ряд можно и продолжить перечислять. Но это те факторы и особенности этой советской модели, в общем-то, и обеспечивали те лидерские позиции СССР, которые оказались утрачены по каждой из этих составляющих. Любой пункт из этих перечисленных параметров сегодня отсутствует. И последнее, что хотелось бы сказать ещё раз. Лидерство – это возможность увлечь за собой других в плане достижения цели. Россия всегда была таким генератором больших смыслов, больших идей, вот этого сегодня явно не хватает для мира, новые идеи, которые бы увлекли за собой человечество. Но со стороны геополитических факторов она не выдвигается. Россия сегодня, это не Российская империя, и это не Московское царство, это тем более не Советский Союз, но всё равно без генерации этих больших смыслов не может существовать Россия. Да и по большому счёту, перед большими вызовами в отношении перспектив гармоничного развития находится сегодня и человечество. Это, наверное, главное из исторического опыта, смыслы и ценности которого должны оказаться в актуальной повестке. Спасибо, благодарю за внимание.

**Багдасарян Вардан Эрнестович,**

*д-р ист. наук, профессор,*

*декан факультета истории, политологии и права*

*Московского Государственного Областного Университета,*

*профессор кафедры Государственной политики Московского*

*Государственного Университета им. М.В. Ломоносова*

Ссылка на видеодоклад – <https://cloud.mail.ru/public/ooT5/dC1dXPXqh>



**Скульптура «Родина-мать зовёт!»** — композиционный центр памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане в Волгограде – Сталинграде. Скульптор - Е. В. Вучетич и инженер - Н. В. Никитин. Фото Татьяны Федотовой.

## РОССИЯ В ГОД 80-ЛЕТИЯ ОБОРОНЫ МОСКВЫ

*Дорогие читатели журнала «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» и участники XVI-й Всероссийской научно-практической конференции с одноименным названием!*

Мы общаемся с вами вот уже 16 лет. Когда встречаются на своих форумах хирурги – они обсуждают вопросы хирургического лечения сложных заболеваний тела, терапевты – вопросы заболеваний не менее тяжелых, но не требующих скальпеля, психиатры – делятся своим опытом по ведению пациентов с душевными болезнями и т.д. Для чего встречаемся сегодня мы, люди разных специальностей? Среди нас есть врачи, биологи, психологи, социологи, экономисты, финансисты, военнослужащие, священники, аграрии, ученые и пр.? Мы приходим в прекрасные аудитории, чтобы рассказать друг другу, как мы живем, чем занимаемся, каким видим мир, окружающий нас в нашей стране – России ... И это нас действительно волнует, так же как тогда, ровно 80 лет назад, под Москвой было спасено будущее нашей Родины. Тогда многие недели шло кровопролитное сражение – страна и наш народ с оружием в руках бились с немецко-фашистскими полчищами, отдавая свои силы, кровь, жизнь.



Рисунок 1. Оборона Москвы. Военный Парад на Красной Площади в ознаменование 24-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, 7 ноября 1941 г.



Мы выстояли и победили в том страшном сражении. Цена той первой и очень дорогой для нас Победы была велика. И не только по своим человеческим и материальным затратам. Осенью 1941 года военная обстановка была такова, что многие люди потеряли веру в победу, их покидала последняя надежда, часть из них поддавалась отчаянию и они могли считать, что СССР вот-вот падет под ударами немецких армий ... ситуация, действительно, казалась безнадежной. Однако у лидеров нашего государства в тот момент проявились твердость разума, сила духа, вера в свои возможности, уверенность в своем народе и в правоте своего дела, а потому и – надежда на победу. Надежда и уверенность пришли и к народу. Народ не дрогнул, выстоял тогда. Потом были многие другие военные победы, за которые также было заплачено большой кровью, человеческими жизнями, и это уже был неукротимый конвейер сражений ради освобождения Родины. Был и большой труд, который позволил не только ковать во время войны грозное и смертельное для врагов оружие, но и восстанавливать разрушенные города и села, строить много новых заводов, школ, институтов, сельских производств и пр. Целью этих побед была наша Свобода и Право жить на своей земле, дышать чистым воздухом, радоваться голубому небу и свету солнца. После той войны, для многих уже кажущейся очень далекой, прошли десятилетия. По их прошествии, сегодня мы смотрим на свою страну, мы вновь встревожены. И что же мы видим?

За последние 20 лет в России закрыты более 80 тысяч заводов и фабрик, резко сокращено производство российских автомобилей, морских и речных кораблей, самолетов, вертолетов, тракторов, комбайнов, строительной техники, станков, приборов, в том числе медицинского и биологического назначения, фармацевтических препаратов, практически нет отечественной бытовой и компьютерной техники, одежды и обуви, стройарматуры и материалов, пищевых продуктов и многого другого. 20 лет назад Россия насчитывала 48 тысяч крупных коллективных хозяйств на селе. Сегодня их количество сократилось в 5 раз, 30% из оставшихся - убыточны. Сегодня более 50% продуктов животноводства и 90% овощей производится в личных подворьях.

В тематической сфере нашей конференции страна утратила суверенитет и национальную безопасность по продовольствию, по лекарствам. «Оптимизация» здравоохранения уничтожила десятки тысяч койко-мест, врачебного и среднего медицинского персонала. В условиях пандемии откровением стало то, что сокращены многие тысячи врачей инфекцион-

стов, вирусологов, инфекционных клиник. В стране не только эпидемия Ковида, тщательно камуфлируется эпидемия ВИЧ инфекции, тот факт, что заболеваемость растет по всем (!) классам болезней. По производительности труда страна в 8 раз отстаёт от уровня ЕС. Исчезло 20 тысяч деревень, во многих оставшихся доживают свой век на грошовые пенсии лишь по несколько стариков. Закрыто 15600 клубов, 4300 библиотек, 22000 детсадов, 14000 школ. Молодежь стремится уехать из страны.

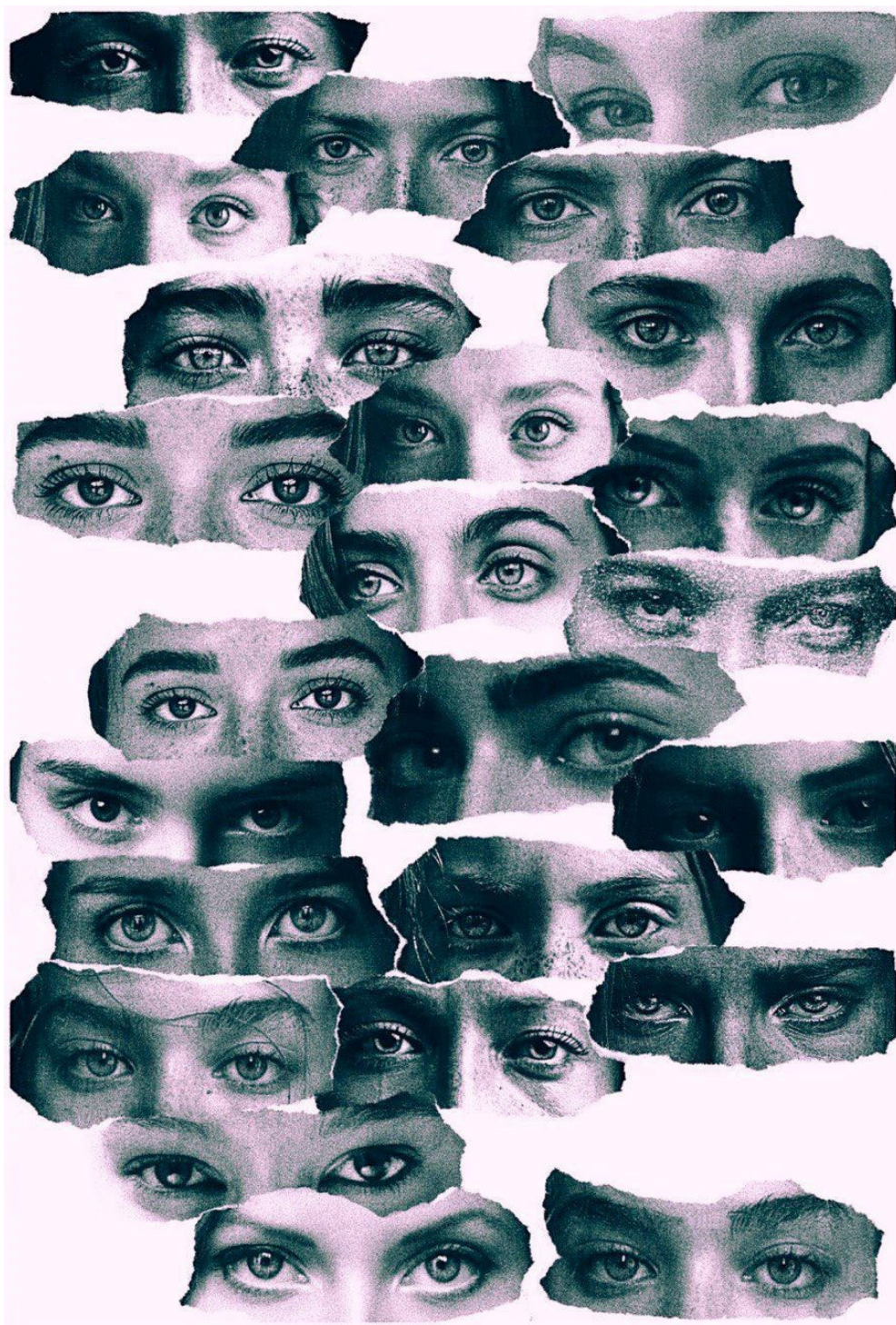
Продолжающаяся стагнация российской экономики привела к падению реальных располагаемых доходов населения, существенно снизив уровень его платёжеспособности и качество его жизни. На протяжении длительного времени наблюдается переток ресурсов и капиталов из РФ, что демонстрирует утрату суверенитета в экономике страны. Поразительный ущерб экономике и стране наносит деятельность ЦБ РФ, его денежно-кредитная и эмиссионная политика со значительным изъятием из обращения денежной массы, которая есть аналог крови в системе кровообращения в живом теле человека. Как следствие, это ведет к деградации всей экономики Российской Федерации.

Смертность в России превышает рождаемость в течение последних 30 лет, она компенсировалась исключительно за счет миграции. С 2016 года отмечается постоянный прирост смертности и ее превышение над рождаемостью. Вслед за историческим ельцинским явлением «Русского креста» (резкий рост смертности и спад рождаемости) сегодня в России мы видим второе издание «Русского креста». Число умерших в России за последние 12 месяцев, т. е., с декабря 2020 г. по ноябрь 2021 г., превысило 2,4 млн человек. Это худший период после 1945 г. (Не)естественная убыль населения без учета миграции перешагнула за последний год отметку в 990 000 человек<sup>1</sup>. Но тогда, 80 лет назад, вымирание народа объяснялось нападением на страну дикой варварской силы, гитлеровского фашизма. Какая сила ведет политику геноцида населения сегодня? Кто напал на нашу страну в наши дни? В чем причина противоестественного вымирания народа России?

При всей содержательности медицинской статистики, в ней отсутствует информация об экономических, социальных и экологических причинах; по существу, нет никакого открытого научного анализа политического процесса в стране, ответственного за всю государственную политику, за государственное управление. Но уже нет сомнения, что модель нашего государства, оформившаяся в последние 20 лет, ответственна за практически геноцид населения. Во всем мире на долю эндогенного возрастного

---

<sup>1</sup> <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2021/11/29/898151-umershih-antirekord>



Коллаж «Женщины смотрят на нас. Они ждут и надеются ...»

© 2021 Ольга Щелчкова – дизайнер, Илья Анохин – иллюстратор, Николь Лысак – фоторедактор, Сергей Варзин – автор идеи.



фактора смертности – естественного старения – приходится чуть более 20% смертей. Основными экзогенными факторами смертности являются: голод и недоедание (что тоже голод) – 23,4%, уровень медицинского обеспечения – 17,5%, состояние окружающей среды – 6,4%. На долю всех остальных факторов приходится только 32% смертей.

Сегодня средняя фактическая продолжительность жизни мужчин не превышает 60 лет (59,8 года)! И при таком показателе мужчинам повысили пенсионный возраст до 65 лет?! Это шутка или диверсия, требующая уголовного преследования тех лиц, которые ее затеяли?! И не могут убаюкать «оптимистические» официальные мечты об ожидаемой (то есть не фактической, а расчетной для сегодня родившихся) продолжительности жизни.

Новообразованные молодые семьи быстро распадаются! За 2019-2020 гг. число браков упало на 19%. Доля разводов от числа браков с 65% в 2019 г. (что само уже запредельно!) в 2020 г. выросло до 73% и это не предел для нашей страны. Средний возраст рождения первого ребенка у женщины в России остается на одном уровне долгие годы - 28 лет. Российская женщина не рождает в течение 10-ти лучших своих лет – с 18 до 28 лет – по каким причинам?! Семейные ценности, ценности детности в России уничтожаются.

Молодые женщины в огромном числе стоят на панели (пример только Москвы – они в 15-минутной доступности от любой станции метро). Что надо было сделать с сознанием этих женщин, чтобы они почувствовали себя товаром, продажным телом, чтобы они потеряли стремление к прекрасному и духовному, чтобы их лишить счастья материнства и семейного очага? Число женщин детородного возраста постоянно снижается – а это ростковый слой нации! Что делает государство для решения демографической проблемы? При объективном рассмотрении оказывается, что ничего! Если не считать культурную политику существенно растлевающей, рекламу и интернет эксплуатирующими тему эротики и коммерческой эксплуатации красоты и достоинства женщины. Многочисленные планы и многолетние программы с красивыми и звучными названиями – не в счет. Разве можно чего-либо добиться, если в государственной программе ставятся ориентиры не 3,8 детей на семью, а гораздо меньшие – 1,75, а реально оказывается – 1,4–1,2. За 20 лет мы не увидели никакого должного эффекта!

Молодежь, женщины смотрят на нас – граждан и мужчин (коллаж). Они ждут, когда мы, мужчины, очнемся от гипноза, летаргического сна, колдовства, завораживающего воздействия мифических сирен, лживой убедительности СМИ, диктата небольшой группы политиков, от всего

остального, что мешает нам увидеть правду реальной жизни. Они мечтают, что мы, – мужчины, – как в красивой сказке, надев воинские доспехи, вскочим на своих коней и понесемся вскачь освободить их от оков материальной бедности, духовной нищеты, идеологии антисемьи и антидетства.

Наша страна не раз в историческом континууме занимала лидирующие позиции в мире. Относительно недавно в историческом контексте, Россия разгромила наполеоновскую Францию и вошла в Европу (1812-1813 гг.), принесла ей свободу и мир на долгие годы. Победив фашистскую Германию и её сателлитов во II-й Мировой войне Россия (на тот период СССР) на многие годы объединила восточноевропейские страны в мощный военно-экономический союз («СЭВ», «Варшавский Договор»). Россия занимала ведущее положение в индустрии и сельском хозяйстве, обороне, образовании, науке (атомное ядро, космос, здоровье человека и др.), здравоохранении, культуре, спорте.

Мы надеемся, что честный, тревожный, патриотический научный вклад поможет нашей стране восстановить свои утраченные на сегодняшний день позиции. Этой цели и были подчинены прошедшая конференция с её докладами и дискуссиями и публикуемые в журнале статьи.

**Сергей Александрович Варзин,**  
главный редактор журнала,  
доктор медицинских наук

# ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

---

## 1.1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНЫ

### 1.1.1. Проблемы водоснабжения

УДК:614.445:543.31

*Бадаева Е.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б.,  
Федоров В.Н., Ганичев П.А., Серикова Я.Ю.*

#### ОЦЕНКА ГРУППЫ СУММАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ВОДОИСТОЧНИКА

**Аннотация.** Выполнен анализ нормативно- правовых актов, регламентирующих требования к выбору водоисточника, воде водоисточника, воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проанализированы проектные материалы, выполнен анализ качества воды подземных водоисточников, холодной воды. Предложено для оценки качества воды, предназначенного для обоснования долгосрочных решений по выбору водоисточника и установлению зон санитарной охраны, выполнять оценку групп суммации, а также оценку риска здоровью.

**Ключевые слова:** выбор водоисточника, качество воды, группы суммации.

*Badaeva E.A., Mozhukhina N.A., Eremin G.B.,  
Fedorov V.N., Ganichev P.A., Serikova Ya.Yu.*

#### ASSESSMENT OF THE GROUP OF SUMMATION OF UNIDIRECTIONAL POLLUTANTS WHEN CHOOSING A WATER SOURCE

**Abstract.** The analysis of normative and legal acts regulating the requirements for the choice of a water source, water source water, water of centralized household drinking water supply has been carried out. The design materials were analyzed, the analysis of the water quality of underground water sources and cold water was carried out. It is

proposed to assess the quality of water, intended to substantiate long-term decisions on the choice of a water source and the establishment of sanitary protection zones, to assess the summation groups, as well as to assess the health risk.

**Keywords:** choice of water source, water quality, summation groups.

**Актуальность.** Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, принятая ООН, в качестве одного из важнейших пунктов включает обеспечение доступности и устойчивого управления питьевой водой и канализацией для всех. ВОЗ в рамках ряда проектов осуществляет постоянный анализ прогресса управления качеством питьевой воды и бремени болезней, обусловленных качеством питьевой воды, в отдельных регионах и странах мира, рассматривая это как одну из главных задач [1].

**Цель работы:** анализ критериев качества воды для долгосрочного прогноза при выборе подземных источников водоснабжения

**Материалы и методы.** Применены методы санитарно-эпидемиологической экспертизы, оценки и обследования, системного и контент-анализа. Объектом исследования являлись нормативно-правовые акты, устанавливающие санитарно-эпидемиологические требования к выбору водоисточников, воде водоисточников и воде систем централизованного хозяйственно-питьевого назначения; проекты зон санитарной охраны источников водоснабжения; государственные доклады; научные отчеты.

**Результаты и их обсуждение.** Обеспечение населения качественной питьевой водой является приоритетным направлением политики государства. Федеральный проект «Чистая вода» – один из национальных проектов в Российской Федерации, который направлен на обеспечение потребителей водой, отвечающей всем установленным нормам, безопасной в употреблении [2,3]. Согласно проекту доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, к 2024 году должна составить 90,8%. Статистика показывает, что в 2020 году доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, составила 86,5%. Целевой показатель на 2020 г. (87,8%) не был достигнут. При этом удельный вес источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, составил 14,46%, в том числе по поверхностным источникам 35,07% и по подземным 14,06%<sup>1</sup>.

По данным Роспотребнадзора в 2020 году качество питьевой воды системы централизованного питьевого водоснабжения вероятно способствовало формированию 9,24 случаев смерти на 100 тыс. всего населения, что составляет 0,75% от показателя общей смертности. Число дополнительных случаев смерти всего населения от злокачественных новообразований, ве-

---

<sup>1</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году».

роятностно обусловленных загрязнением питьевой воды, составило 0,93 случая на 100 тыс. населения, или 10,06% от всей смертности, вероятностно обусловленной качеством питьевой воды, и 0,46% от всей смертности населения от злокачественных новообразований. Количество дополнительных случаев смерти, вероятностно обусловленных качеством питьевой воды, от болезней органов пищеварения составило 2,98 на 100 тыс. населения и отмечено на территориях 32 субъектов Российской Федерации.

Одной из причин бремени болезней, обусловленных качеством питьевой воды, является содержания в воде водоисточников питьевого водоснабжения химических веществ, превышающих гигиенические нормативы. Так, доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям в 2020 году составила 26,06%.

В нормировании химических веществ в воде наша страна значительно опережает мировое сообщество по количеству загрязняющих веществ, для которых установлены гигиенические нормативы. В настоящее время научно обоснованы и утверждены предельно допустимые концентрации для 1350 и ориентировочно допустимые уровни для 445 химических веществ. Разработаны нормативы содержания предельно-допустимых концентраций ракетного топлива и его компонентов, взрывчатых веществ и порохов, отравляющих веществ и продуктов их деструкции в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В основе гигиенического нормирования загрязняющих веществ в воде заложены лимитирующие признаки вредности, по которым установлены нормативы: санитарно-токсикологический, органолептический и общесанитарный. Все вещества разделены на 4 класса. При этом 1 и 2 классы объединяют наиболее опасные вещества, имеющие санитарно-токсикологический показатель вредности. Их отличают канцерогенное действие, высокая и чрезвычайно высокая токсичность и кумулятивность, влияние на репродуктивную функцию, различные системные и специфические эффекты<sup>2</sup>.

Действующими требованиями соответствия качества воды гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям является отношение С/ПДК или С/ОДУ, если уровни показателей качества воды не превышают нормативов качества питьевой воды более чем на величину допустимой ошибки метода определения<sup>3,4</sup>.

<sup>2</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

<sup>3</sup> СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», п.76

<sup>4</sup> Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 N 416-ФЗ

Закрепленный гигиеническими требованиями к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению подход, в соответствии с которым качество и безопасность воды определяются только соответствием гигиеническим нормативам, применяется в рамках контрольно-надзорных действий, социально-гигиенического мониторинга, производственного контроля, как к питьевой воде, так и воде водоисточника.

Указанные санитарные правила регулируют также алгоритм действий при установлении факта временных отступлений качества воды, за исключением показателей, влияющих на безопасность.

Показатели, по которым допускаются временные отступления (за исключением показателей безопасности питьевой воды и горячей воды), условия установления временных отступлений (отсутствие угрозы здоровью населения в период действия временных отступлений, подтвержденной результатами санитарно-эпидемиологической оценки риска здоровью населения), информирование населения о введении временных отступлений и сроках их действия, отсутствии риска для здоровья населения, а также рекомендациях для населения по использованию питьевой и горячей воды определены гигиеническими требованиями к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению (п. 76 СанПиН 2.1.3684-21) и методическими рекомендациями по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к питьевой воде и питьевому водоснабжению (МР 2.1.0246-21)<sup>5</sup>. В соответствии рекомендациями ВОЗ<sup>6</sup> для большинства химических веществ, находящихся в питьевой воде, кратковременное превышение нормативных значений не наносит вреда здоровью. Применение рискованной оценки для подтверждения безопасных сроков установления временных отступлений является безусловно оправданной процедурой. Однако, требования требований питьевой воде и питьевому водоснабжению и гигиенические нормативы, и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания не учитывают суммарное биологическое действие на организм человека одновременно присутствующих в воде веществ однонаправленного действия, а также необходимость оценки риска при выборе водоисточника как обязательного элемента гигиенической оценки.

Ранее действовавшими требованиями к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения<sup>7</sup> и гигиеническими нормативами,

---

<sup>5</sup> Методические рекомендации МР 2.1.0246-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

<sup>6</sup> Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-water quality – 4th ed.]. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA 3 IGO.).

<sup>7</sup> СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

устанавливающими предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования обязательной являлась оценка групп суммации для веществ 1 и 2 класса опасности<sup>8</sup>. (СанПиН 2.1.4.1074-01; ГН 2.1.5.1315-03), однако в рамках государственного санитарно-эпидемиологического надзора, СГМ, производственного контроля она применялась редко. Вместе с тем, при оценке качества воды водоисточника, выборе водоисточника, установлении зон санитарной охраны, т.е. долгосрочных оценках, этот подход реализовывался в полной мере. Более того, в некоторых научных работах [4] было предложено учитывать при безвредности химического состава воды и вещества 3 класса опасности, имеющие санитарно-токсикологический показатель вредности с учетом компонента, преобладающего по количеству и опасности, а также установления их сравнительной значимости для здоровья населения.

Оценка эффекта биологической суммации особенно актуальна в тех случаях, когда при отсутствии превышения по отдельным ингредиентам принимается решение о возможности использования того или иного водного объекта в качестве источника водоснабжения. В науке известны последствия аддитивного влияния загрязняющих веществ на организмы, если эти вещества обладают однонаправленным действием [4, 5]. Так, свинец и кадмий, являясь высокотоксичными металлами и нейротоксинами, являются антагонистами кальция, вытесняя последний из нервной системы и препятствуя выделению нейромедиаторов. Распространившийся в 60-х годах прошлого столетия остеомиелит на восточном побережье Японии был обусловлен антагонизмом указанных суммы металлов и кальция. Подобные эффекты наблюдаются и в отношении селена<sup>4</sup>. В этих случаях даже при соблюдении гигиенических норм для отдельно взятого элемента, опасность их суммарного воздействия может быть обусловлена эффектом биологической суммации. В настоящее время единственный документ, содержащий требования к выбору водоисточника, регламентирующий оценку групп суммации ГОСТ<sup>9</sup> содержит требования по оценке суммации для веществ 1 и 2 классов опасности, однако в соответствии федеральным законом о техническом регулировании<sup>10</sup> носит рекомендательный характер.

Санитарно-эпидемиологическими требованиями к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению (п.90) при несоответствии гигиеническим нормативам качества воды водных объектов, используемых

---

Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

<sup>8</sup> ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

<sup>9</sup> ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» (п.2.1).

<sup>10</sup> п. 3 ст. 4 Федерального закона № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании».



для целей питьевого водоснабжения населения, регламентируется только необходимость водоподготовки, обеспечивающей качество и безопасность питьевой воды в распределительной сети в соответствии с гигиеническими нормативами.

При проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы материалов о возможности использования водных объектов как источников питьевого водоснабжения в обязательном порядке представляются результаты лабораторных исследований воды из обследуемых источников. При этом, в ряде случаев при отсутствии превышений ПДК по отдельным веществам, нормируемым по санитарно-токсикологическим показателям, обладающим как общетоксическим, так и канцерогенным воздействием, показатели суммации для веществ 1 и 2 класса, обладающих однонаправленным действием, были более 1, что до выхода новых санитарных правил являлось основанием для дополнительного обоснования возможности эксплуатации водного объекта или принятых технологических решений по водоочистке.

С целью прогнозирования возможного сценария воздействия различных загрязнителей, присутствующих в питьевой воде в концентрациях на уровне 1, 0 ПДК (без ее превышения), нами смоделирован сценарий с учетом одновременного воздействия следующего перечня наименований 1, 2, 3 классов веществ, обладающих санитарно-токсикологическими признаками воздействия (таблица 1):

Таблица 1 – Перечень рассматриваемых загрязнителей

<i>Наименование</i>	<i>CAS</i>	<i>Гигиенический норматив, мг/л</i>	<i>Класс опасности</i>	<i>RfD, мг/кг</i>	<i>SfD, (мг/(кг x сут.)) (-1)</i>	<i>Критические органы и системы</i>
Бенз(а)пирен	50-32-8	0,00001	1	0,0005	7,3	Развитие
Бензол	71-43-2	0,001	1	0,003	0,055	Кровь, нервная система, эндокринная система
Бериллий	7440-41-7	0,0002	1	0,002	4,3	желудочно-кишечный тракт, масса тела
Бор	7440-42-8	0,5	2	0,2	-	Репродуктивная система, желудочно-кишечный тракт, развитие
Бром	7726-95-6	0,2	2	1	-	-
Висмут	-	0,1	2	-	-	-
Ванадий	7440-62-2	0,1	3	0,007	-	Волосы, печень, почки, желудочно-кишечный тракт
Йод	7553-56-2	0,125	3	0,017	-	Эндокринная система



<i>Наименование</i>	<i>CAS</i>	<i>Гигиенический норматив, мг/л</i>	<i>Класс опасности</i>	<i>RfD, мг/кг</i>	<i>SfD, (мг/(кг x сут.)) (-1)</i>	<i>Критические органы и системы</i>
Кадмий	7440-43-9	0,001	2	0,0005	0,38	Почки, эндокринная система
Молибден	7439-98-7	0,07	3	0,005	-	Почки
Мышьак	7440-38-2	0,01	1	0,0003	1,5	Кожа, нервная система, сердечно-сосудистая система, иммунная система, эндокринная система, желудочно-кишечный тракт
Натрий	-	200	2	-	-	-
Никель	7440-02-0	0,02	2	0,02	-	Печень, сердечно-сосудистая система, желудочно-кишечный тракт, кровь, масса тела
Нитраты	14797-55-8	45	3	1,6	-	Кровь, сердечно-сосудистая система
Нитриты	14797-65-0	3	2	0,1	-	Кровь
Ртуть	7439-97-6	0,0005	1	0,0003	-	Иммунная система, почки, нервная система, репродуктивная система, эндокринная система
Свинец	7439-92-1	0,01	2	0,0035	0,047	Нервная система, кровь, развитие, репродуктивная система, эндокринная система
Селен	7782-49-2	0,01	2	0,005	-	Кожа, печень, волосы, селезенка
Серебро	7440-22-4	0,05	2	0,005	-	Аргирия
Стирол	100-42-5	0,02	1	0,2	0,03	Кровь, печень, нервная система, эндокринная система
Стронций	7440-24-6	7	2	0,6	-	Костная система
Фосфор элементарный	7723-14-0	0,0001	1	11	-	-
Фтор	7782-41-4	1,5	2	0,06	-	Зубы, костная система
Фториды	16984-48-8	1,5	2	0,06	-	Зубы, костная система

Наименование	CAS	Гигиенический норматив, мг/л	Класс опасности	RfD, мг/кг	SfD, (мг/(кг x сут.)) (-1)	Критические органы и системы
Хром	7440-47-3	0,05	2	0,005	-	Печень, почки, желудочно-кишечный тракт
Цинк	7440-66-6	5	3	0,3	-	Кровь
1,1-бифенил	1336-36-3	0,001	2	0,0005	0,4	Нервная система, печень, репродуктивная система, развитие, иммунная система, эндокринная система
дибутилфталат	84-74-2	0,2	3	0,1	-	Системное действие, эндокринная система
диметиламин	124-40-3	0,1	2	0,00001	-	-
дихлорметан	75-09-2	0,02	1	0,06	0,0075	Печень
1,2-дихлорэтан	1300-21-6	0,003	1	0,0029	0,091	-

В соответствии с положениями Р 2.1.10.1920-04<sup>11</sup> «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» вещества были сгруппированы по принципу однонаправленного воздействия на отдельные органы и системы (таблица 2).

Таблица 2 – Перечень веществ, обладающих однонаправленным действием на органы и системы

Орган/система	Вещества
Процессы развития	Бенз(а)пирен
Кровь	Нитриты, Цинк
Нервная система	Бензол, Мышьяк, Ртуть, Свинец, Стирол, 1,1-бифенил
Эндокринная система	Бензол, Йод, Кадмий, Мышьяк, Ртуть, Свинец, Стирол, 1,1-бифенил, Дибутилфталат
Желудочно-кишечный тракт	Бериллий, Ванадий, Мышьяк, Никель, Хром
Масса тела	Бензол, Никель
Репродуктивная система	Бор, Ртуть, Свинец, 1,1-бифенил
Волосы	Ванадий, Селен
Печень	Ванадий, Никель, Селен, Стирол, Хром, 1,1-бифенил, Дихлорметан
Почки	Ванадий, Кадмий, Молибден, Ртуть, Хром

<sup>11</sup> Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»

Сердечно-сосудистая система	Мышьяк, Никель, Нитраты
Иммунная система	Мышьяк, Ртуть, 1, 1-бифенил
Костная система	Стронций, Фтор, Фториды
Системное действие	Дибутилфталат
Селезенка	Селен

При оценке экспозиции применялась типовая модель в соответствии с п. 6.4.7.15 Р 2.1.10.1920-04:

$$LADD = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365]$$

где :

LADD – средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг x день);

C – концентрация вещества в загрязненной среде;

CR – скорость поступления воздействующей среды;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов AT = 70 лет);

365 – число дней в году.

При выполнении оценки риска моделировался сценарий воздействия в течение 30 лет для веществ, не обладающих канцерогенным действием, и 70 лет – для канцерогенно-опасных веществ (в соответствии с Р 2.1.10.1920-04), в течение всего года (365 дней в году). Средняя масса тела принималась в соответствии с рекомендациями ВОЗ равной 70 кг, среднесуточное потребление воды – 2 литра.

В таблице 3 приведены результаты расчетов суточных доз поступления, значений коэффициентов опасности (HQ) от воздействия отдельных загрязнителей, а также значения канцерогенного риска.

Таблица 3 – Результаты расчета риска

<i>Наименование</i>	<i>CAS</i>	<i>Суточное поступление с водой (LADD), мг/кг массы тела*сут</i>	<i>Коэффициент опасности, HQ</i>	<i>Канцерогенный риск</i>
Бенз(а)пирен	50-32-8	2,86E-07	5,71E-04	2,09E-06
Бензол	71-43-2	2,86E-05	9,52E-03	1,57E-06
Бериллий	7440-41-7	5,71E-06	2,86E-03	2,46E-05
Бор	7440-42-8	1,43E-02	7,14E-02	
Бром	7726-95-6	5,71E-03	5,71E-03	
Висмут	-	2,86E-03	-	
Ванадий	7440-62-2	2,86E-03	4,08E-01	
Йод	7553-56-2	3,57E-03	2,10E-01	
Кадмий	7440-43-9	2,86E-05	5,71E-02	1,09E-05
Молибден	7439-98-7	2,00E-03	4,00E-01	

<i>Наименование</i>	<i>CAS</i>	<i>Суточное поступление с водой (LADD), мг/кг массы тела*сут</i>	<i>Коэффициент опасности, HQ</i>	<i>Канцерогенный риск</i>
Мышьяк	7440-38-2	2,86E-04	9,52E-01	4,29E-04
Натрий	-	5,71E+00	-	
Никель	7440-02-0	5,71E-04	2,86E-02	
Нитраты	14797-55-8	1,29E+00	8,04E-01	
Нитриты	14797-65-0	8,57E-02	8,57E-01	
Ртуть	7439-97-6	1,43E-05	4,76E-02	
Свинец	7439-92-1	2,86E-04	8,16E-02	1,34E-05
Селен	7782-49-2	2,86E-04	5,71E-02	
Серебро	7440-22-4	1,43E-03	2,86E-01	
Стирол	100-42-5	5,71E-04	2,86E-03	1,71E-05
Стронций	7440-24-6	2,00E-01	3,33E-01	
Фосфор элементарный	7723-14-0	2,86E-06	2,60E-07	
Фтор	7782-41-4	4,29E-02	7,14E-01	
Фториды	16984-48-8	4,29E-02	7,14E-01	
Хром	7440-47-3	1,43E-03	2,86E-01	
Цинк	7440-66-6	1,43E-01	4,76E-01	
1,1-бифенил	1336-36-3	2,86E-05	5,71E-02	1,14E-05
Дибутилфталат	84-74-2	5,71E-03	5,71E-02	
Диметиламин	124-40-3	2,86E-03	2,86E+02	
Дихлорметан	75-09-2	5,71E-04	9,52E-03	4,29E-06
1,2-дихлорэтан	1300-21-6	8,57E-05	2,96E-02	7,80E-06

Согласно расчетам, значение HQ превышает допустимый уровень 1,0 при непревышении ПДК лишь для одного вещества – диметиламина. При этом канцерогенный риск является неприемлемым для мышьяка – 4,29E-04, что соответствует 3-му диапазону канцерогенного риска, являющемуся неприемлемым для здоровья населения.

Далее приведены расчетные значения индексов опасности (HI) от воздействия групп веществ с однонаправленным действием (табл.4).

Таблица 4 – Расчетные значения индексов опасности (HI) от воздействия групп веществ с однонаправленным действием

<i>Орган/система</i>	<i>Значение HI</i>
Развитие	5,71E-04
Кровь	1,28E+00
Нервная система	1,15E+00
Эндокринная система	5,23E-01
Желудочно-кишечный тракт	1,68E+00

<i><b>Орган/система</b></i>	<i><b>Значение HI</b></i>
Масса тела	3,81E-02
Репродуктивная система	2,58E-01
Волосы	4,65E-01
Печень	8,49E-01
Почки	1,20E+00
Сердечно-сосудистая система	1,78E+00
Иммунная система	1,06E+00
Костная система	1,76E+00
Системное действие	5,71E-02
Селезенка	5,71E-02

Указанные расчеты свидетельствуют о том, что при пограничном значении концентраций исследуемых веществ на уровне 1, 0 ПДК для следующих органов и систем можно ожидать неприемлемо высокие значения неканцерогенного риска (HI), а именно: кровь, нервная система, желудочно-кишечный тракт, почки, сердечно-сосудистая система, иммунная система, костная система.

Принятый нами сценарий предусматривал модельную ситуацию одновременного присутствия большого количества различных органических и неорганических веществ, которые могут принципиально встречаться в загрязненных подземных водах в концентрации, соответствующей ПДК. Следует отметить, что по отдельности ни один из изученных загрязнителей не обуславливает неприемлемое значение риска, за исключением диметиламина ( $HQ = 2,86E+02$ ) и мышьяка (канцерогенный риск =  $4,29E-04$ ). Однако при суммарном однонаправленном воздействии перечисленных веществ следует ожидать неприемлемый канцерогенный и неканцерогенный риск, что необходимо учитывать при осуществлении контрольно-надзорных мероприятий и решении вопроса об обеспечении населения качественной питьевой водой.

Выбор водоисточников путем обоснования использования тех из них, которые содержат воду соответствующего качества без превышения гигиенических нормативов не всегда достаточен. Так, артезианские воды на момент выбора водоисточника и проектирования водопровода могут содержать концентрации бора (1 кл.), бериллия (1 кл.), лития (2 кл.), бария (2 кл.), стронция (2 кл.), фтора (2 кл.), а также даже железа (3 кл.) и марганца (3 кл.), характерные для естественного гидрохимического фона основного водоносного горизонта, не превышающие ПДК. Однако, при длительной эксплуатации водозабора (в соответствии с проектом 25 лет, фактически – более длительная эксплуатация), происходит изменение депрессионной воронки, при этом зачастую речь не идет о техногенном загрязнении, а происходит изменение естественного гидрохимического фона водоносного горизонта [5-7], что

сопровождается ростом концентраций указанных химических веществ до концентраций, превышающих ПДК в 1, 1-5 и более раз. При этом канцерогенный и неканцерогенный риск могут превышать приемлемые значения.

В таблице 5 приведены исследования воды подземного водозабора и питьевой воды перед подачей в разводящую сеть одного из городских поселений Северо-Западного региона.

Таблица 5 – Качество воды подземного водозабора и воды перед подачей в разводящую сеть одного из городских поселений Северо-Западного региона

<i>Точка</i>	<i>Показатель</i>	<i>Результаты исследования, мг/дм<sup>3</sup></i>	<i>ПДК, мг/дм<sup>3</sup></i>	<i>Кратность превышения ПДК, раз, по данным:</i>
№ 1, вода артезианской скважины	Барий	1,24±0,25	0,7	1,77
	Бериллий	0,0010±0,0004	0,0002	5,00
№ 2, вода артезианской скважины	Барий	0,53±0,11	0,7	0,76
	Бериллий	0,0004±0,0002	0,0002	2,00
№ 3, холодная вода централизованного водоснабжения	Барий	1,13±0,23	0,7	1,61
	Бериллий	0,00021±0,00011	0,0002	1,05
№ 4, холодная вода централизованного водоснабжения	Барий	0,39±0,08	0,7	0,56
	Бериллий	0,00043±0,00021	0,0002	2,15

Надо отметить, что барьерная функция водоочистных сооружений оказалась явно недостаточной применительно к данным загрязнителям. Несмотря на превышения ПДК, уровень хронического неканцерогенного риска холодной воды централизованного водоснабжения не превышал приемлемых значений (1, 0), однако уровень канцерогенного риска холодной воды от некоторых скважин достигал неприемлемых значений (1, 45E-0, 4). Неприемлемый канцерогенный риск питьевой воды требует разработки и внедрения оздоровительных мероприятий.

Выбор другого альтернативного водоисточника, даже уменьшение отбора воды данной скважины и частичное подключение другого, уже существующего водозабора или изменение технологии водоподготовки по этим соединениям является крайне дорогостоящим. Суммарное содержание загрязнителей в воде водоисточника с учетом барьерной функции водоочистных сооружений все равно может остаться сверхнормативным, создающим в питьевой воде неприемлемый канцерогенный или неканцерогенный риск [8, 9, 10]. Поэтому важен корректный переход от оценки риска водопользования по отдельным факторам к оценке многофакторного риска, что отвечает требованиям федерального закона о водоотведении и водопотреблении.

**Заключение.** По нашему мнению, выбор подземного водоисточника, качество воды которого определяет технологию водоподготовки,

осуществляемую на долгосрочную перспективу, связанную с возможным ухудшением качества воды в период эксплуатации, требует не просто оценки концентраций по ПДК и ОДУ, но и применения в качестве первого шага суммарной оценки показателей качества воды согласно ГОСТа о гигиенических требованиях и правилах выбора источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а в качестве второго шага оценки риска здоровью населения по методике интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности»<sup>12</sup> и руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

Данный подход, по нашему мнению, может быть распространен и на экспертную оценку проектов зон санитарной охраны, в частности подземных водоисточников. Расчет канцерогенного и неканцерогенного риска закреплен СанПиН 1.2.3685-21 (п.68) применительно к установлению, изменению или ликвидации СЗЗ, целесообразно применять его и для другого вида зон с особыми условиями использования территорий, основным назначением которых является обеспечение санитарно-эпидемиологических требования, а именно, ЗСО.

### Список литературы

1. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2021. Licence: CCBY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. Гигиеническое обоснование оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды. Гигиена и санитария. 2015; 94(5): 5-10.
3. Юрин В.М. Основы ксенобиологии. Минск: ООО «Новое знание», 2002, 267с.
4. О.М. Розенталь, В.Н. Сурсяков. Нормирование суммарного содержания примесей в воде // Водное хозяйство России. 2010. № 1. С. 29-40.
5. В.М. Гольдберг, Гавда С. Гидрологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984, 262 с.
6. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. М: Недра, 1979, 254 с.
7. Freeze, R.A., J.A.Cherry. Groundwater.L., Prentice Hall, 1979, 604 p.
8. Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Киселев А.В., Мельцер А.В., Якубова И.Ш., Никонов В.А. Организационные и методические основы разработки и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов санитарно-защитных зон предприятий, зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого водоснабжения: монография/СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014, 200с.

<sup>12</sup> МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности».

9. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности //в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. 2018. С. 106-109.

10. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 252-259.

#### **Сведения об авторах**

**Бадаева Елена Александровна**, лаборант-исследователь отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: badaichik@mail.ru

**Мозжухина Наталья Александровна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья, кафедры общей и военной гигиены ФБОУ ВО «ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, заслуженный врач РФ, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

**Федоров Владимир Николаевич**, старший научный сотрудник, Врио заведующего отделения анализа, оценки и прогнозирования Отдела исследования среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: vf1986@mail.ru

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru

**Серикова Яна Юрьевна**, студентка 606 гр. «Б» медико-профилактического факультета ФБОУ ВО «ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: Yana.Serikova@szgmu.ru



УДК 614.7

*Ганичев П.А., Шварц А.А, Еремин Г.Б., Степанян А.А.,  
Мясников И.О., Кирьянова М.Н.*

## **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ТОСНЕНСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация:** Проблема обеспечения качественной питьевой водой остается актуальной на территории Ленинградской области. В государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области (ЛО) за период 2010-2020 гг. отмечено, что на отдельных территориях области сохраняются высокие уровни несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, обусловленные, прежде всего, природным составом воды. Тосненский район ЛО принадлежит к одной из таких территорий. Водоснабжение населенных пунктов района в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод, основной вклад в качество которых вносят природные факторы. Результаты исследований позволили уточнить перечень веществ, превышающих установленные гигиенические нормативы, и дать рекомендации по совершенствованию систем производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды водоисточников.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоисточников, водоносный горизонт, подземные воды

*Ganichev P.A., Schwartz A.A., Eremin G.B., Stepanyan A.A.,  
Myasnikov I.O., Kiryanova M.N.*

## **HYGIENIC ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF UNDERGROUND SOURCES OF DRINKING AND DOMESTIC WATER SUPPLY IN THE TOSNO REGION LENINGRAD REGION**

**Abstract:** The problem of providing high-quality drinking water remains relevant in the Leningrad Oblast. In the state reports on the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region for the period 2010-2020, it was noted that there are high levels of non-compliance of groundwater quality with hygienic requirements for sanitary and chemical indicators in some territories of the region, primarily due to the natural composition of water. Tosnenskiy district of the Leningrad Oblast belongs to one of such territories. The water supply of the district settlements is largely based on the exploitation of groundwater, the main contribution to the quality of which is made by natural factors. The results of the research will allow to clarify the list of substances exceeding the established hygienic standards and to make recommendations for improving the industrial inspection systems and socio-hygienic monitoring of the water quality in water sources

**Keywords:** *priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater*

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяй-

ственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Тосненского района Ленинградской области и последующего выбора приоритетных показателей для включения в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды водоисточников.

**Материалы и методы.** *Выполнен анализ государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка воды подземных водоисточников в 19 населенных пунктах Тосненского района ЛО. Для выполнения оценок применены методы экспертизы, обследования, оценки, системного анализа.*

### **Введение**

Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение населенных пунктов Тосненского района ЛО в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод, санитарно-гигиеническое состояние которых определяется как природными, так и антропогенными факторами. На рассматриваемой территории эксплуатируемые подземные воды в большинстве населенных пунктов защищены от поверхностного загрязнения толщами глинистых отложений, поэтому антропогенное загрязнение носит локальный характер [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы проведен анализ качества воды 55 скважин в 19 населенных пунктах Тосненского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Тосненского района находится в пределах Прибалтийско-Ладожского района Московского артезианского бассейна [15]. Территория характеризуется региональным распространением подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях, терригенно-карбонатных образованиях девона, ордовика и терригенных нерасчлененных кембро-ордовикских образованиях. Ниже распространены соленые воды, приуроченные к вендским образованиям. Для централизованного

водоснабжения на рассматриваемой территории используются в основном подземные воды верхнеэфельского–нижнефранского водоносного горизонта (D2ef2–D3f1), верхнеэфельского (наровского) водоносного горизонта (D2ef2), ордовикского водоносного горизонта (O1-3) и кембро-ордовикского водоносного горизонта (Є–O).

Верхнеэфельский–нижнефранский и верхнеэфельский (наровский) водоносные горизонты девонских образований (D) залегают на глубине 18–90 м, подстилаются повсеместно относительно водоупорной толщей наровского горизонта среднего девона. Водовмещающие породы горизонта представлены выдержанной толщей песков и слабосцементированных песчаников с прослоями глин и алевролитов. Воды горизонта в пределах площади неглубокого залегания под четвертичными отложениями безнапорные и слабонапорные, величина напора составляет 5–10 м. К югу и юго-востоку напоры возрастают. Минерализация подземных вод чаще составляет 0,2–0,7 г/л, по химическому составу преобладают гидрокарбонатные магниево-кальциевые, реже имеют смешанный состав. Мощность зоны пресных вод составляет 50–120 м. При повышении минерализации до 0,7–1,5 г/л по преобладающим компонентам воды становятся хлоридными натриевыми. Повсеместно воды горизонта содержат повышенные концентрации железа. Ордовикский водоносный горизонт (O) залегает на глубине 20–120 м. Водовмещающие породы горизонта представлены известняками и доломитами с редкими прослоями мергелей и глин. Уровни подземных вод в зависимости от характера рельефа устанавливаются в скважинах на глубине от 2–5 до 20–35 м. Неравномерная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород обуславливает изменчивость их фильтрационных свойств по площади и в разрезе. Удельный дебит скважин колеблется от 0,5–2,0 до 20–40 л/с и более. На рассматриваемой территории воды в верхней части разреза пресные с минерализацией 0,4–0,7 г/л гидрокарбонатные магниево-кальциевые и гидрокарбонатные натриевые. Кембро-ордовикский водоносный горизонт (Є–O) приурочен к разновозрастным песчано-глинистым породам нижнего, среднего и верхнего кембрия и нижнего ордовика. Под четвертичными отложениями горизонт залегает на глубине 1–10 м в пределах узкой (2–10 км) полосы у основания Ордовикского глинта. К югу и юго-востоку от этой полосы горизонт погружается под терригенно-карбонатную толщу ордовика и девона. В пределах Ижорско-Волховского подрайона горизонт содержит пресные гидрокарбонатные кальциевые воды. С погружением пород на юго-востоке появляются хлоридные натриевые воды. На рассматриваемой территории воды в верхней части имеют минерализацию 0,4–1,5 г/л [3, 16].

**Результаты и их обсуждение.** В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения населенных пунктов Тосненского района. В таблице 1 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций макрокомпо-

нентов, общей жесткости и минерализации, определяющих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Здесь и далее красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21<sup>13</sup>.

Таблица 1 – Концентрации макрокомпонентов, общая жесткость и минерализация (сумма солей), отражающие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	Cl, мг/л		Na, мг/л		Общ жестк., зр. N. 7 <sup>0</sup>		Σсолей, мг/л	
		N. 350 мг/л		N. 200 мг/л				N. 1000 мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Аннолово	€-0	18,5	28,0	25,0	30,0	6,4	6,4	431,4	517,9
Гладкое	0	6,6	17,6	9,0	9,0	6,2	6,2	478,2	543,3
Коркино	D	12,6	28,0	5,4	5,4	2,1	2,1	215,5	220,4
Лисино-Корпус	D	137,1	410,0	132,2	339,0	7,0	7,4	703,6	1266,0
Любань	0+D	156,5	410,0	169,9	260,4	5,6	7,9	817,5	1257,8
Новолисино	0	34,5	50,0	36,2	82,2	4,5	7,1	509,1	673,3
Новолисино	€-0	310,0	570,0	230,4	378,5	1,4	1,4	993,1	1446,0
Нурма	D	79,0	220,0	102,0	217,0	5,5	5,5	611,8	750,0
Обуховец	D	33,0	33,0	41,8	41,8	6,1	6,1	544,0	544,0
Пельгора	D	32,5	35,0	49,8	75,5	6,4	6,4	551,9	691,8
Радофинниково	D	15,7	18,0	47,9	53,8	2,8	3,2	433,9	490,6
Радофинниково	0	34,3	36,0	90,2	90,2	2,1	2,1	458,7	462,4
Рябово	D	151,1	570,0	117,5	378,5	6,3	6,6	871,1	1344,3
Сельцо	D	57,3	91,2	52,7	131,7	3,8	3,8	313,3	354,0
Тарасово	D	76,3	207,8	100,8	290,4	6,2	6,2	699,4	713,9
Тосно	D	268,3	379,4	229,9	260,0	4,0	6,4	859,5	1000,1
Тосно	€-0	61,9	155,0	60,8	141,7	3,3	3,7	378,5	496,0
Тосно	€-0+0	207,2	239,3	174,4	174,4	3,3	3,8	713,9	713,9
Ульяновка	€-0	41,5	51,2	24,0	24,0	8,4	8,4	716,0	716,0
Усадище	D	71,6	148,8	41,8	41,8	6,1	6,1	787,1	811,7
Форсоново	0	86,7	274,0	73,7	75,5	4,6	5,0	610,1	643,5
Чудской Бор	D	36,7	52,0	15,1	15,2	6,0	6,0	556,0	562,2
Шапки	D	7,4	8,7	22,0	22,0	2,6	2,6	233,0	233,0

Как видно из приведенных данных, в отдельных населенных пунктах фиксируется превышение ПДК для ионов натрия (Na), хлора (Cl), общей жесткости и минерализации. При этом превышение ПДК по минерализации является следствием высоких содержаний ионов натрия (Na) и хлора (Cl), и общей жесткости (ионов Ca и Mg).

<sup>13</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, характеризующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Тосненского района это в первую очередь железо (Fe) и барий (Ba). В отдельных населенных пунктах отмечаются повышенные концентрации бора (B) и марганца (Mn).

Таблица 2 – Концентрации микрокомпонентов, определяющих качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Гор.	NH <sub>4</sub> , мг/л N. 2, 0 мг/л		Fe, мг/л N. 0, 3 мг/л		Mn, мг/л N. 0, 1 мг/л		Ba, мг/л N. 0, 1 мг/л		B, мг/л N. 0, 5 мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Аннолово	Є-0	2.30	2.30	2.28	2.87	0.01	0.01	0.79	1.49	0.29	0.29
Гладкое	0	1.55	3.00	0.86	1.77	0.02	0.02	0.27	0.27	0.15	0.15
Коркино	D	0.14	0.14	1.34	1.86	0.29	0.29	0.16	0.16	0.01	0.01
Лисино-Корпус	D	0.28	0.36	3.54	11.00	0.07	0.29	1.18	1.98	0.18	0.39
Любань	0+D	0.52	1.16	2.25	4.27	0.06	0.16	0.48	1.34	0.30	0.52
Новолисино	0	0.60	0.60	2.59	3.50	0.10	0.20	0.92	0.92	0.52	0.52
Новолисино	Є-0	-	-	1.18	1.67	0.01	0.01	0.62	0.91	0.42	0.52
Нурма	D	2.89	6.50	2.22	5.39	0.03	0.12	1.24	1.71	0.38	0.59
Обуховец	D	-	-	1.74	3.45	0.01	0.01	3.37	3.37	0.24	0.24
Пельгора	D	-	-	2.50	4.27	0.08	0.16	1.09	1.34	0.36	0.64
Радофинниково	D	0.30	0.30	0.22	0.22	0.02	0.02	0.61	0.61	-	-
Радофинниково	0	0.54	0.54	0.58	0.62	0.01	0.01	0.37	0.37	0.16	0.16
Рябово	D	1.69	3.10	1.62	4.27	0.06	0.16	0.83	1.34	0.21	0.33
Сельцо	D	2.40	9.70	0.71	2.30	0.01	0.02	0.05	0.08	0.08	0.08
Тарасово	D	1.71	1.75	3.35	5.39	0.07	0.12	1.71	1.71	0.16	0.16
Тосно	D	-	-	1.52	2.40	0.02	0.04	1.08	1.40	0.59	0.59
Тосно	Є-0	1.27	3.25	0.91	2.00	0.03	0.07	1.10	1.10	0.40	0.40
Тосно	Є-0+0	0.34	0.38	0.37	0.37	0.02	0.02	-	-	-	-
Ульяновка	Є-0	0.74	0.99	1.97	3.80	0.09	0.25	0.41	0.41	-	-
Усадище	D	0.60	0.60	2.42	3.45	0.01	0.01	3.37	3.37	0.24	0.24
Форсоново	0	0.80	2.46	0.88	1.50	0.01	0.01	0.76	0.84	0.64	0.64
Чудской Бор	D	1.25	1.25	0.54	0.95	0.01	0.01	0.37	0.37	0.08	0.08
Шапки	D	0.36	0.62	0.40	0.69	-	-	0.01	0.01	-	-

Как видно из приведенных данных, в воде подземных водоисточников ряда населенных пунктов Тосненского района фиксируется азотное загрязнение.

При предварительной оценке качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности превышение нормативов, установленных в СанПиН 1.2.3685-21, не зафиксировано. Следует учитывать, что некоторые микрокомпоненты, регламентирующие качество воды по

санитарно-гигиеническим показателям, в отдельных населенных пунктах не определялись. В этих случаях в таблице 2 стоят прочерки.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для подземных вод кембро-ордовикского водоносного горизонта (Є-О) характерно превышение ПДК, установленных для аммоний-иона (NH<sub>4</sub>), железа (Fe), бария (Ba), а в отдельных случаях – для ионов хлора (Cl), натрия (Na), общей минерализации. Для подземных вод ордовикского водоносного горизонта (О) характерно превышение ПДК, установленных для железа (Fe), бария (Ba), бора (В), а в отдельных случаях – для аммоний-иона (NH<sub>4</sub>). Для подземных верхнеэйфельско–нижнефранского и верхнеэйфельского (наровского) водоносных горизонтов девонских образований (D) характерно превышение ПДК, установленных для железа (Fe), бария (Ba), бора (В), аммоний-иона (NH<sub>4</sub>), а в отдельных случаях – для ионов хлора (Cl), натрия (Na), общей минерализации. Особенностью населенного пункта Любань является использование подземной воды из двух горизонтов одновременно, а именно из ордовикского водоносного горизонта и верхнеэйфельско–нижнефранского и верхнеэйфельского (наровского) водоносных горизонтов девонских образований (D). В воде, используемой указанным населенным пунктом, установлено превышение гигиенических нормативов по железу (Fe), марганцу (Mn), барии (Ba), бору (В), а в отдельных случаях – по ионам хлора (Cl), натрия (Cl), общей жесткости, общей минерализации.

**Выводы.** На территории изученных населенных пунктов Тосненского района отмечается высокий уровень несоответствия качества подземных вод в водоисточниках гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества воды водоисточников в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Тосненского района.

### Список литературы

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.



3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.

5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704: заявл. 18.08.2021: опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».



9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. № 1. – С. 330-342.

11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А.К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. Т. 15. № 1. – С. 342-359.

12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2018. Т. 97, № 12. – С. 1152-1156.

13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 12. – С. 1157-116.

14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А. Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 359-365.

15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.

16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.

### Сведения об авторах

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru;

**Шварц Алексей Аркадьевич**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alarshv@yandex.ru;

**Мясников Игорь Олегович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru;

**Кирьянова Марина Николаевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrn@ro.ru;

**Степанян Алекс Артурович**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com;

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru;

УДК: 614.78:628.2

*Копытенкова О.И., Ганичев П.А., Маркова О.Л.,  
Еремин Г.Б., Кирьянова М.Н.*

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД. КРАТКИЙ ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

**Аннотация.** Осадки городских сточных вод (ОСВ) представляют важный побочный продукт при традиционной очистке городских сточных вод. Урбанизация и индустриализация стран привели к стремительному росту мировых мощностей по производству и очистке сточных вод, что значительно увеличило выход осадка сточных вод и стало причиной возникновения проблемы утилизации этих отходов. Согласно оценкам экспертов, в 2020 году производство ОСВ в 27 странах ЕС превысило 13 миллионов тонн. Хранение осадков угрожает водным и почвенным ресурсам, а трансформация органических веществ, содержащихся в осадке, вызывает загрязнение атмосферного воздуха. Таким образом, утилизация осадков сточных вод представляет собой актуальную задачу, требующую адекватных механизмов ее решения.

По отмеченным причинам в рамках Отраслевой программы научно-

исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021-2025 г. была утверждена тема научно-исследовательской работы «Оценка рисков для здоровья от эксплуатации заводов по сжиганию осадков сточных вод», первым этапом выполнения которой стал обзор имеющихся в мире технологий утилизации осадков сточных вод.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, технологии утилизации осадков сточных вод, сжигание осадков сточных вод.

*Kopytenkova O.I., Ganichev P.A., Markova O.L.,  
Yeremin G.B., Kir`yanova M.N.*

## MODERN TECHNOLOGIES FOR THE TREATMENT OF SEWAGE SLUDGE. A BRIEF LITERARY REVIEW

**Abstract.** Urban wastewater sludge (OSW) is an important by-product of traditional urban wastewater treatment. Urbanization and industrialization of countries have led to a rapid growth of global wastewater production and treatment capacities, which has significantly increased the output of sewage sludge and caused the problem of disposal of these wastes. According to experts, in 2020, the production of OSW in 27 EU countries exceeded 13 million tons. Precipitation storage threatens water and soil resources, and the transformation of organic substances contained in sediment causes atmospheric air pollution. Thus, the disposal of sewage sludge is an urgent task that requires adequate mechanisms for its solution.

For the reasons noted, within the framework of the Industry Program of the Rospotrebнадzor research program for 2021-2025, the topic of the research work “Assessment of health risks from the operation of sewage sludge incineration plants” was approved, the first stage of which was a review of the world’s existing technologies for the disposal of sewage sludge.

**Keywords:** sewage sludge, sewage sludge disposal technologies, sewage sludge incineration.

### Введение

Вопросы обращения накопленных отходов различных производств и жизнедеятельности человечества не теряют своей актуальности, а в последние десятилетия приобрели значимость глобальной экологической проблемы. К таким отходам относятся осадки, образующиеся в ходе очистки коммунальных сточных вод и представляющие основной вид отходов канализационных очистных сооружений. Ежегодно в Российской Федерации на муниципальных сооружениях по очистке сточных вод образуется более 100 млн.м<sup>3</sup> осадков при средней влажности 96%. Объем осадков зависит от технологической схемы очистки, а качество – от состава сточных вод, эффективности работы очистных сооружений, развития и характера промышленности. Необходимо отметить, что осадки сточных вод содержат в своем составе токсичные вещества (соли тяжелых металлов, токсичную органику и др.) и различные виды представителей микрофлоры, в том числе патогенных. Таким образом, осадок городских очистных сооружений

представляется опасным в санитарно-эпидемиологическом и экологическом отношении отходом, требующим специальной обработки с целью предотвращения загрязнения окружающей среды.

**Цель работы.** Обобщить и систематизировать результаты научных исследований в области эффективных технологий утилизации осадков сточных вод.

**Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных PubMed, Scopus, а также РИНЦ. Применены методы научного гипотетико-дедуктивного познания, общелогические методы и приемы исследований: анализ, синтез, абстрагирование, индукция.

**Результаты и их обсуждение.** В мировой практике известно множество методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод. Наибольшее распространение в мировой практике получили экономически оправданные методы, к которым можно отнести складирование и захоронение, сжигание, пиролиз, анаэробное сбраживание, компостирование, а также использование в качестве удобрения или для рекультивации нарушенных земель [1, 2, 3].

1. Метод складирования осадков сточных вод на полигоне. Полигон – это ограниченная территория, предназначенная и, при необходимости, специально оборудованная для захоронения отходов, исключения воздействия захороненных отходов на окружающую среду и население. Складирование осадков сточных вод является наиболее простым и дешёвым методом их утилизации [4].

Существенные изменения в структуре утилизации осадков очистных сооружений канализации в странах Европы начались после вступления в силу Директивы Совета Европейских Сообществ (91/271/ЕЭС) от 21 мая 1991 г. «Об очистке городских сточных вод». В соответствии с Директивой Совета Европейского Союза 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 г. «По полигонам захоронения отходов» в странах Евросоюза запрещается складирование необработанных отходов и устанавливаются требования к биоразлагаемым твердым коммунальным отходам (в частности, к осадкам очистных сооружений канализации). В соответствии с этой Директивой поступление твердых отходов на полигоны к 2020 г. должно снизиться на 65% [5]. Данные литературы говорят о том, что в странах Европы и США отходят от не оправдывающей себя технологии складирования осадков и переходят, как правило, к утилизации с получением энергии [6, 7]. Как следствие, за период с 1992 по 2005 гг. складирование осадков на полигонах сократилось с 33 до 15% от общего объема [8, 9].

В Российской Федерации, как и во всех остальных странах СНГ, основным способом обращения с осадками сточных вод остается их складирование на полигонах, превращая огромные территории в очаги бактериологической и токсикологической опасности. Складируемые на открытых площадках

осадки городских сточных вод нуждаются в отчуждении значительных земельных площадей в пригородных зонах, требуют постоянного осуществления экологического мониторинга и контроля. Например, один из двух полигонов ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» – «Волхонка-2» (площадью 34, 8 га) заполнен на 83%, полигон «Северный» (площадью 83, 8 га) заполнен на 82%, общий объем складированных осадков свыше 4 млн м<sup>3</sup>. Похожая картина складывается по всей России и в других странах СНГ [10].

Проблема неэффективного использования больших площадей городских и пригородных территорий является не единственной в вопросе эксплуатации полигонов складирования осадков сточных вод. Складирование осадков на полигонах приводит к увеличению загрязнения почв, подземных вод и атмосферного воздуха токсичными компонентами, входящими в состав осадков.

Загрязнение окружающей среды осадками сточных вод происходит в результате эмиссии целого ряда химических элементов (органические вещества, соединения азота, фосфора, серы, тяжелые металлы и прочие элементы), содержащихся в данном виде отходов. Согласно литературным данным, высокое содержание тяжелых металлов при поступлении в почву и в подземные воды прослеживается в нескольких геологических горизонтах (на глубине 5–6 м), при этом существенную долю баланса подземных вод составляет инфильтрат с иловых площадок. Особую опасность для поверхностных вод, которые находятся на расстоянии от 0, 05 до 2 км от расположения мест хранения ОСВ, при неудовлетворительной работе иловых площадок представляет поступление загрязняющих веществ с дренажными водами, что практически сводит на нет эффективность работы очистных сооружений. Имеющие место смывы осадков, особенно в паводковый период, в поверхностные источники водоснабжения усложняют проблему подготовки питьевой воды. Кроме химических токсикантов полигоны являются источником загрязнения почвы и подземных вод микроорганизмами, нередко патогенными [11, 12].

Наряду с фильтратом, загрязняющим водоносные горизонты и прилегающую почву, при длительном хранении ОСВ на полигонах и прудах происходит эмиссия биогаза и загрязнение атмосферы. Процесс разложения отходов носит характер окисления, происходящего в верхних слоях отходов. В более глубоких слоях разложение органики носит анаэробный характер, результатом чего является образование метана в больших концентрациях (85% от общего количества биогаза).

От источников складирования осадков в атмосферу поступают загрязняющие вещества 2-го, 3-го и 4-го классов опасности, обладающие как неканцерогенными, так и канцерогенными эффектами (сероводород, бензол, хлороформ, фенол, формальдегид, толуол, смесь природных меркаптанов, аммиак, гексан, кумол, нафталин, метан). Наличием в составе выбросов полигонов отмеченных веществ объясняются жалобы населения на стойкий, навязчивый запах в атмосферном воздухе.

Несмотря на то, что полигоны складирования ОСВ являются мощным источником загрязнения атмосферного воздуха продуктами разложения органики (в том числе канцерогенными), потенциально способны оказывать негативное воздействие на здоровье людей, проживающих в ближайшем радиусе (жалобы населения на неприятный запах), в литературных источниках отсутствуют сколько-нибудь значимые работы, посвященные оценке риска здоровью населения от воздействия подобных объектов.

2. Использование в качестве удобрения. Одним из способов утилизации ОСВ является внесение их в почву, в том числе как органоминеральное удобрение. Это возможно при соблюдении действующих санитарных правил и гигиенических нормативов, технических нормативов. При использовании ОСВ в качестве удобрения одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения (захоронения), повышается плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, улучшается состояние склоновых земель, вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот, укрепляются склоны оврагов, балок, рекультивируется земля на выработках, свалках и карьерах [13, 14]. Из литературных данных следует, что в большинстве случаев по удобрительной ценности ОСВ не уступают традиционным органическим удобрениям. В одной тонне сухого ОСВ в среднем содержится 50-70 кг основных питательных веществ, необходимых для растений, в том числе от 30 до 50% органических веществ. В сухой массе осадков содержится 40-70% органического вещества, 1-3% общего азота, 1, 5-6% фосфора, 0, 15-0, 35% калия, 3-5% кальция, а также магний, сера, другие элементы, используемые растениями для питания. Осадки городских сточных вод обычно имеют близкую к нейтральной реакцию среды (рН 6, 5-8) [15].

Общий эффект воздействия осадков сточных вод на почву заключается в том, что они повышают ее способность сохранять влагу, увеличивают содержание органического вещества и способствуют агрегации почвы. Осадки повышают устойчивость почв к эрозии. Так, жидкий сброженный осадок широко использовался для закрепления движущихся песков в Израиле и во многих других странах мира для создания в песчаных районах почвенного слоя. На этих искусственно созданных землях разбиты парки и спортивные площадки.

Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений» и ГОСТ Р 54651-2011 «Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия» допускается использовать в качестве удобрений осадки, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых, городских, а также близких к ним по составу производственных сточных вод и продукцию (удобрения) на основе осадков. Разработан технологический регламент по использованию осадков сточных вод в качестве органического удобрения для повышения плодородия почв и обеспечению хозяйств альтернативными источниками удобрений.



Регламент руководствуется требованиями действующего российского законодательства и установленных нормативов и дополняет положения СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

Поскольку необработанные осадки сточных вод характеризуются высокой влажностью, содержат болезнетворные организмы, такие как вирусы (вирус гепатита), бактерии (сальмонеллы, кишечная палочка), простейшие (яйца гельминтов и цисты кишечных патогенных простейших), трематоды, нематоды, цестоды, использованию подлежат осадки, прошедшие технологические стадии обработки на очистных сооружениях канализации в целях снижения массы, объема, влажности, улучшения физико-механических свойств (вакуум-фильтры, фильтр-прессы, центрифуги, иловые площадки), стабилизации органических веществ, снижения запаха, обеззараживания (термическая сушка, компостирование, анаэробное сбраживание, щелочная обработка) [16, 17, 18].

Вместе с тем, применение осадков сточных вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур может сопровождаться внесением в почву различных загрязнителей. Они могут взаимодействовать друг с другом и с микроорганизмами почвы и образовывать новые соединения с неизвестными свойствами. При использовании осадков как удобрений загрязнители способны накапливаться в зеленой массе растений в концентрациях, значительно превышающих ПДК этих соединений в кормах для скота и птицы [19]. В этих случаях использование осадков сточных вод в качестве удобрений создает ряд проблем, связанных с воздействием их на окружающую среду, попаданием вредных веществ в продукты питания и неблагоприятным влиянием на здоровье человека.

Нежелательные эффекты воздействия осадков на окружающую среду могут быть кратковременными, в частности, неприятный запах необработанных осадков, присутствие в них патогенных бактерий, вирусов и гельминтов, опасность загрязнения поверхностных и грунтовых вод фосфатами и нитратами. Эти явления исчезают в основном при обработке осадка и после прекращения внесения его в почву. Другую группу нежелательных эффектов составляют стойкие эффекты, обусловленные содержанием в осадках тяжелых металлов и токсических трудноразлагающихся органических соединений. Опасность тяжелых металлов объясняется их способностью накапливаться в растениях и возможностью попадания в организм человека в значимых концентрациях. Прямое воздействие металлов на человека при загрязнении среды наблюдается редко. Поскольку тяжелые металлы длительное время удерживаются в организме



и плохо из него выводятся, при постоянном поступлении их даже в низких концентрациях с продуктами питания, водой и др. существует опасность развития отдаленных последствий. Влияние тяжелых металлов на организм проявляется в нарушении иммунологического статуса, аллергических реакциях и генетических нарушениях [20, 21].

Многие металлы, содержащиеся в осадке в виде микроэлементов (медь, цинк, марганец, фтор, ванадий, бор, никель и др.), необходимы для роста и развития растений. В обычных количествах они обеспечивают доброкачественность продуктов питания человека и кормов животных. Отрицательное воздействие проявляется при избыточном количестве их в почвах. Для предотвращения загрязнения почв тяжелыми металлами в большинстве стран установлены национальные нормы предельно допустимого содержания их в осадках городских сточных вод, используемых в качестве удобрения. В нормативных документах России в перечень показателей качества осадков включено 8 элементов: кадмий, хром, медь, цинк, никель, свинец, ртуть, мышьяк.

Таким образом, при использовании ОСВ в качестве удобрения существует серьезная опасность загрязнения почвы, получаемой продукции и всей окружающей среды в целом различными вредными веществами, прежде всего, соединениями тяжелых металлов и токсическими органическими соединениями. Тем не менее, этот метод утилизации может быть отнесен к перспективным, т.к. по содержанию тяжелых металлов значительная часть осадков удовлетворяет агроэкологическим требованиям, в том числе и международным.

3. Вермикомпостирование. Вермикомпостирование – один из способов обработки, обеззараживания и утилизации осадков сточных вод, представляющий собой процесс переработки осадка калифорнийскими дождевыми червями, при котором органические соединения, содержащиеся в осадке, трансформируются в резиноподобный субстрат для жизнедеятельности червей. Вермикомпостирование позволяет в короткий срок переработать осадки сточных вод и получить ценный продукт – вермикомпост (биогумус) [22].

Осадок, переработанный червями, обеззараживается от яиц гельминтов и частично обезвреживается: часть активных форм тяжелых металлов в результате ферментативной деятельности червей переходит в неактивную форму. Черви способны накапливать в теле тяжелые металлы и переводить их в связанные формы, труднодоступные для растений, что позволяет расширить спектр применения конечного продукта переработки. Этот процесс протекает без применения реагентов, что делает биологическую утилизацию осадков экологически безопасной и не приводит к вторичному загрязнению поверхностных водоемов, грунтовых и подземных вод, почв и атмосферы.

В США и странах Западной Европы вермикомпостирование ОСВ совместно с бытовыми отходами находит все более широкое применение.

Однако в нашей в стране метод вермикомпостирования осадков сточных вод пока не нашел применения из-за низкой производительности, хотя такие работы велись и ведутся в ряде регионов РФ.

4. Метод геотубирования. Сущность метода заключается в статическом обезвоживании, то есть фильтрации жидкой фазы осадка через стенки геотуб, которые представляют собой цилиндрические объемные системы, изготовленные из высокопрочного и долговечного геотекстиля, стойкого к химическому воздействию кислот и щелочей, биологическому воздействию, а также воздействию ультрафиолетового излучения. Конструкции, в которых применяются геотубы, хорошо выдерживают высокие статические и динамические нагрузки. Помимо этого, геотубы являются идеальным решением для обезвоживания и складирования различных материалов, поскольку геотекстиль, из которого они изготавливаются, обладает высоким коэффициентом фильтрации. Вначале приступают к подготовке территории для укладки геотуб. До установки геотубы необходимо убедиться в ровности и горизонтальности участка укладки. По периметру площадки должна быть выкопана траншея для сбора стока из контейнера геотубы и передачи его в сборный коллектор или отстойник. По периметру площадки также необходимо соорудить защитную берму, предотвращающую возможное попадание осадка или его взвеси в окружающую среду. После выравнивания полигона на всю площадь, включая краевую берму, необходимо уложить водонепроницаемую изолирующую мембрану, закрепив ее в грунте. Основание полигона должно устраиваться из дренирующего материала. Слой из щебня, гравия служит для отвода воды, поступающей из нижней части контейнера геотубы, в сборную траншею. После укладки дренирующего слоя можно производить укладку геотуб и приступать к закачке осадка сточных вод.

Перед подачей в геотубы осадок, извлеченный из илонакопителя, разбавляют до влажности 95% в специальных баках для лучшего его смешивания с реагентами и нормального флокулообразования. Затем вносят специальные добавки: полимерные флокулянты – для повышения эффективности фильтрации; стабилизаторы – для подавления процесса гниения органической части; дезинфектанты – для подавления микрофлоры осадка; дезодораторы – для подавления запаха; специальные реагенты – для связывания свободных форм тяжелых металлов. После этого полученная путем смешивания осадков сточных вод из илонакопителя и специальных реагентов суспензия закачивается в геотубу для обезвоживания и стабилизации.

На протяжении года обезвоживание осадка осуществляется за счет естественных физических процессов – «выдавливания» влаги из геотубы. В течение длительного времени в геоконтейнере происходят процессы биологического компостирования и химической нейтрализации осадка с большей эффективностью, чем в обычных условиях. Фильтрат, выдавливаемый при геотубировании, отвечает характеристикам, позволяющим напрямую осуществлять сброс в централизованный канализационный сток.

Кроме того, фильтрат используется для разведения и увлажнения осадка из илонакопителя.

5. Анаэробное метановое сбраживание ОСВ. Наиболее доступным способом стабилизации ОСВ является биологический – анаэробное метановое сбраживание. Данный метод считается универсальным методом стабилизации осадков, так как их обработка проходит в жидком состоянии, до обезвоживания.

Анаэробное сбраживание – процесс микробиологического разложения органического вещества (ОВ) в отсутствие кислорода с выделением биогаза (смеси метана и углекислого газа) [23]. Цель анаэробного окисления – стабилизация органических соединений, содержащихся в необработанных отходах. Процесс состоит из нескольких стадий, при сбраживании осадков самой медленной стадией является первая стадия гидролиза сложного органического вещества. Сложные органические вещества осадка и ила гидролизуются до более простых: белки – до пептидов и аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот, углеводы – до простых сахаров. На второй стадии образуется метан и угольная кислота.

Наиболее существенным преимуществом метода анаэробного сбраживания является то, что он не потребляет энергию, а выделяет ее в виде биогаза. Для анаэробного сбраживания осадков сточных вод обычно используют два температурных режима сбраживания: мезофильный при температуре 30-35°C и термофильный при температуре 52-55 °C.

Сброженный осадок содержит до 5-6% фосфора, до 3-5% азота и около 45-50% органического вещества, обладает хорошей водоудерживающей способностью, обеззаражен, является не менее ценным органическим удобрением, чем навоз. Осадок может размещаться на полигонах как промежуточный слой при укладке, либо как рекультивант при перекрытии. Состав и свойства вытяжки из сброженного осадка позволяют относить его к отходу 4-5-го класса опасности и принимать на полигоны без ограничения как рекультивант [24].

В России опыт использования метода анаэробного сбраживания скорее отрицательный, что объясняется как низким качеством строительства, так и особенностями выбранной технологии термофильного сбраживания при крайне малом времени обработки. Одновременно с негативным отечественным опытом состоятельность технологии была подтверждена на тысячах установок за рубежом, прежде всего – в таких странах, как Германия и Великобритания, где сбраживанию подвергается около 70% осадков [25].

6. Термические методы утилизации осадков (сжигание). В последние годы все большее распространение получают термические (сжигание) методы обезвреживания осадков сточных вод. Термические методы переработки осадков составляют в странах ЕЭС 20-40% от общего количества, в Японии – 60%, в США – 16%. Сжигание позволяет получать тепло и энергию, однако требует чрезвычайно высоких затрат средств. Кроме того, представляется достаточно сложной утилизация золы, содержащей высокие концентрации

токсических веществ и малое количество органических и питательных веществ.

Существует несколько способов сжигания осадков илов сточных вод: высокотемпературное сжигание в многоподовых и циклонных печах [29], пиролиз, термокаталитическое и жидкофазное окисление (метод Циммермана), технологии с применением низкотемпературной плазмы -взрывные камеры для утилизации осадков, сжигание в псевдоожиженном слое.

В мировой практике в развитых странах в основном для сжигания осадков сточных вод применяют печи с кипящим слоем, которые за последние 30-40 лет получили наибольшее распространение не только для сжигания, но и для сушки осадков. Их широко применяют в США, Германии, Франции, Японии и других странах. При сжигании в этих печах осадки подают в псевдоожиженный слой инертного материала (песок с размером частиц 5-1 мм), нагретый до температуры, обеспечивающей воспламенение отходов.

В Российской Федерации на данный момент функционирует только три завода по сжиганию осадков сточных вод в печах с псевдоожиженным слоем в городе Санкт-Петербург. Существующая схема утилизации осадка на очистных сооружениях водоканала Санкт-Петербурга предполагает его обезвоживание и сжигание в печах с псевдоожиженным слоем. В Санкт-Петербурге работают три завода по сжиганию осадков сточных вод: на Центральной станции аэрации (ЦСА), Северной станции аэрации (ССА) и Юго-Западных очистных сооружениях (ЮЗОС), которые позволяют утилизировать весь образующийся осадок сточных вод всех канализационных очистных сооружений (КОС).

Метод сжигания осадка сточных вод, как и метод термического обезвреживания твердых коммунальных отходов, до сих пор подвергается критике. Возражения касаются, главным образом, возможной эмиссии высокоопасных экотоксикантов – диоксинов и загрязнения ими окружающей среды [34, 35, 36].

Другие способы. Кроме описанных выше, в настоящее время существует множество различных методов обезвреживания осадков городских сточных вод, по разным причинам не нашедших широкого применения. К таковым относится: применение осадков сточных вод в строительстве после соответствующей их подготовки (в основном как инертная добавка в состав строительной смеси). Во многих странах мира осадок сточных вод используют в производстве керамзита, черепицы, кирпича, добавки к бетонам, керамической плитки, в дорожном строительстве в виде добавок в асфальт, а также при производстве декоративного стекла [37, 38].

### **Заключение**

Современные мировые тенденции по обезвреживанию и утилизации осадков сточных вод в основном направлены на снижение объемов размещения осадков в окружающей среде. Сжигание на сегодняшний день считает-

ся эффективным и универсальным методом снижения большого количества осадков сточных вод и получения энергии. По сравнению с другими способами термической обработки сжигание ОСВ в настоящее время является перспективным с точки зрения оборудования и технологий.

Одним из основных препятствий для широкого использования сжигания ОСВ является обеспокоенность общественности возможными выбросами вредных веществ. Оптимизация технологий сжигания, таких как рециркуляция дымовых газов, ступенчатое сжигание воздуха и сжигание с низким разбавлением кислородом могут значительно повысить эффективность сжигания и снизить выбросы загрязняющих веществ. Химическая обработка может снизить выбросы при сгорании ОСВ и улучшить его характеристики обезвоживания и сгорания за счет применения кондиционеров, присадок и катализаторов. Вышеупомянутые методы сокращают содержание загрязняющих веществ при сжигании ОСВ [39, 40].

Углубленные исследования по оптимизации технологий сжигания должны большее внимание уделять механизму реакции горения ОСВ, влиянию атмосферы горения, оборудованию, температуре и другим факторам, влияющим на образование загрязняющих веществ, а также контролю выбросов из источника. Кроме того, поиск более эффективных и экологически безопасных добавок и разработка других методов термохимической обработки также имеют значение для сжигания ОСВ. Все приведенные выше обобщенные направления исследований способствуют снижению затрат и выбросов загрязняющих веществ при сжигании ОСВ, а также способствуют достижению более чистого производства.

### Список литературы

1. Пьянкова В.И., Москвитина Т.Б., Пантелеева Л.А., Павлова С.Ш. Экологические аспекты действия химических загрязнителей. Часть I. Биосфера и химия углерода, азота, фосфора, кислорода, серы и галогенов. Пермь. 2001. 162 с.
2. Фимен В.А. Проблемы обращения с осадками сточных вод станции аэрации промышленных городов // Известия академии жилищно-коммунального хозяйства. Городское хозяйство и экология. 2002. №1. С.32-35.
3. Working Document on Sludge, 3rd draft. ENV.E.3/LM, European Union, Brussels, 2000.
4. Заводовская Е.В. Разработка технологии подготовки обезвоженных осадков сточных вод очистных сооружений канализации к расширенной утилизации: диссертация кандидата технических наук: 03.00.16 / Заводовская Елена Владимировна., М., 2009. 151 с.
5. Кноер П., Бюхлер М., Пуассон А., Чепурнов А.В. Низкотемпературная двухступенчатая сушка осадка сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 4. С. 7-11.
6. Judex J. W., Gaiffi M., Burgbacher H. C. Gasification of dried sewage sludge: Status of the demonstration and the pilot plant. Waste Management. 2012. 32 (4). 719-723.

7. Odour management in British Columbia: review and recommendations. Final report W05-1108. 2005.
8. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. / Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод: учебное пособие – Самара, 2008. 204 с.
9. Tydschr. watervoorz en afvalwater behandel // Marvelde I.H.B. (tc), W.G.Lans, E.Verbeek, etc. 1994. 27. № 9. S. 242-245 (Nether).
10. Соколов Л.И., Петров А.Н. Утилизация осадка сточных вод // ВСТ. 1995. № 8. С. 15-17.
11. Аликбаева Л.А. Научные основы обеспечения гигиенической безопасности эксплуатации городских очистных сооружений с технологией сжигания осадка сточных вод: диссертация доктора медицинских наук: 14.00.07 / Аликбаева Лилия Абдулняимовна., М., 2007. 256 с.
12. Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б. К вопросу о контроле летучих загрязняющих соединений, формирующих запах, при деятельности канализационных очистных сооружений // Здоровье населения и среда обитания. 2020. №10(331). С. 52-55.
13. Щербо А.П. и Киселев А.В. «Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье». Практикум – СПб.: СПбМАПО. 2005. 92 с.
14. Tidestrom H. Swedish regulation on the use of sewage sludge in agriculture: why is it important to use sludge as a fertilizer in agriculture? Specialty Conference on Management and Fate of Toxic Organics in Sludge Applied to Land. Copenhagen, Denmark, 1997.
15. Мирный А.Н. Критерии выбора технологии обезвреживания и переработки твёрдых бытовых отходов // Чистый город. 1998. №1. С. 8-15.
16. Мироненко О. В., Копытенкова О. И., Леванчук А. В., Магомедов Х. К. Гигиеническая оценка влияния метана, поступающего из тела полигона для складирования осадков сточных вод, на состояние воздушного бассейна // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2018. Т. 13. Вып. 3. С. 316-324. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2018.308>.
17. МР «Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Методические рекомендации. Утв. Главным государственным санитарным врачом г. Москвы – М.: НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н. Сысина, ММА им. И.М. Сеченова, ЦГСЭН в г. Москве, 2003. 56 с.
18. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–120. ([http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest\\_classif.php](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php))
19. Покровская Е.Н., Сергеева Т.Н. Утилизация осадков сточных вод // Экология и промышленность России. 2005. Июнь. С. 23-25.
20. Капелькина Л.П., Скорик Ю.И., Венцюлис Л.С. Использование осадка сточных вод для рекультивации земель на полигонах ТБО // Экология и промышленность России. Сентябрь 2009. С. 52-55.
21. Harrison, Ellen Z., Oakes, Summer Rayne. Investigation of Alleged Health Incidents Associated with Land Application of Sewage Sludges. New Solutions // A Journal of Environmental and Occupational Health Policy, 2002.



22. Гумен С.Г., Большенников А.Я., Марич К.В. Обработка осадков сточных вод на центральной станции аэрации С.-Петербурга // ВСТ. 1998. № 10. – С. 10-13.
23. Хисамеева Л.Р., Селюгин А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. Обработка осадков городских сточных вод. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. 105 с.
24. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки, – М. Стройиздат, 1992.
25. Johnson, T., Scanlan, P. A., Yurtsever, D. and Kuchenrither, R. D. State of Practice: Biosolids Energy and Resource Recovery, Water Convention, SIWW09, 23-26 June 2009 Singapore.
26. Данилович, Д.А., Ванюшина А. Я. Анаэробное сбраживание – ключевая технология обработки осадков городских сточных вод (часть 2) // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 11. С. 50-57.
27. Храменков С. В., Пахомов А. Н., Стрельцов С. А., Кевбрина М. В., Ванюшина А.Я., Агарёв А. М. 2012. Повышение эффективности обработки осадка сточных вод с помощью высокотемпературного гидролиза перед сбраживанием // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 10. С. 55–60.
28. Кевбрина М. В., Николаев Ю. А., Дорофеев А. г., Ванюшина А. Я., Агарёв А. М. Высокоэффективная технология метанового сбраживания осадка сточных вод с рециклом биомассы // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 10. С. 61-67.
29. Костылева Е. Е., Замалиев А. Н., Тазеев И.Р. Термическая сушка как способ повышения эффективности процесса сжигания илового осадка // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 2. С. 73-80.
30. Solmaz S. Thermische Entsorgung von Klärschlamm // Korrespond. Ab-wasser. 1998. 45. № 10. S. 1886-1888, 1890-1899.
31. Луканин А.В. Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов: учебное пособие / А.В. Луканин. – М: Научно-издательский центр ИНФРА-М. 2018. 556 с.
32. Бернадинер М.Н., Жижин В.В., Иванов В.В. Термическое обезвреживание промышленных органических отходов // Экология и промышленность России. 2000. С. 17-21.
33. Валиев В.С., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р. Способы утилизации осадков городских сточных вод (обзор) // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №4 (24). С. 52-63.
34. Рублевская О. Н. Опыт ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» по внедрению технологий утилизации осадка сточных вод // Современные тенденции в развитии водоснабжения и водоотведения. 2019. Т. 1. С. 70-75.
35. Хорева П.В., Бернадинер И.М. Эмиссия вредных веществ при сжигании осадков сточных вод // Энергосбережение – теория и практика. 2018. С. 135-138.
36. Водоканал г. Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vodokanal.spb.ru> (дата обращения 12.07.2021).
37. Янин Е.П. Осадки сточных вод городов России как источник ртути в окружающую среду / Е.П. Янин // Экологические системы и приборы. 2009. №7. С. 16



38. Rajah A.R. Influence of sewage sludge on dry matter yields crops / A.R. Rajah, U.S.S. Romulus // Indian J. Agr. Chem. 21. 1988. P. 215-222.

39. Копытенкова О.И., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Маркова О.Л., Ганичев П.А. К вопросу сжигания осадков сточных вод // Актуальные вопросы гигиены: сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27 февраля 2021 года / Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 2021. С. 167-171.

40. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621908 Российская Федерация. База данных «Технологии обработки осадков очистных сооружений канализации»: № 2020621836: заявл. 08.10.2020: опубл. 16.10.2020 / О. И. Копытенкова, П. А. Ганичев, Г. Б. Еремин [и др.]; заявитель Федеральное Бюджетное Учреждение Науки «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

#### **Сведения об авторах:**

**Копытенкова Ольга Ивановна**, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: 5726164@mail.ru

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru

**Маркова Ольга Леонидовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: olleonmar@mail.ru

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, заслуженный врач РФ, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

**Кирьянова Марина Николаевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrn@ro.ru

УДК 614.7

*Мясников И.О., Шварц А.А, Еремин Г.Б.,  
Степанян А.А., Кирьянова М.Н.*

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО  
И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
В КИНГИСЕППСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Проблема обеспечения качественной питьевой водой не теряет своей актуальности на территории Ленинградской области. В государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области (ЛО) за период 2010-2020 гг. отмечено, что на отдельных территориях области сохраняются высокие уровни несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, обусловленное, прежде всего, природным составом воды. В качестве примера взят Кингисеппский район ЛО. Водоснабжение населенных пунктов района частично базируется на эксплуатации подземных вод, качество которых в большинстве случаев зависит от природных факторов. Результаты исследований позволили уточнить перечень веществ, превышающих установленные гигиенические нормативы, и дать рекомендации по совершенствованию систем производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды в водоемностях.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоемностей, водоносный горизонт, подземные воды

*Myasnikov I.O., Schwartz A.A., Eremin G.B.,  
Stepanyan A.A., Kiryanova M.N.*

**HYGIENIC ASSESSMENT OF WATER QUALITY  
UNDERGROUND DRINKING WATER SOURCES  
AND HOUSEHOLD WATER SUPPLY IN THE KINGISEPP DISTRICT  
OF THE LENINGRAD REGION**

**Abstract:** The problem of providing high-quality drinking water doesn't lose its relevance in the Leningrad region. In the state reports on the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region (LR) for the period 2010-2020, it was noted that there are high levels of non-compliance of groundwater quality with hygienic requirements for sanitary and chemical indicators in some territories of the region, partly due to the natural composition of water. One of such territories is the Kingisepp district of the Leningrad region. The water supply of the district's settlements is largely based on the exploitation of groundwater, which quality in most cases depends on natural factors. The results of the research made it possible to clarify the list of substances exceeding the established hygienic standards, and to make recommendations for improving the systems of production control and socio-hygienic monitoring of water quality in water sources.

**Keywords:** priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоемностей, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Кингисеппского района

Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

Материалы и методы. Проанализированы государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников в 26 населенных пунктах Кингисеппского района ЛО. Применены методы обследования, оценки, системного анализа.

Введение. Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение населенных пунктов Кингисеппского района ЛО частично построено на эксплуатации подземных вод, санитарно-гигиеническое состояние которых определяется как природными, так и антропогенными факторами. На рассматриваемой территории эксплуатируемые подземные воды в части населенных пунктов слабо защищены от поверхностного загрязнения, здесь отмечается азотное загрязнение нитратами и нитритами. Следует иметь в виду, что, несмотря на незначительное количество превышений ПДК, азотное загрязнение на начальной стадии (превышение фоновых значений) фиксируется во многих водозаборных скважинах. Однако в целом качество подземных вод на рассматриваемой территории определяется в первую очередь природными факторами [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы изучено качество воды в 50 скважинах 26 населенных пунктов Кингисеппского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Кингисеппского района находится в пределах Прибалтийско-Ладожского района Московского артезианского бассейна [15]. Территория характеризуется региональным распространением подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях. Ниже

залегает пресные воды ордовикских, нерасчлененных кембро-ордовикских и нижнекембрийских образований. Еще ниже распространены солоноватые воды, приуроченные к вендским образованиям [15, 16]. Для водоснабжения используются воды, приуроченные к образованиям ордовика, а также нерасчлененного кембро-ордовика и нижнего кембрия. В северной части района для водоснабжения после водоподготовки используются подземные воды вендских образований [3, 16]. Ордовикский водоносный горизонт (О) залегает на глубине 5–30 м. Водовмещающие породы горизонта представлены известняками и доломитами с редкими прослоями мергелей и глин. Уровни подземных вод в зависимости от характера рельефа устанавливаются в скважинах на глубине от 2–5 до 20–30 м. Неравномерная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород обуславливает изменчивость их фильтрационных свойств по площади и в разрезе. На рассматриваемой территории воды в верхней части разреза пресные, с минерализацией 0, 3–0, 75 г/л, гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Кембро-ордовикский водоносный горизонт (Є-О) приурочен к разновозрастным песчано-глинистым породам среднего и верхнего кембрия и нижнего ордовика, в местах эксплуатации залегает на глубине 25–50 м. На рассматриваемой территории воды в верхней части разреза пресные, с минерализацией 0, 4–0, 8 г/л, гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Нижнекембрийский (ломаносовский) водоносный горизонт (Є) приурочен к песчаникам и алевролитам нижнего кембрия, в местах эксплуатации залегает на глубине 70–200 м. Перекрыт лонтоваскими глинами. На рассматриваемой территории воды пресные с минерализацией 0, 5–0, 85 г/л, гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, щелочные, с рН около 8. Вендский водоносный комплекс (V) распространен на всей рассматриваемой территории и залегает непосредственно на размытой поверхности кристаллического фундамента (16). Эксплуатируется он только в северной части Кингисеппского района. Здесь водоносный комплекс перекрыт четвертичными отложениями и толщей верхнекотлинских глин, что делает его хорошо защищенным от поверхностного загрязнения. Основную часть толщи водоносного комплекса составляют пески и песчаники (от грубых несортированных до мелкозернистых), алевролиты и алевролиты кварцевые и полевошпатово-кварцевые, слабо- и плтносцементированные, часто слоистые. Глубина залегания комплекса в районе эксплуатации составляет 90–100 м. Здесь распространены солоноватые воды с минерализацией 1, 6–2, 5 г/л, хлоридные натриевые.

Результаты и их обсуждение. В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения населенных пунктов Кингисеппского района. В таблице 1 для основных населенных пунктов, использующих для централизованного водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций хлоридов, натрия, общей жесткости и минерализации,

отражающих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Здесь и далее красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21<sup>14</sup>.

Таблица 1 – Концентрации хлоридов и натрия, общая жесткость и минерализация (сумма солей), регламентирующие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	Cl, мг/л (N. 350 мг/л)		Na, мг/л (N. 200 мг/л)		Общ жестк., гр. (N. 7°)		Сумма солей, мг/л (N. 1000 мг/л)	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Алексеевка	€-0	22,9	33,6	20,8	37,7	8,5	9,8	729,6	828,8
Большая Пустомержа	0	29,0	63,0	2,3	2,8	4,5	5,9	405,3	464,8
Большое Куземкино	€	64,9	150,7	16,7	16,8	0,9	0,9	128,4	130,0
Ванакюля	€	225,7	237,0	230,0	230,0	0,9	0,9	701,6	712,2
Веймарн	0	12,8	12,8	5,6	5,6	6,0	6,0	470,7	470,7
Горка	€	15,5	16,8	128,0	147,9	2,7	3,4	600,4	604,8
Домашово	0	8,4	9,3	1,8	1,8	4,8	4,8	377,1	377,1
Ивангород	€	218,7	230,0	240,0	240,0	0,5	0,5	604,6	655,7
Ивангород	€-0	61,8	167,8	24,1	24,1	4,7	4,7	425,2	458,5
Ивановское	0	60,8	168,5	29,5	38,0	6,3	6,7	524,0	527,0
Именицы	0	50,3	50,3	-	-	-	-	-	-
Калливере	€	340,0	340,0	330,3	330,3	1,2	1,2	879,3	912,1
Касколовка	€	231,9	273,0	239,1	250,0	0,6	0,6	739,1	778,8
Кингисепп	€	222,0	290,0	221,1	262,5	0,4	0,5	639,8	782,4
Косколово	V	1115,1	1360,0	577,1	624,2	7,0	7,0	1716,4	1829,1
Котельский	0	13,3	13,3	40,9	40,9	4,0	4,0	455,0	455,0
Котельский	€	82,7	120,3	201,8	215,7	0,5	0,5	680,0	787,9
Котлы	€	40,4	49,0	177,7	203,3	1,0	1,3	681,7	726,5
Котлы	€-0	40,3	66,4	21,0	21,0	5,1	5,1	456,8	456,8
Кошкино	€	218,3	250,0	254,6	254,6	0,6	0,6	617,2	694,7
Лесобиржа	€	158,4	186,4	-	-	-	-	-	-
Малый Луцк	€	221,0	233,5	-	-	-	-	-	-
Непово	€	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-
Ополье	0	59,2	125,6	28,6	35,3	7,5	9,3	625,6	758,0
Ратчино	0	13,5	13,5	-	-	-	-	-	-

<sup>14</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Населенный пункт	Горизонт	Cl, мг/л (N. 350 мг/л)		Na, мг/л (N. 200 мг/л)		Общ жестк., гр. (N. 7°)		Сумма солей, мг/л (N. 1000 мг/л)	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Среднее Село	0	44,7	44,7	-	-	-	-	-	-
Усть-Луга	V	1278,0	1300,0	832,6	868,9	8,9	8,9	2340,3	2519,1
Фалилеево	Є	118,1	140,0	185,7	190,0	0,3	0,4	572,6	694,6
Ямсковцы	0	38,8	38,8	-	-	-	-	-	-

Как видно из приведенных данных, превышение ПДК наиболее часто фиксируется для ионов натрия (Na). Повышенное содержание хлоридов (Cl) и высокая общая минерализация характерны только для подземных вод вендского водоносного комплекса. В отдельных населенных пунктах встречаются подземные воды с повышенной общей жесткостью.

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для централизованного водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, регламентирующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Кингисеппского района это, прежде всего, железо (Fe). В отдельных населенных пунктах фиксируется превышение ПДК по содержанию в воде фтора (F), марганца (Mn), бария (Ba) и бора (B).

Таблица 2 – Микрокомпоненты, регламентирующие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Гор.	F, мг/л		Fe, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		B, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Алексеевка	Є-0	0,22	0,30	0,18	0,49	0,030	0,140	0,09	0,09	0,05	0,05
Большая Пустомержа	0	0,23	0,30	0,06	0,19	0,003	0,005	0,15	0,15	0,01	0,01
Большое Куземкино	Є	1,04	1,90	0,65	1,10	0,075	0,143	0,19	0,19	0,05	0,05
Ванакюля	Є	0,64	0,90	0,11	0,12	0,025	0,034	0,16	0,16	0,44	0,44
Веймарн	0	-	-	0,27	0,27	0,001	0,001	0,10	0,10	-	-
Горка	Є	-	-	0,01	0,01	0,001	0,001	-	-	-	-
Домашово	0	0,00	0,00	0,03	0,03	0,005	0,005	-	-	-	-
Ивангород	Є	0,32	0,50	0,77	4,90	0,012	0,020	0,07	0,07	0,66	0,82
Ивангород	Є-0	0,27	0,40	0,81	1,15	0,041	0,058	1,96	1,96	0,36	0,85
Ивановское	0	0,01	0,01	1,00	1,00	0,005	0,005	-	-	-	-
Именицы	0	0,19	0,19	0,09	0,09	0,006	0,006	-	-	-	-
Калливере	Є	0,49	0,50	0,70	0,70	0,012	0,012	0,14	0,14	0,36	0,36
Касоловка	Є	0,38	0,74	0,30	0,69	0,008	0,009	0,11	0,11	1,00	1,00
Кингисепп	Є	0,45	1,87	0,24	1,20	0,011	0,020	0,07	0,09	0,74	1,14



Населенный пункт	Гор.	F, мг/л		Fe, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		B, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Косколово	V	0,37	1,00	0,28	0,38	0,141	0,280	8,95	9,80	0,18	0,24
Котельский	O	-	-	0,74	0,74	0,055	0,055	0,23	0,23	-	-
Котельский	Є	0,58	1,10	0,11	0,20	0,011	0,020	0,07	0,07	0,89	0,89
Котлы	Є	0,97	1,20	0,20	0,39	0,280	0,790	0,15	0,15	0,71	0,71
Котлы	Є-O	0,15	0,15	0,07	0,07	0,005	0,005	-	-	-	-
Кошкино	Є	0,45	0,60	0,16	0,23	0,005	0,007	0,14	0,14	0,59	0,59
Лесобиржа	Є	0,12	0,23	0,09	0,10	0,006	0,006	-	-	-	-
Малый Луцк	Є	0,05	0,08	0,10	0,15	0,005	0,005	-	-	-	-
Непово	Є	0,10	0,10	0,16	0,16	0,006	0,006	-	-	-	-
Ополье	O	0,25	0,33	0,10	0,25	0,013	0,065	0,08	0,12	0,04	0,04
Ратчино	O	0,14	0,14	0,02	0,02	0,007	0,007	-	-	-	-
Среднее Село	O	0,26	0,26	0,24	0,24	0,005	0,005	-	-	-	-
Усть-Луга	V	1,10	1,10	1,23	1,60	0,313	0,320	6,84	7,01	0,27	0,27
Фалилеево	Є	0,75	1,30	0,07	0,12	0,008	0,011	0,04	0,04	1,51	1,55
Ямсковыцы	O	0,02	0,02	0,06	0,06	0,005	0,005	-	-	-	-

Помимо данных, приведенных в таблице 2, в ряде населенных пунктов зафиксированы единичные случаи превышения установленных ПДК для кадмия (Cd). В таблице 3 приведены населенные пункты, в которых в воде определялось содержание кадмия (Cd).

Таблица 3 – Содержание кадмия в подземных водах Кингисеппского района

Населенный пункт	Горизонт	Кадмий (Cd) (ПДК – 0,001 мг/дм <sup>3</sup> )	
		ср.	макс.
Алексеевка	Є-O	0,00047	0,00083
Большая Пустомержа	O	0,00010	0,00010
Большое Куземкино	Є	0,00010	0,00010
Ванакуля	Є	0,00010	0,00010
Веймарн	O	0,00001	0,00001
Горка	Є	0,00225	0,00230
Ивангород	Є	0,00010	0,00010
Калливере	Є	0,00451	0,00451
Касколовка	Є	0,00005	0,00005
Кингисепп	Є	0,00033	0,00070
Косколово	V	0,00006	0,00010
Котельский	O	0,00005	0,00005
Котельский	Є	0,00008	0,00010
Котлы	Є	0,00160	0,00470

Населенный пункт	Горизонт	Кадмий (Cd) (ПДК – 0,001 мг/дм <sup>3</sup> )	
		ср.	макс.
Кошкино	€	0,00010	0,00010
Ополье	0	0,00018	0,00020
Усть-Луга	V	0,00006	0,00010
Фалилеево	€	0,00010	0,00010

Следует отметить, что не во всех водозаборных скважинах Кингисеппского района определялись перечисленные выше микроэлементы. При предварительной оценке качества пресной питьевой воды по показателям радиационной безопасности превышение нормативов, установленных в СанПиН 1.2.3685-21, не зафиксировано. В солоноватых водах вендского водоносного комплекса иногда встречается повышенная удельная активность радия (1, 3 Бк/л – в населенном пункте Вистино, 5, 7 Бк/л – в населенном пункте Усть-Луга).

Выводы. На территории представленных населенных пунктов Кингисеппского района отмечается высокий уровень несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества питьевой воды в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Кингисеппского района.

### Список литературы

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.
3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии

здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.

5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704: заявл. 18.08.2021: опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от

31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения.* – 2020. – Т. 15. № 1. – С. 330-342.

11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А.К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения.* – 2020. Т. 15. № 1. – С. 342-359.

12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // *Гигиена и санитария.* – 2018. Т. 97, № 12. – С. 1152-1156.

13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // *Гигиена и санитария.* – 2018. – Т. 97, № 12. – С. 1157-116.

14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А., Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения.* – 2020. -Т. 15, № 1. – С. 359-365.

15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.

16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.

#### **Сведения об авторах:**

*Еремин Геннадий Борисович*, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

**Шварц Алексей Аркадьевич**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alarshv@yandex.ru;

**Мясников Игорь Олегович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru;

**Степанян Алекс Артурович**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com;

**Кирьянова Марина Николаевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrn@ro.ru;

УДК: 614.777

*Мясников И.О., Сергеев А.А., Ковшов А.А.*

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТЬЕВОГО И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация.** На водоемы Мурманской области, используемые в целях организации питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, оказывается значительная антропогенная нагрузка. С учетом низкой способности водных объектов в северных районах к самоочищению, в настоящее время актуальным является изучение организации водоподготовки питьевой воды и влияние питьевой воды на заболеваемость населения области.

**Ключевые слова:** Мурманская область, поверхностный водоисточник, питьевая вода, заболеваемость.

*Myasnikov I.O., Sergeev A.A., Kovshov A.A.*

## HYGIENIC ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF DRINKING AND HOUSEHOLD WATER SUPPLY IN THE MURMANSK REGION

**Abstract.** There is a significant anthropogenic influence on the reservoirs used for the organization of drinking and household water supply in the Murmansk region. Taking into account the low ability of water sources in the northern regions to self-purification, it is currently relevant to study the organization of drinking water conditioning and the influence of drinking water on the morbidity of the population of the region.

**Keywords:** Murmansk region, surface water source, drinking water, morbidity.

**Цель работы.** Провести предварительную оценку состояния поверхностных водоисточников, используемых для целей централизованного питьевого водоснабжения, наличия и состояния водоочистных сооружений, качества питьевой воды, уровня заболеваемости населения.

**Материалы и методы.** Были изучены формы федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарно-эпидемиологического состояния» по муниципальным районам и области в целом, шаблоны федерального информационного фонда СГМ по разделу «Питьевая вода» в 2020 году, «Здоровье населения» за 2007-2019, данные мониторинга, проводимого Министерством природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. В работе использованы методы контент-анализа, индукции, эпидемиологического анализа, системного анализа.

### **Введение**

Для значительного количества населенных пунктов Российской Федерации качество питьевой воды централизованных систем водоснабжения продолжает оставаться актуальной проблемой [1]. Причинами неудовлетворительного качества питьевой воды является ненадлежащее санитарное состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения, антропогенное загрязнение воды токсическими неорганическими и органическими веществами, инфекционными и паразитарными агентами, факторы природного характера [2].

С учетом низкой способности водной системы, и особенно на северных территориях, к самоочищению и продолжающимся поступлением в водные объекты Мурманской области значительного объема сточных вод, проблема загрязнения поверхностных вод, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, приобретает все большую актуальность.

В воде поверхностных водоемов, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения зарегистрированы химические вещества как природного, так и технологического происхождения.

Анализ усредненных за период с 2007 по 2018 год показателей заболеваемости населения Мурманской области по отдельным классам болезней свидетельствует о наличии повышенных, по сравнению с Россией в целом, показателей заболеваемости болезнями мочеполовой системы, болезнями органов дыхания, болезнями эндокринной системы, а также новообразованиями. При этом отмечается статистически значимая тенденция к увеличению заболеваемости болезнями органов дыхания, болезнями мочеполовой системы и новообразованиями.

Имеется прямая зависимость состояние здоровья человека от качества употребляемой питьевой воды. Существуют пределы концентраций микро- и макроэлементов, понижение или повышение которых в питьевой воде вызывает определенные физиологические сдвиги или патологические состояния.



**Результаты и их обсуждение.** На территории Мурманской области ведется добыча медно-никелевых, железных и хромовых руд и других полезных ископаемых. На базе разведанных месторождений действуют горно-обогачительные и металлургические предприятия, являющиеся градообразующими для городов и поселков: Апатиты, Кировск (ОАО «Апатит»), Заполярный, Никель, Мончегорск (ОАО «Кольская ГМК»), Оленегорск (ОАО «Олкон»), Ковдор (ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Ковдорслюда»), в которых проживает треть населения области.

Основной причиной неудовлетворительного качества воды по санитарно-химическим показателям в водоемах Мурманской области, используемых как источники питьевого водоснабжения, так и для рекреационного назначения, является природная вода, обладающая высокой цветностью, повышенным содержанием железа, а также сброс в водоемы хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод без очистки или недостаточно очищенных.

Объем сточных вод, сбрасываемые в водные объекты области и требующие очистки, составил в 2020 году 307,46 млн. м<sup>3</sup> (в 2019 году – 271,21 млн. м<sup>3</sup>, увеличение на 36,25 млн. м<sup>3</sup>), из них: загрязненных всего 127,24 млн. м<sup>3</sup>, уменьшение на 139,23 млн. м<sup>3</sup>, чем в 2019 году – 266,47 млн. м<sup>3</sup>, в том числе: без очистки – 21,65 млн. м<sup>3</sup> (в 2019 году – 27,39 млн. м<sup>3</sup>, уменьшение на 5,74 млн. м<sup>3</sup>); недостаточно-очищенных – 105,59 млн. м<sup>3</sup>.

Предприятиями, осуществляющими наибольший объем сброса сточных вод в течение 2020 года в водные объекты, являлись: АО «Ковдорский ГОК» в реку Можель, озеро Ковдор, реку Ковдор (22,52 млн. м<sup>3</sup>); ГОУП «Мурманскводоканал» в Кольский залив Баренцева моря, Нижне-Тулумское водохранилище, реку Кола, ручей Варяжский, ручей Малый Кротовый (18,78 млн. м<sup>3</sup>); АО «Кольская ГМК» (г.Мончегорск) в озеро Ньюдуай (17,13 млн. м<sup>3</sup>); АО «Апатитыводоканал» в Кандалакшский залив Белого моря, реку Жемчужная, реку Белая, реку Вуоннемйок (14,72 млн. м<sup>3</sup>); МУП «Североморскводоканал» в Кольский залив Баренцева моря, реку Грязная, реку Средняя (11,73 млн. м<sup>3</sup>); АО «Кольская ГМК» (г.Заполярный, п.Никель) в реку Хауки-Лампи-йоки, реку Быстрая, озеро Арвалдемломполо, реку Колос-йоки (8,66 млн. м<sup>3</sup>); ООО «Ловозерский ГОК» в реку Сергевань (7,56 млн. м<sup>3</sup>); АО «Мончегорскводоканал» в Имандровское водохранилище, озеро Монче-озеро (4,78 млн. м<sup>3</sup>) и др. [3].

Деятельность горно-перерабатывающих и металлургических комплексов, сброс хозяйственно-бытовых стоков населенных мест приводит к повышенному содержанию в водных объектах загрязняющих веществ, в том числе ряда металлов, которые поступают как в составе пылевых выбросов, так и в составе сточных вод.

Большая часть тяжелых металлов, входящих в состав выбросов и стоков промышленных предприятий, связывается и остается в донных отложениях. Поверхностные слои донных отложений отражают аккумулирующий эффект аэротехногенной нагрузки металлов на водосборы. Пылевые выбросы

в атмосферу плавильных цехов металлургических комбинатов являются главным источником повышенных концентраций Ni, Cu и Co (в 10-380 раз больше фоновых значений) в поверхностных слоях донных отложений на расстоянии до 30-40 км. [4]. По данным мониторинга воды водоемов, проводимого Министерством природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области, систематически, в том числе и в 2020 году, регистрируется значительное превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, используемых для организации централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных мест области:

- источником питьевого водоснабжения города Мончегорска является оз.Мончеозеро. В створе озера отмечен высокий уровень загрязнения вод медью до 42 ПДКрбхз. В 100% отобранных проб содержание меди превышало норматив (7-42 ПДКрбхз), ртути (до 2 ПДКрбхз) – в 73% проб, никеля (до 7 ПДКрбхз) – в 67% проб. Максимальная концентрация меди в озере достигала 42,9 мкг/дм<sup>3</sup>, никеля – 71,8 мкг/дм<sup>3</sup>, ртути – 0,022 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание меди составило 14 ПДКрбхз, никеля – 2 ПДКрбхз, ртути – на уровне ПДКрбхз;

- в озере Имандра в районе г. Апатиты в 2020 году в 100% отобранных проб наблюдалось превышение допустимого норматива по молибдену (1-7 ПДКрбхз), меди (3-7 ПДКрбхз) и фторидам (уровень ПДКрбхз); в 75% отобранных проб – по алюминию;

- основным источником загрязнения озера Колозеро являются хозяйственно-бытовые сточные воды г. Оленегорска. Среднегодовое содержание меди составило 6 ПДКрбхз, марганца – 2 ПДКрбхз, молибдена – 1 ПДКрбхз. Качество воды в истоке р. Кола, являющейся источником питьевого водоснабжения г. Оленегорска, определяется гидрохимическим режимом оз. Колозеро. Содержание меди в истоке реки изменялось в пределах от 2 до 10 ПДКрбхз. В 75% отобранных проб наблюдалось превышение норматива по марганцу; в 50% – по органическим веществам (по ХПК) и по фенолам (общим и летучим); в единичной пробе – по цинку и молибдену;

- источники водоснабжения Ловозерского района – в водах реки Вирма среднегодовое содержание железа в 2020 году составляет 7 ПДКрбхз, марганца – 4 ПДКрбхз, меди – 2 ПДКрбхз;

- в отводном канале Нива ГЭС III, источнике водоснабжения г. Кандалакша, во всех пробах отмечалось превышение ПДКрбхз по меди, в 83% отобранных проб – по молибдену, в 50% проб – по цинку, в единичной пробе – по ртути;

- одним из водоисточников г. Мурманск является р. Кола. В створе реки Кола – 0,5 км выше п. Выходной среднегодовое содержание меди составило 5 ПДКрбхз, железа – на уровне 1 ПДКрбхз.

Специфическими загрязняющими веществами водных объектов Кольского полуострова являются соединения металлов (медь, никель,

марганец, железо, молибден), а также нитритный и аммонийный азот, фториды, сульфаты, фосфаты дитиофосфат, нефтепродукты и АСПАВ. [3].

Необходимо отметить, что концентрации большинства показателей в воде водоемов, исследуемых в рамках мониторинга, проводимого Министерством природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области, не выходят за рамки соответствующих гигиенических нормативов.

Согласно данным Управления Роспотребнадзора по Мурманской области качество воды поверхностных водных объектов, используемых для целей питьевого водоснабжения, имеет тенденцию к ухудшению по санитарно-химическим показателям: с 7,07% проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в 2018 году, до 19,8% проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в 2020 году [5].

Наиболее неудовлетворительная ситуация с качеством воды водоисточников сложилась в г. Кировск, где доля проб воды в местах водозабора из источников централизованного питьевого водоснабжения, не отвечающих по санитарно-химическим гигиеническим нормативам, составила 46,9%, в водоисточниках Кольского района (32,9%), г. Мурманска (29,2%), Печенгского (25,5%) и Ковдорского (10,2%) районов.

Большинство проб не соответствовало гигиеническим нормативам по цветности и содержанию железа. Кроме того, зарегистрировано превышение нормативов в воде водоисточников по содержанию алюминия: г. Кировск (61,9%) и Мурманск (12,5%), марганца – населенные пункты Терского района (2,0%); никеля – населенные пункты Печенгского района (10,3%).

На территории Мурманской области в целях обеспечения населения питьевой водой эксплуатируется 68 водозаборных сооружений, из них 55 из поверхностных водоемов и 13 из подземных. Однако на 37 водозаборах из поверхностных источников, используемых в целях питьевого водоснабжения, не имеется необходимого комплекса очистных сооружений (г. Мурманск – на 3 из 6), Кольский р-н (на 12 из 17), Ловозерский р-н (на 2 из 3), Кандалакшский р-н (на 9 из 9), г. Мончегорск (на 1 из 1), Печенгский р-н (на 4 из 6), в том числе на 30 водозаборах отсутствуют сооружения по очистке химического состава природных вод, подаваемых населению [6].

Водоемы Мурманской области характеризуются повышенным содержанием гумуса, с чем связано высокое количество проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим требованиям по цветности и содержанию железа. В настоящее время имеются данные экспериментальных исследований северных вод, в результате которых были установлены следующие закономерности сродства металлов к гумусовым веществам: Fe > Cu > Pb > Al > Co > Ni > Cd > Zn > Cr > Mg > Sr > Ca > Mn

Известно, что избыток железа провоцирует онкологические заболевания (ферроптоз), болезни крови, печени, кожи и подкожной клетчатки у человека. Установлено, что попадание наночастиц железа размером 20–40 нм в желудочно-кишечный тракт приводит к изменению показателей углеводного, липидного и белкового обмена. Сильными токсическими свойствами

обладают наночастицы алюминия размером 30–103 нм, которые способны подавлять синтез мРНК, вызывать пролиферацию клеток, индуцировать проатерогенное воспаление и нарушение функций митохондрий. Результаты зарубежных изысканий подтверждают значение наночастиц Fe, Al и других металлов, включая Pb, Ag, Co и Zr, в этиологии онкологических заболеваний человека. В лабораторных условиях было показано резкое повышение биологической активности химических соединений в результате воздействия электромагнитного поля на водные растворы веществ в малых и сверхмалых дозах за счет образования наноассоциатов размером до 400 нм [7].

Известна связь некоторых патологических состояний человека с употреблением «мягкой» и «жесткой» питьевой воды. В случае «мягкой» воды и низкой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния происходит инициация сосудистых патологий, а при «жесткой» воде с повышенным содержанием названных соединений имеет место прогрессирование заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Анализ усредненных за период с 2007 по 2018 год показателей заболеваемости населения Мурманской области по отдельным классам болезней свидетельствует о наличии повышенных, по сравнению с Россией в целом, показателей заболеваемости болезнями мочеполовой системы (в 1,16 раза), болезнями органов дыхания (в 1,12 раза), болезнями эндокринной системы (в 1,35 раза), некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями (в 1,12 раза), а также новообразованиями (в 1,36 раза) [8].

Анализ показателей заболеваемости в разрезе муниципальных образований Мурманской области по всем классам болезней (АОО-Т98 по МКБ-10) показывает, что территориями риска повышенной заболеваемости детского населения (0-14 лет) являются г. Апатиты, Кольский район и г. Мурманск; подросткового населения (15-17 лет) – г. Кировск, Ковдорский, Ловозерский и Терский районы, г. Мурманск; взрослого населения (18 лет и старше) – г. Апатиты, г. Кировск, Ковдорский и Ловозерский районы, г. Североморск. Среди взрослого населения наиболее существенное превышение областных уровней заболеваемости отмечается в Ковдорском районе, подросткового населения – в Ловозерском районе, детского населения – в г. Мурманск.

В разрезе городов и районов Мурманской области территориями риска по повышенным уровням заболеваемости и/или смертности (по данным на 2017-2019 гг.) являются:

1. Заболеваемость болезнями крови, кроветворных органов: взрослое население – Ковдорский район, Терский район; детское население – г. Мурманск, Ковдорский, Ловозерский район, Терский район.
2. Заболеваемость болезнями нервной системы: взрослое население – Ковдорский район, Ловозерский район; детское население – г. Мурманск, Печенгский район.
3. Заболеваемость новообразованиями: взрослое население – г. Апатиты, Ковдорский район, Кольский район, Ловозерский район; детское население – г. Мурманск, г. Апатиты.

Средние уровни заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше) Мурманской области по всем классам болезней приблизительно соответствуют среднероссийским показателям, однако по отдельным классам болезней (новообразования, болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ, болезни кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы, мочеполовой системы) регистрируется превышение российского уровня.

Лидирующие позиции в структуре общей заболеваемости взрослого населения занимают болезни системы кровообращения (16,7%), на втором месте – болезни органов дыхания (12,7%), на третьем месте – болезни костно-мышечной системы (14,1%).

Заключение. Неудовлетворительное состояние водоемов на территории Мурманской области, испытывающих постоянную нагрузку от деятельности промышленных комплексов и населенных пунктов, при низкой способности их к самоочищению приобретает «хронический» характер, что требует применения соответствующих технологий по обеспечению гарантированного качества питьевой воды, её безопасности и безвредности.

Учитывая наличие источников поступления загрязняющих веществ в водные объекты, степень «хронического» загрязнения ряда водоисточников, используемых в целях организации питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных мест, отсутствие у 66,1% водозаборов необходимого комплекса очистных сооружений, превышение показателей цветности и содержания железа в питьевой воде населенных пунктов, результаты анализа уровня и классов болезней населения Мурманской области, необходимо проведение углубленных исследований содержания химических веществ в питьевой воде с целью определения возможного негативного воздействия её на здоровье населения Мурманской области.

### Список литературы

1. Вопросы здравоохранения. Питьевая вода [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Ссылка активна на 01 июля 2021. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water/>.
2. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора / Н.В. Зайцева, А.С. Сбоев, С.В. Клейн, С.А. Вековщина // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.05.
3. «Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году» [Электронный ресурс]. Ссылка активна на 01 ноября 2021. Доступно по URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/>.
4. Даувальтер В.А., Канищев А.А. Геоэкологическая обстановка водоемов в зоне влияния ГМК «Печенганикель» // Вестник МГТУ, 2008. Том 11, №3. – С.398–406
5. Материалы для государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2020 году» [Электронный ресурс]. Ссылка активна на 09 сентября 2021. Доступно по URL: <http://51.rospotrebnadzor.ru/content/866/57760/>.

6. Мясников И.О., Сергеев А.А., Еремин Г.Б., Ганичев П.А., Дмитриевская С.В., Подеряка Ю.В., Казанцева Е.А. База данных «Сведения об источниках питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения г. Мурманск и населенных пунктов Мурманской области», Свидетельство л государственной регистрации базы данных № 2021621968 от 15.09.2021.

7. Румянцев В.А., Измайлова А.В., Крюков Л.Н. Состояние водных ресурсов озер Арктической зоны Российской Федерации // Проблемы Арктики и Антарктики -2018. Том 64 №1. – С.84-100.

8. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н, Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах арктической зоны Российской Федерации // «Вестник Уральской медицинской академической науки», 2019. С. 215-222.

### **Сведения об авторах**

*Мясников Игорь Олегович*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: igorolegmio@yandex.ru;

*Сергеев Александр Александрович*, врио руководителя Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, г. Мурманск, Россия; e-mail: kadry@murmanpotrebnadzor.ru

*Ковшов Александр Александрович*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: berliaev@yandex.ru

УДК 614.7

*Степанян А.А., Шварц А.А., Еремин Г.Б.,  
Мясников И.О., Бадаева Е.А.*

## **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В БОКСИТОГОРСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация:** Проблема обеспечения качественной питьевой водой остается актуальной на территории Ленинградской области. В государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области (ЛО) за период 2010-2020 гг. отмечено, что на отдельных территориях области сохраняются высокие уровни несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, обусловленные, прежде всего, природным составом воды. Одной из таких территорий является Бокситогорский район ЛО. Водоснабжение населенных



пунктов района в значительной степени базируется на эксплуатации подземных вод, основной вклад в качество которых вносят природные факторы. Результаты исследований позволили уточнить перечень веществ, превышающих установленные гигиенические нормативы, и дать рекомендации по совершенствованию систем производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды в водоисточниках.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоисточников, водоносный горизонт, подземные воды

*Stepanyan A.A., Shvarts A.A., Eremin G.B.,  
Myasnikov I.O., Badaeva E.A.*

## **HYGIENIC ASSESSMENT OF WATER QUALITY UNDERGROUND DRINKING WATER SOURCES AND HOUSEHOLD WATER SUPPLY IN THE BOKSITOGORSK DISTRICT OF THE LENINGRAD REGION**

**Abstract:** The problem of providing high-quality drinking water remains relevant in the Leningrad Oblast. In the state reports on the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region for the period 2010-2020, it was noted that there are high levels of non-compliance of groundwater quality with hygienic requirements for sanitary and chemical indicators in some territories of the region, primarily due to the natural composition of water. One of such territories is the Boksitogorsky district of the Leningrad Oblast. The water supply of the district 's settlements is largely based on the exploitation of groundwater, the main contribution to the quality of which is made by natural factors. The results of the research would allow to clarify the list of substances exceeding the established hygienic standards and to make recommendations for improving the industrial inspection systems and socio-hygienic monitoring of the ground water quality

**Keywords:** priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Бокситогорского района Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

**Материалы и методы.** Проанализированы государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников в 23 населенных пунктах Бокситогорского района ЛО. Применены методы обследования, оценки, системного анализа.

## Введение

Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение населенных пунктов Бокситогорского района ЛО в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод. На рассматриваемой территории эксплуатируемые подземные воды в большинстве населенных пунктов хорошо защищены от поверхностного загрязнения толщами глинистых отложений, поэтому антропогенное загрязнение носит локальный характер и связано, в первую очередь, с эксплуатацией водоподъемного оборудования в скважинах [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы изучено качество воды в 55 скважинах 23 населенных пунктов Бокситогорского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Бокситогорского района находится в пределах Прибалтийско-Ладожского района Московского артезианского бассейна [15]. Подземные воды района приурочены к 3 водоносным комплексам: четвертичному (Q), каменноугольному (C) и девонскому (D) [3, 16]. Территория характеризуется региональным распространением пресных подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях и в терригенно-карбонатных образованиях девонского и каменноугольного водоносных комплексов.

Четвертичный водоносный комплекс (Q) характеризуется резкой изменчивостью вещественного и гранулометрического составов, генезиса и возраста водовмещающих пород как в вертикальном разрезе, так и по площади. При этом следует отметить, что стратиграфические подразделения, слагающие комплекс, находятся на различных гипсометрических уровнях, что затрудняет выделение и прослеживание конкретных водоносных горизонтов. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и со смешанным катионным составом с минерализацией 0,2–0,4 г/л. Для централизованного водоснабжения практически не используются. Каменноугольный водоносный комплекс (C) распространен на большей части района и представлен визейско-серпуховским ( $C_1v_2-s$ ) и нижнемосковским ( $C_2m_1$ ) водоносными горизонтами [16], а в восточной части района – московско-гжельским ( $C_2ms-C_3g$ ) водоносным горизонтом [15]. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией

0,1–0,7 г/л. Девонский водоносный комплекс (D) приурочен к терригенно-карбонатным отложениям верхнего девона и на рассматриваемой территории представлен франско-фаменским (D<sub>3</sub>f-fm) водоносным горизонтом [16]. Воды франско-фаменского водоносного горизонта эксплуатируются только в западной части района. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные магниево-кальциевые с минерализацией 0, 2–0,8 г/л.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения населенных пунктов Бокситогорского района. По обобщенным показателям и минерализации подземные воды источников, используемых для централизованного водоснабжения в большинстве населенных пунктов исследуемого района, соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам, приведенным в СанПиН 1.2.3685-21<sup>1</sup>. Исключение составляют подземные воды каменноугольных образований (С) в поселках Самойлово и Фалилеево, где зафиксированы максимальные значения общей жёсткости (суммарное содержание ионов Са и Mg): 7, 1 и 7, 9 градусов соответственно.

В таблице 1 приведены значения основных показателей радиационной безопасности подземных вод Бокситогорского района. Как видно из приведенных данных, при предварительной оценке качества воды водоисточника по показателям радиационной безопасности, основное превышение отмечается по удельной суммарной альфа-активности. Показатель удельной суммарной бета-активности нигде не превышен. В одном населенном пункте (поселок Коли) в подземных водах каменноугольных образований зафиксировано высокое содержание радона. Следует учитывать, что показатели, регламентирующие радиационную безопасность подземных вод, определялись не во всех населенных пунктах.

Таблица 1 – Значения показателей радиационной безопасности воды

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		Σ Альфа ср.	Σ Альфа макс.	Σ Бета ср.	Σ Бета макс.	Rn ср.	Rn макс.
Анисимово	С	0.20	0.20	0.25	0.25	16.1	16.1
Большой Двор	D	0.12	0.13	0.46	0.55	12.6	13.1
Бор	D	0.14	0.17	0.45	0.55	9.5	10.9
Дыми	D	0.16	0.20	0.51	0.55	13.9	14.0
Ефимовский	С	0.11	0.22	0.28	0.64	6.9	11.3
Заборье	С	0.23	0.23	0.29	0.29	11.6	11.6
Климово	С	0.14	0.21	0.20	0.30	11.5	12.5
Колбеки	D	0.10	0.10	0.41	0.41	12.0	12.0
Коли	С	0.13	0.13	0.20	0.20	63.0	63.0
Ларьян	D	0.11	0.13	0.46	0.53	6.6	8.2

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		$\Sigma$ Альфа ср.	$\Sigma$ Альфа макс.	$\Sigma$ Бета ср.	$\Sigma$ Бета макс.	Rn ср.	Rn макс.
Мозолево	D	0.29	0.37	0.47	0.56	20.0	27.0
Ольеши	C	0.08	0.08	0.25	0.25	11.0	11.0
Пикалево	C	0.06	0.08	0.25	0.38	7.9	10.1
Подборовье	C	0.11	0.12	0.24	0.37	17.2	19.4
Радогощь	C	0.13	0.13	0.33	0.33	13.2	13.2
Самойлово	C	0.15	0.15	0.52	0.52	8.8	8.8
Сельхозтехника	D	0.18	0.20	0.37	0.40	14.3	15.6
Совхозный	C	0.13	0.13	0.26	0.26	12.7	12.7
Сомино	C	0.09	0.09	0.20	0.20	9.1	14.2
Чудцы	C	0.07	0.12	0.25	0.51	5.8	8.0

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для централизованного водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций наиболее значимых химических загрязнителей, обуславливающих несоответствие воды водоисточника по санитарно-химическим показателям. В таблице красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины (ПДК), приведенные в СанПиН 1.2.3685-21. Как видно из приведенных данных, для подземных вод каменноугольных образований (C) характерно превышение ПДК, установленных для железа (Fe), и в отдельных случаях для марганца (Mn), алюминия (Al), свинца (Pb) и бора (B). Из перечисленных химических веществ повышенное содержание свинца (Pb) может иметь как природное, так и антропогенное происхождение. В подземных водах девонских образований (D) в большинстве населенных пунктов фиксируется превышение ПДК для железа (Fe), и в отдельных населенных пунктах для бора (B), бария (Ba) и алюминия (Al).

### Выводы

На территории представленных населенных пунктов Бокситогорского района отмечается высокий уровень несоответствия гигиеническим требованиям качества подземных вод по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества питьевой воды в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Бокситогорского района.

Таблица 2 – Концентрации наиболее значимых химических загрязнителей в воде подземных водоисточников (мг/л)

Населенный пункт	Горизонт	Fe, мг/л		Al, мг/л		Mn, мг/л		Pb, мг/л		Ba, мг/л		V, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Анисимово	С	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,001	0,001	0,06	0,08	0,06	0,09
Бокситогорск	С	0,5	0,8	0,01	0,01	0,14	0,17	0,001	0,001	0,04	0,04	0,01	0,01
Бокситогорск	D	0,4	0,5	0,16	0,16	0,01	0,01	0,004	0,004	0,39	0,39	0,41	0,41
БольшойДвор	D	0,8	1,7	0,07	0,15	0,02	0,05	0,003	0,005	0,65	1,35	0,49	0,61
Бор	D	0,05	0,10	0,03	0,04	0,01	0,02	0,001	0,005	0,44	0,70	0,39	0,42
Дыми	D	0,9	2,9	0,17	0,62	0,02	0,03	0,002	0,005	1,11	2,40	0,46	0,51
Ефимовский	С	1,1	2,5	0,06	0,31	0,11	0,28	0,004	0,020	0,12	0,16	0,23	1,80
Заборье	С	4,5	6,6	0,02	0,03	0,26	0,32	0,002	0,005	0,16	0,20	0,03	0,05
Климово	С	0,5	0,9	0,08	0,30	0,04	0,07	0,001	0,001	0,08	0,09	0,04	0,05
Колбеки	D	0,4	0,7	0,04	0,06	0,01	0,03	0,001	0,001	0,38	0,39	0,53	0,58
Коли	С	1,7	3,3	0,05	0,09	0,06	0,11	0,002	0,005	0,12	0,14	0,15	0,18
Ларьян	D	0,03	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	0,001	0,001	0,19	0,21	0,37	0,40
Мозолево	D	0,22	0,4	0,02	0,04	0,01	0,03	0,001	0,001	0,52	0,65	0,56	0,80
Ольеши	С	4,1	4,8	0,29	0,48	0,07	0,10	0,002	0,005	0,04	0,06	0,03	0,05
Пикалево	С	0,4	1,9	0,01	0,02	0,01	0,01	0,011	0,020	0,04	0,04	0,06	0,20
Подборовье	С	0,22	0,6	0,03	0,06	0,02	0,05	0,002	0,005	0,03	0,06	0,03	0,05
Радогощ	С	1,1	1,5	0,02	0,03	0,03	0,04	0,001	0,002	0,11	0,14	0,04	0,05
Самойлово	С	0,8	1,0	0,02	0,05	0,01	0,01	0,001	0,001	0,05	0,07	0,20	0,20
Сёгла	D	0,5	0,5	0,02	0,02	0,01	0,01	0,003	0,003	0,45	0,45	0,40	0,40
Сельхозтехника	D	0,09	0,17	0,02	0,03	0,01	0,02	0,001	0,001	0,50	0,70	0,30	0,35
Совхозный	С	0,07	0,08	0,04	0,09	0,01	0,01	0,001	0,001	0,04	0,05	0,03	0,05
Сомино	С	2,4	4,1	0,02	0,03	0,06	0,13	0,001	0,002	0,08	0,10	0,06	0,12
Фалилеево	С	0,8	1,8	0,09	0,13	0,06	0,06	0,001	0,001	0,02	0,02	0,01	0,02
Чудцы	С	0,8	1,5	0,04	0,10	0,03	0,07	0,000	0,001	0,12	0,13	0,05	0,10

## Список литературы

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.
3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.
4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.
5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704; заявл. 18.08.2021; опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».
6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021; опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».
7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от



18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. № 1. – С. 330-342.

11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А. К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. Т. 15. № 1. – С. 342-359.

12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2018. Т. 97, № 12. – С. 1152-1156.

13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 12. -С. 1157-116.

14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А., Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. -Т. 15, № 1. – С. 359-365.

15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб

1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.

16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.

#### **Сведения об авторах**

*Еремин Геннадий Борисович*, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

*Шварц Алексей Аркадьевич*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; alarshv@yandex.ru

*Мясников Игорь Олегович*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru

*Степанян Алекс Артурович*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com

*Бадаева Елена Александровна*, лаборант-исследователь отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: badaichik@mail.ru

УДК 614.7

*Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А.,  
Мясников И.О., Кирьянова М.Н.*

### **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВЕЩЕСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ В ТИХВИНСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Данные государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения за период 2010-2020 гг. указывают на неизменность неблагоприятной ситуации с качеством подземных вод по санитарно-химическим показателям на отдельных территориях Ленинградской области (ЛО). Исключением не стал и Тихвинский район ЛО. Как и в подавляющем большинстве районов области, значительная часть населения исследуемого

района снабжается водой из подземных источников. Данный факт обосновывает необходимость проведения исследований качества подземных вод для уточнения перечня веществ, надзор за концентрация которых должен проводиться в первую очередь.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоисточников, водоносный горизонт, подземные воды

*Stepanyan A.A., Eremin G.B., Shvarts A.A.,  
Myasnikov I.O., Kiryanova M.N.*

## **JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF SUBSTANCES FOR MONITORING THE QUALITY OF DRINKING WATER FROM UNDERGROUND WATER SOURCES IN THE TIKHVIN DISTRICT OF THE LENINGRAD REGION**

**Abstract:** State reports data on the state of populations sanitary and epidemiological welfare for the period 2010-2020 indicates the invariability of the unfavorable situation with the quality of groundwater for sanitary and chemical indicators in certain territories of the Leningrad region (LR). The Tikhvin district of the LR isn't an exception. As in the vast majority of region districts, a significant part of the Vyborg district population is supplied with water from underground sources. This fact justifies the need to conduct groundwater quality studies to clarify the list of substances whose concentration should be monitored first.

**Keywords:** priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

**Материалы и методы.** Проанализированы *государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников в 17 населенных пунктах Тихвинского района ЛО. Применены методы обследования, оценки, системного анализа.*

### **Введение**

Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позво-

лит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение многих населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод. Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод определяется как природными, так и антропогенными факторами. На рассматриваемой территории эксплуатируемые подземные воды в большинстве населенных пунктов хорошо защищены от поверхностного загрязнения толщами глинистых отложений, поэтому антропогенное загрязнение носит локальный характер и в основном связано с эксплуатацией водоподъемного оборудования в скважинах. В целом качество подземных вод на рассматриваемой территории определяется природными факторами [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы изучено качество воды в 30 скважинах 17 населенных пунктов Тихвинского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория района находится в пределах Прибалтийско-Ладожского района Московского артезианского бассейна [15].

Подземные воды района приурочены к трём водоносным комплексам: четвертичному (Q), каменноугольному (C) и девонскому (D) [3, 16]. Территория характеризуется региональным распространением пресных подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях и в терригенно-карбонатных образованиях девона, а также карбона в восточной части района. Четвертичный водоносный комплекс (Q) характеризуется резкой изменчивостью вещественного и гранулометрического составов, генезиса и возраста водовмещающих пород, как в вертикальном разрезе, так и по площади. При этом следует отметить, что стратиграфические подразделения, слагающие комплекс, находятся на различных гипсометрических уровнях, что затрудняет выделение и прослеживание конкретных водоносных горизонтов. Для централизованного водоснабжения практически не используются. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые и со смещенным катионным составом с минерализацией 0,2–0,4 г/л. Каменноугольный водоносный комплекс (C) распространен в восточной части района. Он приурочен к терригенно-карбонатным и карбонатным отложениям визейского и серпуховского ярусов и на рассматриваемой территории представлен визейско-серпуховским (C1v2-s) и верхневизейским (C1v2) водоносными горизонтами. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные кальциевые и магниевые-кальциевые с минерализацией 0,3–0,5 г/л. Девонский водоносный комплекс

(D) приурочен к терригенно-карбонатным отложениям верхнего девона и на рассматриваемой территории представлен среднефранским (D3f2) и франско-фаменским (D3f-fm) водоносными горизонтами. По химическому составу воды пресные гидрокарбонатные кальциевые и натриево-магниевые-кальциевые с минерализацией 0,3–0,7 г/л [15, 16].

Результаты и их обсуждение. В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района. В таблице 1 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций макрокомпонентов и минерализации, регламентирующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям.

Таблица 1 – Макрокомпоненты и минерализация (сумма солей), регламентирующие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	SO <sub>4</sub> , мг/л (N. 500 мг/л)		Na, мг/л (N. 200 мг/л)		Общ жестк., гр. (N. до 7°)		Сумма солей, мг/л (N. 1000 мг/л)	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Березовик	D	68,7	200,0	70,0	70,0	2,9	2,9	464,9	464,9
Бор	D	152,8	155,6	93,3	111,0	6,0	6,9	644,6	665,4
Ганьково	D	9,1	27,6	9,1	17,0	2,7	4,0	271,5	384,6
Горка	D	14,1	30,0	24,3	24,3	2,8	2,8	340,3	344,3
Еремина гора	D	19,9	24,7	59,2	80,4	3,0	5,2	426,1	511,9
Коськово	D	9,9	30,0	28,0	68,1	4,9	5,0	516,8	626,7
Красава	D	9,0	24,0	23,4	23,4	3,4	3,4	385,6	388,7
Мелегежская горка	D	107,5	129,2	70,2	86,3	3,7	3,8	510,9	574,5
Новоандреево	D	137,7	242,5	78,3	112,9	4,3	4,6	569,9	676,9
Пашозеро	C	5,1	10,7	12,8	22,1	3,5	3,6	333,4	343,7
Плесо	D	97,0	141,0	-	-	1,7	1,7	-	-
Свирь	D	43,6	61,0	40,8	40,8	2,6	2,8	394,7	394,7
Тимошино	C	24,5	31,0	-	-	6,9	8,2	-	-
Тихвин	D	52,5	84,4	48,7	62,8	3,2	3,5	418,3	488,7
Царицыно Озеро	D	17,6	20,2	-	-	-	-	-	-
Цвылево	D	46,3	66,0	44,7	53,6	2,9	3,2	375,3	394,8
Шугозеро	D	11,1	20,2	11,8	12,5	2,7	3,5	267,6	317,7

Как видно из приведенных данных, значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21<sup>1</sup>, в целом по району не фиксируются.

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, регламентирующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Тихвинского района это, прежде всего, железо (Fe) и бор (B), в меньшей степени фтор (F), марганец (Mn), алюминий (Al) и барий (Ba). Красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21.

Как видно из приведенных данных, для подземных вод каменноугольных образований характерно превышение ПДК, установленных для железа (Fe), и в одном случае для марганца (Mn). В подземных водах девонских образований в большинстве населенных пунктов фиксируется превышение ПДК железа (Fe) и бора (B) и в отдельных населенных пунктах - фтора (F), алюминия (Al), марганца (Mn) и бария (Ba). По радиологическим показателям в эксплуатируемых подземных водах района превышений установленных значений уровней вмешательства не выявлено.

### **Выводы**

На территории представленных населенных пунктов Тихвинского района отмечается высокий уровень несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества питьевой воды в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Тихвинского района.

### **Список литературы**

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. - Т. 100. № 8. - С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. - 2018. - С. 106-109.
3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии



Таблица 2 – Микрокомпоненты, регламентирующие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	F, мг/л		Fe, мг/л		Al, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		V, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Березовик	D	1,08	1,40	0,95	2,10	0,02	0,03	0,04	0,06	0,16	0,20	0,56	0,64
Бор	D	0,85	0,90	0,40	0,90	0,03	0,05	0,04	0,05	0,10	0,32	0,64	0,72
Ганьково	D	0,64	0,90	0,19	0,24	0,01	0,02	0,02	0,03	0,26	0,41	0,21	0,31
Горка	D	0,71	0,80	0,51	0,65	0,02	0,05	0,03	0,04	0,14	0,16	0,37	0,47
Еремина гора	D	3,40	3,40	0,20	0,20	-	-	0,01	0,01	0,07	0,07	1,04	1,04
Коськово	D	0,51	0,80	3,18	4,36	0,10	0,30	0,06	0,06	0,93	1,00	0,11	0,12
Красава	D	0,58	0,80	0,95	1,20	0,02	0,04	0,08	0,08	0,29	0,30	0,33	0,39
Мелегжская горка	D	-	-	0,28	0,50	-	-	0,02	0,02	0,04	0,06	0,57	0,62
Новоандреево	D	-	-	1,00	1,70	-	-	0,05	0,05	0,06	0,06	0,51	0,51
Пашозеро	C	0,33	0,40	0,53	1,10	0,01	0,02	0,05	0,06	0,5	0,5	0,27	0,32
Плесо	D	0,92	1,10	1,02	1,15	0,03	0,03	0,07	0,11	0,03	0,03	0,33	0,60
Свирь	D	1,21	1,64	0,45	1,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,08	0,45	0,58
Тимошино	C	0,30	0,30	0,72	0,94	0,15	0,20	0,10	0,11	0,22	0,27	0,03	0,05
Тихвин	D	1,05	1,10	0,18	0,34	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,10	0,53	0,60
Царицыно Озеро	D	1,00	1,00	1,40	1,80	0,07	0,10	0,03	0,03	0,40	0,60	0,68	0,69
Цылево	D	0,70	1,40	0,13	0,29	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,06	0,36	0,39
Шугозеро	D	0,30	0,70	1,50	3,20	0,04	0,11	0,23	0,52	0,18	0,53	0,10	0,20

здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2019. Т. 14, № 1. - С. 252-259.

5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704; заявл. 18.08.2021; опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021; опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021; опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021; опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от

31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2020. - Т. 15. № 1. - С. 330-342.

11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А.К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2020. Т. 15. № 1. - С. 342-359.

12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. - 2018. Т. 97, № 12. - С. 1152-1156.

13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. - 2018. - Т. 97, № 12. -С. 1157-116.

14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А., Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2020. -Т. 15, № 1. - С. 359-365.

15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.

16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.

#### **Сведения об авторах:**

*Еремин Геннадий Борисович*, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru;

*Шварц Алексей Аркадьевич*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alarshv@yandex.ru

*Мясников Игорь Олегович*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru

*Кирьянова Марина Николаевна*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrn@ro.ru

*Степанян Алекс Артурович*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com

УДК 614.7

*Шварц А.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б.,  
Мясников И.О., Ганичев П.А., Булавина И.Д.*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВЕЩЕСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ В ВЫБОРГСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Данные государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения за период 2010-2020 гг. указывают на неизменность неблагоприятной ситуации с качеством подземных вод по санитарно-химическим показателям на отдельных территориях Ленинградской области (ЛО). Исключением не стал и Выборгский район ЛО. Как и в подавляющем большинстве районов области, значительная часть населения Выборгского района снабжается водой из подземных источников. Данный факт обосновывает необходимость проведения исследований качества подземных вод для уточнения перечня веществ, надзор за концентрацией которых должен проводиться в первую очередь.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоисточников, водоносный горизонт, подземные воды

*Shvarts A.A., Stepanyan A.A., Eremin G.B.,  
Myasnikov I.O., Ganichev P.A., Bulavina I.D.*

## **JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF SUBSTANCES FOR MONITORING THE QUALITY OF DRINKING WATER FROM UNDERGROUND WATER SOURCES IN THE VYBORG DISTRICT OF THE LENINGRAD REGION**

**Abstract:** State reports data on the state of populations sanitary and epidemiological welfare for the period 2010-2020 indicates the invariability of the unfavorable situation

with the quality of groundwater for sanitary and chemical indicators in certain territories of the Leningrad region (LR). The Tikhvin district of the LR isn't an exception. As in the vast majority of region districts, a significant part of the Vyborg district population is supplied with water from underground sources. This fact justifies the need to conduct groundwater quality studies to clarify the list of substances whose concentration should be monitored first.

**Keywords:** priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

**Материалы и методы.** Проанализированы *государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников в 35 населенных пунктах Выборгского района ЛО. Применены методы обследования, оценки, системного анализа.*

### **Введение**

Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение многих населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод. Для водоснабжения используются воды, приуроченные к архей–протерозойским и вендским образованиям, а также воды четвертичных отложений. Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод определяется как природными, так и антропогенными факторами. На рассматриваемой территории эксплу-

атируемые подземные воды в южной части района хорошо защищены от поверхностного загрязнения толщами глинистых отложений, а в северной части часто являются слабозащищёнными. Антропогенное загрязнение подземных вод на территории района носит локальный характер. В целом качество подземных вод на рассматриваемой территории в основном определяется природными факторами [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы изучено качество воды в 75 скважинах 35 населенных пунктов Выборгского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Выборгского района находится на сочленении Балтийского гидрогеологического массива и Московского артезианского бассейна [15].

Подземные воды района приурочены к трём водоносным комплексам: четвертичному (Q), архей-протерозойскому (AR-PR) и вендскому (V) [3, 16]. Территория характеризуется региональным распространением подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях.

Четвертичный водоносный комплекс (Q) характеризуется резкой изменчивостью вещественного и гранулометрического составов, генезиса и возраста водовмещающих пород как в вертикальном разрезе, так и по площади. При этом следует отметить, что стратиграфические подразделения, слагающие комплекс, находятся на различных гипсометрических уровнях, что затрудняет выделение и прослеживание конкретных водоносных горизонтов. В целом для комплекса характерными являются невыдержанность водоносных горизонтов и незначительная мощность. На территории Выборгского района по химическому составу воды пресные с минерализацией от 0,1 до 0,3 г/л, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые-натриевые. Вендский водоносный комплекс (V) распространен в южной части района и залегает непосредственно на размытой поверхности кристаллического фундамента. На рассматриваемой территории, в северной части своего распространения, перекрыт четвертичными отложениями, а южнее – толщей верхнекотлинских глин, что делает его хорошо защищенным от поверхностного загрязнения. Основную часть толщи водоносного комплекса слагают пески и песчаники (от грубых несортированных до мелкозернистых), алевриты и алевриты кварцевые и полевошпатово-кварцевые, слабо- и плотноцементированные, часто слоистые. Глубина залегания комплекса увеличивается с севера на юг от 40 м в районе п. Кирилловское, до 150 м в районе п. Ленинское. Подземные воды горизонта напорные. Водоупорной кровлей служат четвертичные глинистые отложения, плотные аргиллитоподобные глины котлинского горизонта венда, мощность которых увеличивается с севера на юг. По химическому составу воды на территории Выборгского района пресные, с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л, гидрокарбонатные кальциевые-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные кальциевые-натриевые. Минерализация возрастает с севера на юг [15, 16].

**Результаты и их обсуждение.** В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснаб-



жения населенных пунктов Выборгского района. В таблице 1 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения содержания макрокомпонентов, ионов аммония и суммы солей (минерализация). Здесь и далее красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21<sup>1</sup>.

Таблица 1 – Содержание макрокомпонентов, ионов аммония и сумма солей (минерализация) в эксплуатируемых подземных водах Выборгского района

Населенный пункт	Горизонт	Содержание, мг/л							
		Cl ср.	Cl макс.	Na ср.	Na макс.	Σ солей ср.	Σ солей макс.	NH <sub>4</sub> ср.	NH <sub>4</sub> макс.
Боровинка	AR-PR	62,1	161,5	31,1	45,0	261,3	261,3	0,30	0,50
Вещево	AR-PR	51,5	260,6	57,0	105,1	621,3	621,3	2,11	10,00
Волочаевка	V	13,9	16,2	28,7	32,0	191,8	197,2	0,20	0,20
Выборг	AR-PR	49,3	100,0	42,7	94,0	386,5	494,0	0,65	1,70
Высоцк	AR-PR	6,4	6,4	3,5	3,5	69,1	69,1	-	-
Глебычево	Q+AR-PR	4,4	10,4	6,8	12,0	117,7	132,8	0,47	0,90
Горьковское	V	16,7	22,6	29,1	38,0	189,3	249,8	0,10	0,10
Ермилово	AR-PR	13,0	13,0	9,6	9,6	112,1	112,1	-	-
Заводской	V	10,9	13,5	5,3	5,3	117,5	126,0	0,27	0,50
Зеленый холм	Q	43,8	73,0	78,0	78,0	304,0	304,0	0,30	0,50
Ильичево	V	11,6	14,6	17,1	19,2	179,4	196,7	0,23	0,50
Каменка	V	1,6	1,8	4,5	5,3	50,6	53,9	0,10	0,10
Камышевка	V	13,6	19,0	11,1	14,0	218,2	231,3	-	-
Каннельярви	V	12,1	12,1	31,0	31,0	193,9	193,9	-	-
Кирилловское	V	18,3	23,9	19,1	19,2	124,1	126,5	0,10	0,10
Кирпичное	V	25,3	50,0	25,7	38,0	318,0	318,0	0,41	0,52
Коробицыно	V	12,7	19,0	16,0	23,5	183,0	183,0	0,23	0,70
Красносельское	Q	8,3	11,0	27,2	27,5	241,2	241,2	4,47	5,95
Лебедевка	V	27,8	27,8	28,0	28,0	218,4	218,4	-	-
Лейпясуо	Q	5,7	5,7	4,3	4,3	75,2	75,2	-	-
Ленинское	V	19,3	22,1	45,7	49,0	262,4	263,4	0,22	0,50
Овсяное	V	11,7	11,7	7,4	7,4	110,2	110,2	0,10	0,10
Ольшаники	V	6,6	7,3	10,0	14,7	146,7	162,4	0,08	0,10
Первомайское	V	4,5	10,0	18,1	32,0	190,4	190,4	0,42	0,50
Песочное	V	9,4	16,2	29,4	32,0	260,9	260,9	0,53	0,80
Победа	V	27,5	27,5	30,1	30,1	168,7	168,7	0,10	0,10
Поляны	V	14,1	69,2	19,9	46,0	215,8	311,6	0,52	0,60

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Населенный пункт	Горизонт	Содержание, мг/л							
		Cl ср.	Cl макс.	Na ср.	Na макс.	Σ солей ср.	Σ солей макс.	NH <sub>4</sub> ср.	NH <sub>4</sub> макс.
Приветнинское	V	5,0	7,0	15,8	18,4	159,5	159,5	0,47	0,60
Приморск	AR-PR	13,5	24,1	16,2	19,0	159,6	159,6	0,81	0,95
Решетниково	V	14,5	16,7	27,7	31,0	209,5	245,9	0,46	0,85
Рощино	V	17,1	71,0	47,1	80,0	265,5	471,7	0,20	0,20
Рябово	V	5,7	9,8	23,8	29,0	207,1	237,0	6,00	6,00
Семиозерье	V	7,4	20,4	24,0	71,0	186,1	316,9	0,26	0,50
Тарасово	V	13,7	17,0	50,5	53,9	216,3	216,3	0,24	0,50
Цвелодубово	V+AR-PR	5,4	7,0	9,9	20,0	109,5	128,5	0,25	0,40

Как видно из приведенных данных, значения концентраций макрокомпонентов и минерализации, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21, в целом по району не фиксируются. В нескольких населенных пунктах отмечено азотное загрязнение подземных вод.

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, регламентирующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Выборгского района это железо, марганец, фтор, барий и бериллий.

Таблица 2 – Микрокомпоненты, регламентирующие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	Содержание микроэлементов, мг/л									
		F ср.	F макс.	Fe ср.	Fe макс.	Mn ср.	Mn макс.	Ba ср.	Ba макс.	Be ср.	Be макс.
Боровинка	AR-PR	0,58	0,70	0,39	0,64	0,14	0,17	0,05	0,05	0,0001	0,0001
Вещево	AR-PR	1,37	2,00	0,70	2,20	0,06	0,09	0,07	0,11	0,0001	0,0001
Волочаевка	V	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Выборг	AR-PR	2,13	3,10	2,66	8,40	0,31	0,73	0,14	0,58	0,0005	0,0010
Высоцк	AR-PR	-	-	0,31	0,31	0,02	0,02	0,01	0,01	-	-
Глебычево	Q+AR-PR	1,72	2,50	1,69	7,09	0,17	0,37	0,02	0,04	0,0002	0,0005
Горьковское	V	1,55	1,60	0,24	0,40	0,16	0,17	0,81	0,82	-	-
Ермилово	AR-PR	1,60	1,60	0,11	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
Заводской	V	1,20	1,20	1,87	3,35	0,19	0,22	0,06	0,06	-	-
Зеленый холм	Q	2,77	2,77	0,24	0,38	0,09	0,10	0,16	0,16	0,0001	0,0001
Ильичево	V	0,97	1,68	0,11	0,18	0,16	0,50	0,22	0,25	0,0001	0,0001
Каменка	V	1,40	1,40	0,08	0,10	0,30	0,31	0,06	0,08	-	-
Камышевка	V	-	-	2,50	4,00	0,70	0,70	0,33	0,33	-	-
Каннельярви	V	-	-	0,18	0,18	0,09	0,09	0,45	0,45	-	-
Кирилловское	V	2,20	2,20	0,42	0,45	0,08	0,08	0,22	0,22	-	-

Населенный пункт	Горизонт	Содержание микроэлементов, мг/л									
		F ср.	F макс	Fe ср	Fe макс	Mn ср.	Mn макс	Va ср.	Va макс	Be ср.	Be макс.
Кирпичное	V	0,81	0,81	7,98	10,20	0,42	0,70	0,23	0,23	0,0001	0,0001
Коробицыно	V	1,03	1,80	0,76	1,57	0,18	0,31	1,45	1,70	0,0001	0,0001
Красносельское	Q	1,01	1,03	2,43	2,60	0,25	0,48	0,20	0,28	0,0001	0,0001
Лебедевка	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лейпясую	Q	-	-	0,09	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
Ленинское	V	1,11	1,56	0,10	0,16	0,03	0,04	0,37	0,42	0,0001	0,0001
Овсяное	V	1,50	1,50	0,13	0,13	0,01	0,01	-	-	-	-
Ольшаники	V	0,96	0,96	1,21	2,30	0,01	0,01	-	-	-	-
Первомайское	V	0,94	1,20	0,83	1,64	0,20	0,27	0,41	0,75	0,0001	0,0001
Песочное	V	1,73	1,81	0,52	1,10	0,17	0,50	0,76	0,82	0,0001	0,0001
Победа	V	2,10	2,10	0,14	0,14	0,06	0,06	0,38	0,38	-	-
Поляны	V	1,73	2,33	0,38	0,68	0,06	0,10	0,32	0,40	0,0001	0,0001
Приветнинское	V	1,73	2,40	0,27	0,41	0,17	0,24	0,57	0,70	0,0001	0,0001
Приморск	AR-PR	1,31	2,60	1,09	2,60	0,17	0,40	0,04	0,05	0,0001	0,0001
Решетниково	V	-	-	0,87	2,00	0,09	0,09	0,38	0,46	-	-
Рошино	V	1,50	1,80	1,56	5,70	0,22	0,69	0,36	0,67	-	-
Рябово	V	1,50	1,50	3,84	4,68	0,32	0,32	0,07	0,07	-	-
Семиозерье	V	1,56	2,10	0,35	1,54	0,23	0,80	0,22	0,29	0,0001	0,0001
Тарасово	V	1,95	4,30	0,24	0,40	0,03	0,04	0,36	0,41	0,0001	0,0001
Цвелодубово	V+AR-PR	1,33	1,56	0,09	0,12	0,32	0,63	0,31	0,31	-	-

Как видно из приведенных данных, для подземных вод района наиболее характерны высокие концентрации железа, марганца и фтора. В подземных водах, приуроченных к архей–нижнепротерозойской водоносной зоне, также встречаются превышение ПДК бериллия, а в подземных водах, приуроченных к вендским образованиям – бария. В г. Выборг в ряде водозаборных скважин фиксируются повышенные концентрации кадмия, до 0,13 мг/л (130 ПДК).

В таблице 3 приведены основные показатели радиационной безопасности воды, регламентирующие качество подземных вод Выборгского района.

Таблица 3 – Показатели радиационной безопасности воды

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		Σ Альфа ср.	Σ Альфа макс.	Σ Бета ср.	Σ Бета макс.	Rn ср.	Rn макс.
Боровинка	AR-PR	0,11	0,11	0,16	0,16	81,0	81,0
Вещево	AR-PR	0,07	0,11	0,18	0,20	64,5	97,0
Волочаевка	V	0,35	0,35	0,39	0,39	10,1	10,1

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		Σ Альфа ср.	Σ Альфа макс.	Σ Бета ср.	Σ Бета макс.	Rn ср.	Rn макс.
Выборг	AR-PR	0,31	0,69	0,30	0,54	186,4	424,0
Высоцк	AR-PR	-	-	-	-	31,0	31,0
Глебычево	Q+AR-PR	0,04	0,07	0,10	0,10	37,6	54,5
Горьковское	V	0,25	0,25	0,40	0,40	7,2	7,2
Ермилово	AR-PR	-	-	-	-	-	-
Заводской	V	0,06	0,06	0,10	0,10	13,7	13,7
Зеленый холм	Q	0,04	0,04	0,24	0,24	14,0	14,0
Ильичево	V	0,63	0,90	0,29	0,36	79,7	159,0
Каменка	V	0,07	0,07	0,08	0,08	63,9	63,9
Камышевка	V	0,18	0,32	0,20	0,25	53,8	61,3
Каннельярви	V	0,16	0,21	0,42	0,57	16,3	16,3
Кирилловское	V	0,28	0,46	0,12	0,20	-	-
Кирпичное	V	0,25	0,28	0,22	0,23	21,3	33,6
Коробицыно	V	0,64	1,14	0,42	0,63	29,3	40,3
Красносельское	Q	0,04	0,04	0,27	0,27	38,5	38,5
Лебедевка	V	1,35	1,35	1,10	1,10	31,6	31,6
Лейпясуо	Q	-	-	-	-	77,0	77,0
Ленинское	V	0,36	0,42	0,26	0,27	29,7	39,0
Овсяное	V	0,08	0,08	0,16	0,16	29,4	29,4
Ольшаники	V	0,17	0,40	0,14	0,17	21,5	29,7
Первомайское	V	0,40	0,91	0,29	0,50	20,1	28,0
Песочное	V	0,29	0,54	0,42	0,51	8,5	11,0
Победа	V	0,08	0,09	0,19	0,25	13,1	14,5
Поляны	V	0,25	0,42	0,34	1,00	31,6	95,9
Приветнинское	V	0,44	0,52	0,39	0,40	8,3	11,0
Приморск	AR-PR	0,09	0,09	0,16	0,20	156,7	215,0
Решетниково	V	0,26	0,33	0,46	0,58	-	-
Рошино	V	0,18	0,34	0,52	0,74	10,1	24,2
Рябово	V	0,21	0,21	0,49	0,49	-	-
Семиозерье	V	0,29	0,44	0,18	0,26	16,5	30,7
Тарасово	V	0,22	0,25	0,21	0,25	21,0	31,9
Цвелодубово	V+AR-PR	0,11	0,32	0,19	0,25	7,2	10,1

Как видно из приведенных данных, при предварительной оценке качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности основное превышение фиксируется по удельной суммарной альфа-активности.

Отличительной особенностью Выборгского района является превышение норматива удельной суммарной альфа-активности в водах, приуроченных архей-нижнепротерозойской водоносной зоне, а также встречающаяся во всех эксплуатируемых водоносных горизонтах и комплексах удельная активность радона (Rn), превышающая уровень вмешательства, установленный в СанПиН 1.2.3685-21 и СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». Следует учитывать, что многие компоненты и показатели, отражающие качество воды по санитарно-гигиеническим показателям, в отдельных населенных пунктах не определялись. В этих случаях в таблицах 1–3 стоят прочерки.

Как видно из приведенных данных, для подземных вод Архей-протерозойского комплекса (AR-PR) характерно превышение ПДК, установленных для железа (Fe), и в отдельных случаях для суммарной альфа-активности, радона (Rn), марганца (Mn), фтора (F) и бериллия (Be). В подземных водах вендского горизонта (V) в большинстве населенных пунктов фиксируется превышение ПДК для железа (Fe), суммарной альфа-активности, марганца (Mn), бария (Ba). Воды четвертичного водоносного комплекса (Q) содержат повышенные концентрации радона (Rn), железа (Fe), фтора (F) и марганца (Mn).

### **Выводы**

На территории представленных населенных пунктов Выборгского района отмечается высокий уровень несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества питьевой воды в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Выборгского района.

### **Список литературы**

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.

3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.

5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704: заявл. 18.08.2021: опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».



9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. № 1. – С. 330-342.

11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А.К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. Т. 15. № 1. – С. 342-359.

12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2018. Т. 97, № 12. – С. 1152-1156.

13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 12. -С. 1157-1116.

14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А., Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 359-365.

15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.

16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.

**Сведения об авторах**

*Еремин Геннадий Борисович*, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

*Шварц Алексей Аркадьевич*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; alarshv@yandex.ru

*Мясников Игорь Олегович*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru

*Степанян Алекс Артурович*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com;

*Ганичев Павел Александрович*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru

*Булавина Ирина Дмитриевна*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mia\_ira@mail.ru

УДК 614.7

*Шварц А.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А.,  
Мясников И.О., Булавина И.Д.*

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО  
И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
В ГАТЧИНСКОМ РАЙОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Проблема обеспечения качественной питьевой водой не теряет своей актуальности на территории Ленинградской области. В государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области (ЛО) за период 2010-2020 гг. отмечено, что на отдельных территориях области сохраняются высокие уровни несоответствия качества подземных вод гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям. Примером этому является Гатчинский район ЛО. Водоснабжение населенных пунктов района в значительной степени базируется на эксплуатации подземных вод, качество которых в большинстве случаев зависит от природных факторов. Результаты исследований позволили уточнить перечень веществ, превышающих установленные гигиенические нормативы, и дать рекомендации по совершенствованию систем производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды в водоисточниках.

**Ключевые слова:** приоритетные вещества, качество и безопасность воды водоисточников, водоносный горизонт, подземные воды.

*Shvarts A.A., Eremin G.B., Stepanyan A.A.,  
Myasnikov I.O., Bulavina I.D.*

## **HYGIENIC ASSESSMENT OF WATER QUALITY UNDERGROUND DRINKING WATER SOURCES AND HOUSEHOLD WATER SUPPLY IN THE GATCHINSKY DIS- TRICT OF THE LENINGRAD REGION**

**Abstract.** The problem of providing high-quality drinking water doesn't lose its relevance in the Leningrad region. In the state reports on the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region (LR) for the period 2010-2020, it was noted that there are high levels of non-compliance of groundwater quality with hygienic requirements for sanitary and chemical indicators in some territories of the region, primarily due to the natural composition of water. One of such territories is the Gatchina district of the Leningrad region. The water supply of the district's settlements is largely based on the exploitation of groundwater, which quality in most cases depends on natural factors. The results of the research made it possible to clarify the list of substances exceeding the established hygienic standards, and to make recommendations for improving the systems of production control and socio-hygienic monitoring of water quality in water sources.

**Keywords:** priority substances, quality and safety of groundwater, aquifer, groundwater

**Цель исследования.** Провести гигиеническую оценку качества воды подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Гатчинского района Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

**Материалы и методы.** Проанализированы *государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЛО за 2010-2020 годы; результаты лабораторных исследований качества питьевой воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках социально-гигиенического мониторинга; паспорта артезианских скважин; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников в 53 населенных пунктах Гатчинского района ЛО. Применены методы обследования, оценки, системного анализа.*

### **Введение**

Проблема обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной для Ленинградской области [1, 2, 3]. Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном

уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4], выполняются различные научно-исследовательские работы, формируются базы данных о качестве питьевой воды [5, 6, 7, 8, 9], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки. Водоснабжение населенных пунктов Гатчинского района ЛО в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод. Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод определяется как природными, так и антропогенными факторами. На рассматриваемой территории эксплуатируемые подземные воды в части населенных пунктов слабо защищены от поверхностного загрязнения, здесь отмечается азотное загрязнение нитратами и нитритами. Следует иметь в виду, что, несмотря на незначительное количество превышений ПДК, азотное загрязнение на начальной стадии (превышение фоновых значений) фиксируется во многих водозаборных скважинах. Однако в целом качество подземных вод на рассматриваемой территории определяется в первую очередь природными факторами. [10, 11, 12, 13, 14].

В ходе работы изучено качество воды в 112 скважинах 53 населенных пунктов Гатчинского района ЛО. В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Гатчинского района находится в пределах Прибалтийско-Ладожского района Московского артезианского бассейна [15]. Для централизованного водоснабжения на рассматриваемой территории используются в основном подземные воды верхнеэфельского-нижнефранского водоносного горизонта ( $D_2ef_2-D_3f_1$ ), ордовикского водоносного горизонта ( $O_{1-3}$ ) и кембро-ордовикского водоносного горизонта ( $\epsilon-O$ ) [3, 16]. Территория характеризуется региональным распространением подземных вод пластового типа в рыхлых четвертичных отложениях, терригенно-карбонатных образованиях девона, ордовика и терригенных нерасчлененных кембро-ордовикских образованиях. Ниже распространены солоноватые воды, приуроченные к нижнекембрийским и вендским образованиям.

Верхнеэфельский-нижнефранский водоносный горизонт девонских образований (D) в местах эксплуатации залегает на глубине 30–80 м. Водовмещающие породы горизонта представлены выдержанной толщей песков и слабосцементированных песчаников с прослоями глин и алевролитов. Воды горизонта в пределах площади неглубокого залегания под четвертичными отложениями безнапорные и слабонапорные, величина напора составляет 5–10 м. К югу и юго-востоку напоры возрастают. Минерализация подземных вод чаще составляет 0,3–0,6 г/л, по химическому составу преобладают гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды, реже они имеют смешанный катионный состав. Часто воды горизонта содержат повышенные концентрации железа. Ордовикский водоносный горизонт (O) в местах эксплуатации залегает на глубине 30–100 м. Водовмещающие породы горизонта представлены известняками и доломитами с редкими прослоями мер-

гелей и глин. Уровни подземных вод в зависимости от характера рельефа устанавливаются в скважинах на глубине от 2–5 до 20–35 м. Неравномерная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород обуславливает изменчивость их фильтрационных свойств по площади и в разрезе. Удельный дебит скважин колеблется от 0,5–2,0 до 20–40 л/с и более. На рассматриваемой территории воды пресные с минерализацией 0,4–0,9 г/л гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, реже кальциевые-магниевые. Кембро-ордовикский водоносный горизонт (Є-О) приурочен к разновозрастным песчано-глинистым породам нижнего, среднего и верхнего кембрия и нижнего ордовика. Под четвертичными отложениями горизонт залегает на глубине 20 м в пределах узкой (2–10 км) полосы у основания ордовикского глинта. К югу и юго-востоку от этой полосы горизонт погружается под терригенно-карбонатную толщу ордовика и девона. В пределах Ижорско-Волховского подрайона горизонт содержит пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды. С погружением пород на юго-востоке появляются хлоридные натриевые воды. На рассматриваемой территории воды в верхней части разреза имеют минерализацию 0,35–0,55 г/л [15, 16].

**Результаты и их обсуждение.** В ходе работы был проведен анализ качества подземных вод водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения населенных пунктов Гатчинского района. В таблице 1 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций соединений азота, общей жесткости (сумма ионов кальция и магния выраженная в эквивалентной форме) и минерализации, регламентирующих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Здесь и далее красным цветом отмечены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21<sup>1</sup>.

Таблица 1 – Макрокомпоненты, общая жесткость и минерализация (сумма солей) подземной воды Гатчинского района ЛО

Населенный пункт	Горизонт	NO <sub>3</sub> , мг/л		NO <sub>2</sub> , мг/л		Общ жестк., гр.		Σ солей, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Антелево	Є-О	11,4	22,0	0,20	0,20	6,60	6,82	493,9	517,9
Белогорка	О	4,9	20,0	0,85	0,85	4,97	6,67	431,4	482,1
Бол.Колпаны	О	14,5	22,0	0,13	0,20	5,44	7,67	493,4	532,1
Бол. Ондрово	О	9,6	19,0	2,10	4,00	5,83	7,27	422,9	490,0
Бол. Рейзино	О	14,3	32,0	1,87	3,40	7,10	7,68	599,4	650,0
Вайялово	О	22,0	22,0	0,20	0,20	6,68	6,68	540,0	540,0
Верево	О	-	-	-	-	7,00	7,00	593,0	593,0
Войсковицы	О	17,8	23,0	0,13	0,20	6,02	6,93	481,3	553,3
Вопша	О	16,1	19,0	0,10	0,20	5,15	7,17	490,0	490,0

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Населенный пункт	Горизонт	NO <sub>x</sub> , мг/л		NO <sub>y</sub> , мг/л		Общ жестк., гр.		Σ солей, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Вохоново	0	9,4	15,0	0,10	0,20	6,90	6,90	475,0	475,0
Вырица	D	7,6	32,0	0,20	0,20	4,86	7,17	416,0	735,8
Вырица	0+ €-0	6,2	29,0	0,20	0,20	3,34	4,93	351,9	515,7
Высокоключевой	0	9,0	17,0	0,20	0,20	6,83	6,90	462,5	475,0
Гатчина	0	7,7	18,0	0,04	0,20	6,43	7,45	532,3	645,2
Даймище	0	1,8	8,6	0,07	0,20	4,10	6,37	543,9	870,0
Дивенская	0	-	-	-	-	6,16	6,42	476,9	490,3
Дружная Горка	0	3,9	11,0	0,12	0,20	6,34	9,75	525,1	880,0
Дылицы	0	17,0	17,0	0,20	0,20	5,33	5,33	480,0	480,0
Елизаветино	0	18,3	25,0	0,15	0,20	6,23	7,05	470,3	539,3
Жабино	0	8,0	9,0	0,15	0,20	6,05	6,42	442,5	460,0
Ивановка	0	25,5	32,0	0,20	0,20	6,26	6,67	513,3	530,0
Карстолово	0	20,0	20,0	0,20	0,20	7,58	7,58	480,0	480,0
Кобралово	D	8,1	12,0	0,10	0,20	7,27	7,27	495,0	495,0
Кобринское	D	5,8	7,2	0,16	0,20	5,16	5,58	404,4	440,0
Корписалово	0	5,9	5,9	0,20	0,20	5,58	5,58	490,0	490,0
Куровицы	0	16,4	22,0	0,22	0,32	5,91	6,92	461,5	490,0
Лампово	0	0,6	0,9	-	-	4,25	4,37	424,1	426,5
Луйсковицы	0	25,0	25,0	0,20	0,20	8,67	8,67	500,0	500,0
Лукаши	D	11,2	22,0	0,16	0,20	4,38	6,67	520,0	520,0
Малое Верево	0	10,9	19,0	0,11	0,20	6,38	7,67	382,7	480,0
Меньково	0	24,7	50,0	0,18	0,20	5,33	5,86	486,6	549,7
Мины	0+ €-0	0,4	0,4	-	-	3,19	3,19	557,9	558,5
Мыза-Ивановка	0	19,0	19,0	0,20	0,20	7,17	7,17	480,0	480,0
Николаевка	0	21,5	25,0	0,20	0,20	6,63	7,17	490,0	500,0
Новосиверская	0	22,5	25,0	0,20	0,20	6,71	6,92	485,0	490,0
Новый Свет	0	7,0	25,0	0,16	0,20	5,11	7,42	478,6	500,0
Пригородный	0	5,1	5,1	0,20	0,20	5,48	5,48	540,0	540,0
Пудомяги	€-0	12,6	25,0	0,20	0,20	7,92	7,92	495,0	495,0
Раболово	0	17,0	17,0	0,20	0,20	7,32	7,32	475,0	475,0
Рождествено	€-0	4,8	10,0	0,09	0,20	6,05	6,17	465,1	544,0
Романовка	0	22,0	22,0	0,20	0,20	6,92	6,92	490,0	490,0
Семрино	0	7,9	22,0	0,20	0,20	5,67	7,17	523,2	698,0
Сиверский	0	16,2	45,0	0,17	0,20	4,97	7,25	451,6	490,0
Старосиверская	0	19,0	19,0	0,20	0,20	6,83	7,17	475,0	480,0
Старые Низковицы	0	17,9	25,0	0,20	0,20	7,65	8,17	509,7	554,1
Строганово	D	0,5	0,5	-	-	3,99	3,99	313,7	313,7
Суйда	0	27,5	30,0	1,40	1,60	6,98	7,25	535,2	705,5



Населенный пункт	Горизонт	NO <sub>3</sub> , мг/л		NO <sub>2</sub> , мг/л		Общ жестк., гр.		Σ солей, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Сусанино	D	3,1	8,9	12,33	15,00	4,28	5,33	426,0	560,3
Сяськелево	0	19,0	25,0	0,73	1,40	6,98	7,67	488,6	531,6
Терволово	0	27,5	50,0	0,07	0,20	6,52	8,35	588,3	735,6
Тиховицы	0	22,0	22,0	0,20	0,20	4,83	4,83	460,0	460,0
Черново	0	12,8	25,0	0,11	0,20	6,56	7,17	461,4	470,0
Шаглино	D	0,4	0,4	-	-	5,06	5,06	560,8	560,8
Шпаньково	0	8,1	9,6	0,17	0,20	4,28	5,67	448,8	455,0

Как видно из приведенных данных, для рассматриваемого района в основном характерно превышение ПДК по общей жесткости. Минерализация нигде не выходит за нормативные значения. В отдельных населенных пунктах отмечается превышение ПДК соединениями азота. Во многих населенных пунктах отмечается начальная стадия нитратного загрязнения (NO<sub>3</sub>>5 мг/л).

В таблице 2 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, отражающих качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Гатчинского района это в первую очередь железо (Fe). В отдельных населенных пунктах фиксируются повышенные концентрации бария (Ba), бора (B), марганца (Mn) и фтора (F).

Таблица 2 – Микрокомпоненты, отражающие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Гор.	F, мг/л		Fe, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		B, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Антелево	€-0	0,20	0,20	0,88	1,70	0,01	0,01	0,10	0,10	-	-
Белогорка	0	0,26	0,30	0,55	0,81	0,01	0,01	0,90	0,90	0,30	0,30
Бол.Колпаны	0	0,28	0,47	0,15	0,47	0,01	0,01	0,06	0,06	0,02	0,02
Бол. Ондрово	0	-	-	0,02	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
Бол. Рейзино	0	0,59	1,00	0,15	0,21	0,04	0,10	-	-	-	-
Вайялово	0	-	-	0,21	0,21	0,08	0,08	-	-	-	-
Верево	0	-	-	0,47	0,47	0,00	0,00	0,27	0,27	0,01	0,01
Войсковицы	0	0,28	0,30	0,06	0,17	0,00	0,01	0,08	0,08	0,02	0,02
Вопша	0	0,12	0,12	0,08	0,11	0,01	0,01	0,05	0,05	0,03	0,03
Вохоново	0	0,17	0,17	0,15	0,28	0,01	0,01	-	-	-	-
Вырица	D	0,63	1,60	1,43	4,70	0,07	0,19	0,55	1,20	0,02	0,02
Вырица	0+€-0	0,29	0,40	0,45	2,10	0,06	0,12	0,49	0,60	0,42	0,61
Высокоключевой	0	0,22	0,22	0,14	0,16	0,01	0,01	-	-	-	-
Гатчина	0	0,28	0,38	0,26	0,63	0,04	0,23	0,20	0,38	0,08	0,16

Населенный пункт	Гор.	F, мг/л		Fe, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		B, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Даймище	0	0,80	2,00	0,90	1,46	0,01	0,01	0,57	0,67	0,10	0,10
Дивенская	0	-	-	1,70	1,70	-	-	-	-	-	-
Дружная Горка	0	0,23	0,30	1,47	2,79	0,02	0,05	0,17	0,22	0,07	0,07
Дылицы	0	0,18	0,18	0,03	0,03	0,01	0,01	-	-	-	-
Елизаветино	0	0,19	0,33	0,08	0,25	0,01	0,01	0,06	0,20	0,02	0,03
Жабино	0	0,12	0,16	0,21	0,26	0,01	0,01	-	-	-	-
Ивановка	0	0,11	0,11	0,19	0,27	0,04	0,06	-	-	-	-
Карстолово	0	-	-	0,07	0,07	0,01	0,01	-	-	-	-
Кобралово	D	0,37	0,37	0,53	0,85	0,01	0,03	0,06	0,06	0,03	0,03
Кобринское	D	0,12	0,12	0,16	0,26	0,01	0,01	-	-	-	-
Корписалово	0	0,28	0,28	0,06	0,06	0,01	0,01	-	-	-	-
Куровицы	0	0,18	0,18	0,16	0,34	0,04	0,06	-	-	-	-
Лампово	0	0,78	0,96	0,39	0,55	0,01	0,01	0,28	0,28	0,41	0,41
Луйсковицы	0	0,18	0,18	-	-	0,01	0,01	0,05	0,05	0,03	0,03
Лукаши	D	0,35	0,35	0,41	0,64	0,04	0,05	-	-	-	-
Малое Верево	0	0,65	0,81	0,54	1,56	0,01	0,03	-	-	-	-
Меньково	0	0,13	0,13	0,03	0,05	0,02	0,04	-	-	-	-
Мины	0+ €-0	0,31	0,31	0,54	0,54	0,00	0,00	0,75	0,75	0,71	0,71
Мыза-Ивановка	0	-	-	0,19	0,19	0,01	0,01	-	-	-	-
Николаевка	0	-	-	0,08	0,09	0,01	0,01	-	-	-	-
Новосиверская	0	-	-	0,15	0,18	0,01	0,01	-	-	-	-
Новый Свет	0	0,13	0,18	0,14	0,68	0,03	0,10	-	-	-	-
Пригородный	0	-	-	0,03	0,03	0,01	0,01	-	-	-	-
Пудомяги	€-0	0,12	0,12	0,60	1,00	0,01	0,01	0,26	0,26	-	-
Раболово	0	-	-	0,03	0,03	0,01	0,01	-	-	-	-
Рождествено	€-0	0,37	0,54	0,61	2,00	0,01	0,01	0,39	0,51	0,16	0,21
Романовка	0	-	-	0,25	0,25	0,01	0,01	-	-	-	-
Семрино	0	0,17	0,30	0,69	2,05	0,02	0,12	0,62	0,91	0,53	0,53
Сиверский	0	0,18	0,30	0,16	1,12	0,01	0,06	0,56	0,97	0,06	0,07
Старосиверская	0	-	-	0,08	0,08	0,01	0,01	-	-	-	-
Старые Низковицы	0	0,25	0,25	0,02	0,03	0,01	0,01	0,10	0,10	0,04	0,04
Строганово	D	-	-	1,60	1,60	0,09	0,09	0,18	0,18	-	-
Суйда	0	0,20	0,21	0,72	1,66	0,01	0,01	0,44	0,44	0,08	0,08
Сусанино	D	0,24	0,43	0,96	2,98	0,01	0,04	0,90	1,76	0,30	0,47
Сяськелево	0	0,22	0,30	0,10	0,17	0,00	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01
Терволово	0	0,16	0,18	0,23	0,41	0,02	0,04	0,11	0,11	-	-
Тихковицы	0	0,26	0,26	0,06	0,06	0,01	0,02	-	-	-	-
Черново	0	0,12	0,12	0,07	0,10	0,01	0,03	-	-	-	-

Населенный пункт	Гор.	F, мг/л		Fe, мг/л		Mn, мг/л		Ba, мг/л		B, мг/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Шаглино	D	-	-	2,70	2,70	0,03	0,03	0,42	0,42	-	-
Шпаньково	O	0,12	0,13	0,17	0,30	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Помимо этого в ряде населенных пунктов зафиксированы единичные случаи превышения установленных ПДК другими микроэлементами. В населенных пунктах Строганово и Терволово – концентрация алюминия (Al) составляла 0,38 и 0,26 мг/л соответственно при ПДК – 0,2 мг/л. В населенном пункте Семрино концентрация свинца (Pb) составила 0,011 мг/л при ПДК – 0,01 мг/л. В г. Гатчина в одной пробе зафиксирована концентрация мышьяка (As) 0,018 мг/л при ПДК – 0,01 мг/л. В населенном пункте Шаглино зафиксированы превышающие ПДК концентрации свинца (Pb) и кадмия (Cd) – 0,019 и 0,0013 мг/л при ПДК – 0,001 мг/л соответственно. Следует отметить, что не во всех водозаборных скважинах Гатчинского района определялись перечисленные выше микроэлементы.

В таблице 3 приведены основные показатели радиационной безопасности воды, характеризующие качество подземных вод Гатчинского района. Как видно из приведенных данных, при предварительной оценке качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности превышение нормативов, установленных в СанПиН 1.2.3685-21, не зафиксировано. Следует учитывать, что радиационные показатели, регламентирующие качество воды по санитарно-гигиеническим показателям, определялись не во всех населенных пунктах.

Таблица 3 – Показатели радиационной безопасности воды

Населенный пункт	Горизонт	Σ Альфа, Бк/л		Σ Бета, Бк/л		Rn, Бк/л	
		ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Антелево	€-0	0,02	0,02	0,15	0,15	17,00	17,00
Бол.Колпаны	O	0,10	0,18	0,23	0,31	3,00	3,00
Бол. Рейзино	O	0,13	0,15	0,61	0,90	12,67	24,00
Войсковицы	O	0,12	0,12	0,44	0,44	3,00	3,00
Вохоново	O	0,06	0,06	0,10	0,10	12,00	12,00
Высокоключевой	O	0,06	0,06	0,10	0,10	12,00	12,00
Дылицы	O	0,18	0,18	0,12	0,12	14,00	14,00
Елизаветино	O	0,18	0,18	0,30	0,39	15,50	17,00
Жабино	O	0,18	0,18	0,16	0,16	15,00	15,00
Ивановка	O	0,18	0,18	0,58	0,90	7,50	15,00
Кобралово	D	0,03	0,03	0,30	0,30	14,00	14,00
Кобринское	D	0,18	0,18	0,36	0,39	12,50	14,00
Корписалово	O	0,14	0,14	0,38	0,38	18,00	18,00
Куровицы	O	0,17	0,17	0,19	0,19	3,00	3,00

Луйсковичи	0	0,11	0,12	0,10	0,10	5,50	8,00
Лукаши	D	0,04	0,04	0,16	0,16	14,00	14,00
Малое Верево	0	0,12	0,16	0,38	0,52	3,00	3,00
Николаевка	0	0,18	0,18	0,37	0,56	12,00	18,00
Пудомяги	€-0	0,08	0,11	0,28	0,36	13,00	13,00
Рождествено	€-0	0,16	0,16	0,26	0,26	25,00	25,00
Семрино	0	0,17	0,18	0,26	0,39	9,75	13,00
Сиверский	0	0,17	0,18	0,16	0,24	4,75	6,00
Старосиверская	0	0,14	0,14	0,18	0,18	5,00	5,00
Старые Низковицы	0	0,14	0,15	0,15	0,20	24,00	26,00
Суйда	0	0,07	0,07	0,40	0,40	14,50	14,50
Сусанино	D	0,11	0,17	0,23	0,34	14,33	16,00
Сяськелево	0	0,13	0,18	0,21	0,31	10,25	12,00
Терволово	0	0,09	0,17	0,66	0,94	6,00	7,00
Шпаньково	0	0,15	0,18	0,23	0,38	3,00	3,00

### Выводы

На территории представленных населенных пунктов Гатчинского района отмечается высокий уровень несоответствия гигиеническим требованиям качества подземных вод по санитарно-химическим показателям. Проведенные исследования позволили дать предложения по определению показателей, подлежащих контролю в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля качества воды водоисточников, а также разработать мероприятия по улучшению системы водоподготовки. Исследования качества питьевой воды в рамках социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля должны включать, прежде всего, перечень специфических показателей воды горизонта, используемого для централизованного питьевого водоснабжения конкретных населенных пунктов Гатчинского района.

### Список литературы

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.
2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.

3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.

5. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704: заявл. 18.08.2021: опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лодейнопольского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

9. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛЮ)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».
10. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д., Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в Российской Федерации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. № 1. – С. 330-342.
11. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А.К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. Т. 15. № 1. – С. 342-359.
12. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2018. Т. 97, № 12. – С. 1152-1156.
13. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 12. -С. 1157-116.
14. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А., Первый пояс зоны санитарной охраны подземного водоисточника. Оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. -Т. 15, № 1. – С. 359-365.
15. Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с.
16. Шебеста Е.А., Ершова В.Б., Марков М.Л., и др. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды. – СПб.: ПКГЭ, 2007, 690л.



### Сведения об авторах

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru

**Шварц Алексей Аркадьевич**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Санкт-Петербург, Россия; alarshv@yandex.ru

**Мясников Игорь Олегович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: myasnikov@s-znc.ru

**Степанян Алекс Артурович**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com

**Булавина Ирина Дмитриевна**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mia\_ira@mail.ru

УДК:614.777

*Мясников И.О., Носков С.Н., Ганичев П.А., Кирьянова М.Н.*

## О РАБОТЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАСЕЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ ГАРАНТИРОВАННОГО КАЧЕСТВА

**Аннотация.** В статье выполнен анализ научно-исследовательских работ, связанных с обеспечением населения качественной питьевой водой, специалистами ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». Выявлены и проанализированы основные направления научных работ отдела.

**Ключевые слова:** питьевая вода, проект «чистая вода», бутилированная вода, зоны санитарной охраны.

*Myasnikov I.O., Noskov S.N., Ganichev P.A., Kir`yanova M.N.*

## ABOUT THE WORK OF THE NORTH-WEST PUBLIC HEALTH RESEARCH CENTER OF RSPOTREBNADZOR ON THE IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC PROJECTS TO PROVIDE THE POPULATION WITH DRINKING WATER OF GUARANTEED QUALITY

**Abstract.** The article analyzes research works related to the provision of drinking water of guaranteed quality to the population by specialists for Public Health of the Northwest

Public Health Research Center. The main directions of scientific works of the department are identified and analyzed.

**Keywords:** drinking water, «clean water» project, bottled water, sanitary protection zones.

**Цель работы.** Представить научной общественности информацию о научных публикациях Центра, связанных с обеспечением населения качественной питьевой водой.

**Материалы и методы.** Объектами исследования стали заключительные отчеты о научно-исследовательских работах, публикации в научных журналах и сборниках, выполненные специалистами ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» по теме обеспечения населения питьевой водой гарантированного качества. Применены методы научного гипотетико-дедуктивного познания, общелогические методы и приемы исследований: анализ, синтез, абстрагирование, обобщение, индукция.

### **Введение**

Важным условием сохранения здоровья граждан любой страны, обусловленного водным фактором, является количество питьевой воды гарантированного качества, которое позволяет удовлетворять физиологические потребности, обеспечивать надлежащий уровень личной гигиены, санитарно-бытовых условий и общего санитарного благоустройства населенных мест, предупреждать распространение заболеваний, обусловленных водным фактором. Основные требования к источникам питьевого водоснабжения заключаются в том, чтобы качество питьевой воды гарантировало отсутствие возбудителей инфекционных заболеваний, химических и радиоактивных веществ в концентрациях, вредных для здоровья, а также, чтобы вода имела благоприятные органолептические свойства и была физиологически полноценной по минеральному составу.

В целях выполнения этой задачи государствами на законодательном уровне разрабатываются системы управления качеством и безопасностью питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. В помощь государствам Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) разработаны концепция и меры по управлению качеством питьевой воды, согласно которой эффективным средством непрерывного обеспечения безопасности питьевого водоснабжения является использование метода оценки риска и управления риском, который основывается на многобарьерной функции защиты, охватывающей всю систему водоснабжения и ее функционирование, систему анализа рисков и критических контрольных точек.

Управление риском основывается на реализации планов по обеспечению безопасности воды (управленческих решений), а индикаторами риска являются: оценка системы (ее уязвимости), мониторинг, регулирование и оповещение, анализ здоровья населения и эффективность надзора.

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время обеспечение населения Российской Федерации качественной питьевой водой является актуальной

задачей [1, 2, 3]. Необходимо отметить, что в России создана и функционирует исчерпывающая многоуровневая модель организации управления качеством и безопасностью питьевого водоснабжения, соответствующая рекомендациям ВОЗ. В основе созданной системы лежит гигиеническое нормирование. В модели выделены рубежи, задача которых состоит в обеспечении гигиенической безопасности питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения: источник водоснабжения, его свойства (характеристики) и качество воды в нем, зоны санитарной охраны источника, обеспечивающие его безопасность, эффективность очистных сооружений (методов очистки), качество воды, получаемой потребителем.

Изучение качества питьевой воды, потребляемой в населенных пунктах Российской Федерации, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, обусловленное водным фактором. Для решения этой задачи на государственном уровне утверждаются различные проекты, в том числе Федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Жилье и городская среда», которым предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды [4, 51], выполняются различные научно-исследовательские работы [5], формируются базы данных о качестве питьевой воды [6, 7, 8, 9, 10, 11, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 78] в т.ч. бутилированной [12, 13, 54], модернизируются системы водоснабжения и водоподготовки, разрабатываются алгоритмы и программные продукты по оценке качества питьевой воды и надежности технологий водоподготовки [14, 15, 16], использовании систем дополнительной водоочистки и продаже питьевой воды через водоматы [17], обеспечение ее безопасности и совершенствование нормирования ее качества [18, 19]. Отдельные научные работы были посвящены изучению наличия и поведения в подземных водах патогенных микроорганизмов, длительности их выживания [20, 21].

Федеральным проектом «Чистая вода», входящим в национальный проект «Жилье и городская среда», предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды посредством модернизации систем водоснабжения и водоподготовки с использованием перспективных технологий. В результате реализации проекта в 2024 году качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения должно быть обеспечено 88,8% населения Российской Федерации, в городах этот показатель планируется повысить до 97,2%. В целях реализации проекта предусмотрено строительство 638 водоочистных сооружений, 410 систем водоснабжения, 322 распределительных сетей.

Для обеспечения гигиенической безопасности водоснабжения в Российской Федерации устанавливаются зоны санитарной охраны (ЗСО) подземных и поверхностных водоисточников. ЗСО являются важнейшим элементом в системе управления рисками по предотвращению ухудшения качества питьевой воды. Несмотря на лучшую защищенность

подземных вод по сравнению с поверхностными, случаи ухудшения качества подземных вод во время эксплуатации водозаборов отмечаются службами Роспотребнадзора на регулярной основе. Одной из причин изменения качества подземной воды может являться не вполне корректное обоснование размеров ЗСО. Анализ передаваемых на экспертизу проектов ЗСО для подземных водозаборов показывает, что подавляющая часть гидродинамических расчетов для 2 и 3 пояса ЗСО сделаны по упрощенным аналитическим решениям, которые очерчивают контуры ЗСО в виде круга и не учитывают реальных геологических условий эксплуатации водозабора.

Вопросам оценки сложившейся ситуации по охране подземных водоисточников, проблемах в нормировании и требованиях к проектированию уделялось достаточно много внимания в литературных источниках [21, 22, 23, 24, 25]. Аналогичные вопросы отмечались в нормативно-правовых документах государств-членов ЕврАзЭС, принимались решения о совершенствовании их водного и санитарно-законодательства [26, 27, 28, 29]. Достаточно много внимания в литературе уделялось совершенствованию санитарного законодательства по охране подземных водоисточников [30, 31], различным техническим решениям, посвященным вопросам совершенствования проектирования ЗСО и их сокращению [32, 33, 34, 50], организации и совершенствованию мониторинга качества питьевой воды включая организацию производственного контроля [35, 36, 52, 53] использованию методологии оценка риска здоровью населения при употреблении воды с отклонениями показателей качества [37, 38, 39, 49, 55].

### **Заключение**

В целях повышения эффективности деятельности Роспотребнадзора по вопросам научного обеспечения гигиены питьевого водоснабжения, отвечающего современным социально-экономическим условиям Российской Федерации, сотрудниками ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» были выполнены научно-исследовательские работы связанные с обеспечением населения питьевой водой гарантированного качества. В развитие данного направления сотрудниками центра зарегистрировано более 15 результатов интеллектуальной деятельности (в том числе базы данных, программы ЭВМ, патенты на промышленные образцы). Учитывая возрастающий интерес к вопросам, организации питьевого водоснабжения, как на государственном, так и на международных уровнях считаем необходимым продолжить исследование в данном направлении. Развитие данной темы может решить задачи по обоснованию интегральной оценки качества воды, оценки риска здоровью при комплексном воздействии факторов среды обитания на населения, определить долю вклада водного фактора заболеваемости в формировании здоровья.

### **Список литературы**

1. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных

источников водоснабжения (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 8. – С. 797-802.

2. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности // в книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. – 2018. – С. 106-109.

3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшина С.А., Никифорова Н.В. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – Т. 1. – С. 491-498.

4. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Выучейская Д.С. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. Т. 14, № 1. – С. 252-259.

5. Еремин Г.Б., Носков С.Н., Сладкова Ю.Н., Бадаева Е.А., Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Мозжухина Н.А. Научное обоснование и актуализация гигиенических требований к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Отчет о научно-исследовательской работе. (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека).

6. Горбанев С.А., Фридман К.Б., Выучейская Д.С., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Сладкова Ю.Н., Ушакова Л.В. Гигиенические аспекты производства и реализации бутилированной питьевой воды в России. краткий обзор // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 3. С. 1013-1021.

7. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Степанян А.А., Ганичев П.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Всеволожского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621826, Российская Федерация: № 2021621704: заявл. 18.08.2021: опубл. 31.08.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

8. Горбанев С.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Кирьянова М.Н., Ганичев П.А., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лудейнопольского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621869, Российская Федерация: заявл. № 2021621755 от 25.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное

бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

9. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Булавина И.Д., Мясников И.О.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Лужского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621871, Российская Федерация: заявл. № 2021621695 от 18.08.2021: опубл. 03.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

10. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Шварц А.А., Мясников И.О., Бадаева Е.А., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Выборгского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621904 Российская Федерация: заявл. № 2021621810 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

11. Еремин Г.Б., Шварц А.А., Степанян А.А., Маркова О.Л., Мясников И.О., Новикова Ю.А.; База данных «Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Тихвинского района Ленинградской области (ЛО)»; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621908 Российская Федерация: заявл. № 2021621817 от 31.08.2021: опубл. 08.09.2021 / заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

12. Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б., Маркова О.Л., Ганичев П.А., Мясников И.О. База данных «Результаты лабораторных исследований содержания ди(2-этилгексил)фталата, ди(н-бутил)фталата, ди(изобутил)фталата и бисфенола а в таре из полиэтилентерефталата и поликарбоната и их миграции в модельные среды при различных условиях хранения бутилированной воды»; Свидетельство о регистрации базы данных 2020622808, 24.12.2020.

13. Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Петрова М.Д. Миграция бисфенола а из полимерных упаковочных материалов в бутилированную воду и продукты питания. результаты международных исследований. аналитический обзор //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 402-416.

14. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Новикова Ю.А., Еремин Г.Б., Рябец В.В. Оценка технологии водоподготовки на основе расчета риска здоровью населения; Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021616307, 20.04.2021. Заявка № 2021615210 от 12.04.2021.

15. Копытенкова О.И., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., Леванчук А.В., Ганичев П.А., Рябец В. В. Схема алгоритма оценки технологии водоподготовки на основе расчета и оценки риска; Патент на промышленный образец 126952, 16.08.2021. Заявка № 2021500090 от 13.01.2021.



16. Ганичев П.А, Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Маркова О.Л., Копытенкова О.И., Мозжухина Н.А. Схема алгоритма гигиенической оценки качества расфасованной в емкости питьевой воды, предназначенной для питьевых целей и приготовления пищи. Патент на промышленный образец 126964, 16.08.2021. Заявка № 2021500091 от 13.01.2021.

17. Петрова М.Д., Выучейская Д.С., Еремин Г.Б. О применении водоматов как элементов водоподготовки в международной практике //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 344-353.

18. Фридман К.Б., Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Сладкова Ю.Н. О нормировании содержания бария в воде артезианских скважин в Российской Федерации //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 366-369.

19. Башкетова Н.С., Выучейская Д.С., Сладкова Ю.Н., Еремин Г.Б., Фридман К.Б. Регулирование качества питьевой воды. сравнение национальных и международных стандартов //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. Т. 13. № 3. С. 1136-1148.

20. Еремин Г.Б., Выучейская Д.С. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности //В книге: Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения. Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. 2018. С. 106-109.

21. Борисова Д.С., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ломтев А.Ю., Бадаева Е.А. К вопросу миграции патогенных микроорганизмов из источников загрязнения в зонах санитарной охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. обзор литературы //Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 342-359.

22. Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) //Гигиена и санитария. 2021. – Т. 100. – № 8. – С. 797-802.

23. Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Фридман К.Б., Горбанев С.А. Современные проблемы применения законодательства о зонах санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Российской Федерации //В сборнике: Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека. материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Минздрава России. 2016. – С. 18-22.

24. Еремин Г.Б., Бадаева Е.А., Носков С.Н., Башкетова Н.С., Фридман К.Б., Карелин А.О., Мозжухина Н.А. Современные проблемы применения санитарных правил и норм организации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1157-1161.

25. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Фридман К.Б., Горбанев С.А. О практике применения санитарных правил и норм о гигиенических требованиях к источникам нецентрализованного водоснабжения // В сборнике: Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека. Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России: в 2-х частях. – 2016. – С. 277-279.

26. Карелин А.О., Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю. Особенности регулирования правоотношений в сфере экологической и гигиенической безопасности населения Российской Федерации на современном этапе // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91. – № 5. – С. 12-15.

27. Еремин Г.Б., Якубова И.Ш., Маймулов В.Г., Бормашев А.В., Ломтев А.Ю., Чернякина Т.С., Мельцер А.В. Особенности организационно-правового регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения в государствах-членах ЕврАзЭС на современном этапе. Депонированная рукопись № 540-В2011 15.12.

28. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Якубова И.Ш., Павлова Д.В. Особенности регулирования гигиенической и экологической безопасности населения в государствах-членах ЕврАзЭС на современном этапе. Депонированная рукопись № 295-В2012 04.07.201.

29. Еремин Г.Б., Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Чернякина Т.С. Особенности регулирования правоотношений в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия в странах содружества ЕврАзЭС. Гигиена и санитария. 2012. – Т. 91. № 6. – С. 14-17.

30. Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Наумов И.А. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия при использовании источников минеральных вод // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2016. Т. 11. № 2. С. 484-486.

31. Борисова Д.С., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А., Мясников И.О., Метелица Н.Д. Формирование системы охраны подземных источников водоснабжения в российской федерации // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. – № 1. – С. 330-342.

32. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1152-1156.

33. Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Носков С.Н., Мозжухина Н.А., Вилькина М.В. Проблемы обоснования зон санитарной охраны подземных водозаборов: анализ основных геологических факторов // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. – № 8. – С. 762-768.

34. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никуленков А.М., Ломтев А.Ю., Носков С.Н., Ганичев П.А. Первый пояс зоны санитарной охраны подземного вод источника. оценка защищенности и обоснование сокращения границ и размеров первого пояса зоны санитарной охраны // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 359-365.

35. Мясников И.О., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И., Евсеева М.Н., Еремин Г.Б. Методические основы организации сбора данных для контроля качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 769-774.

36. Мясников И.О., Новикова Ю.А., Алентьева О.С., Еремин Г.Б., Ганичев П.А. Производственный контроль как составная часть мониторинга качества питьевой воды. Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 9-14.

37. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Ганичев П.А. Правовой анализ использования оценки риска здоровью в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 624-630.

38. Копытенкова О.И., Новикова Ю.А., Еремин Г.Б. Современный подход к выбору технологий водоподготовки с учетом методологии оценки риска здоровью населения // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 5 (233). С. 19-24.

39. Еремин Г.Б., Гюльмамедов Э.Ю., Никонов В.А., Мозжухина Н.А. Теоретические аспекты санитарно-эпидемиологической экспертизы. Менеджер здравоохранения. 2013. № 3. С. 42-46.

40. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., Букликов А.В., Патрин Т.С., Малеханова Л.Ю. База данных Точки контроля качества питьевой воды Еврейской автономной области в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620665, 07.04.2021, Российская Федерация: заявл. № 2021621181 от 09.06.2021, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

41. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., База данных Точки контроля качества питьевой воды Республики Крым и города федерального значения Севастополь в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621309, 18.06.2021, Российская Федерация: заявл. № 2021621181 от 09.06.2021, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

42. Мясников И.О., Сергеев А.А., Еремин Г.Б., Ганичев П.А., Дмитриевская С.В., Подеряка Ю.В., Казанцева Е.А. База данных Сведения об источниках питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения г. Мурманска и населенных мест Мурманской области. Свидетельство о государственной регистрации базы

данных № 2021621968, 15.09.2021, Российская Федерация: заявл. № 2021621803 от 31.08.2021, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

43. Новикова Ю.А., Горбанев С.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О., Евсеева М.Н. База данных Результаты исследований питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Ленинградской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU 2020620189, 31.01.2020, Российская Федерация: заявл. № 2019622217 от 25.11.2019, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

44. Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Мясников И.О. База данных Мероприятия, направленные на повышение качества питьевой воды в населенных пунктах АЗРФ. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620872, 29.05.2020, Российская Федерация: заявл. № 2020620743 от 12.05.2020, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

45. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., Бузинов Р.В., Унгуриану Т.Н., Мироновская А.В., Дерябин А.Н., Крутская К.В., Ибрянова Е.А. База данных Точки контроля качества питьевой воды Архангельской области в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621408, 11.08.2020, Российская Федерация: заявл. № 2020621282 от 27.07.2020, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

46. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., Зяблицкая А.Н., Иваницкая Ю.Н., Щучинов Л.В., Шилкова В.Ю. База данных Точки контроля качества питьевой воды Республики Алтай в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621696, 17.09.2020, Российская Федерация: заявл. № 2020621583 от 09.09.2020, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

47. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., Токарева Н.В., Варницына Е.А., Прилепина С.В. База данных Точки контроля качества питьевой воды Тюменской области в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621697, 17.09.2020, Российская Федерация: заявл. № 2020621584 от 09.09.2020, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

48. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А., Федоров В.Н., Мясников И.О., Пяташина М.А., Сизова Е.П., Трофимова М.В., Титова А.А., Сибгатуллина Э.А., Панкратова О.Н., Билалова Р.Г. База данных Точки контроля качества

питьевой воды Республики Татарстан в рамках социально-гигиенического мониторинга. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622607, 11.12.2020, Российская Федерация: заявл. № 2020622373 от 24.11.2020, заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

49. Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Алентьева О.С., Мясников И.О. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 33-39.

50. Ганичев П.А., Мясников И.О. К вопросу экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // В сборнике: Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах. Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. 2020. С. 136-141.

51. Новикова Ю.А., Мясников И.О., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н. Особенности реализации национального проекта «Чистая вода» на территории Арктической зоны Российской Федерации // В сборнике: Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах. Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. 2020. С. 225-230.

52. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 563-568.

53. Новикова Ю.А., Мясников И.О., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Башкетова Н.С. Методические подходы к организации программ мониторинга качества питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 4-8.

54. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. Влияние фталатов на здоровье населения. Краткий литературный обзор. // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 1. С. 233-239.

55. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Зайцев О.Б., Мясников И.О. Опыт согласования временных отклонений от гигиенических нормативов качества питьевой воды // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 359-365.

### **Сведения об авторах**

**Мясников Игорь Олегович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий отделением гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: igorolegmio@yandex.ru;

*Носков Сергей Николаевич*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: sergeinoskov@mail.ru

*Ганичев Павел Александрович*, младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru;

*Кирьянова Марина Николаевна*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrn@ro.ru;

## 1.1.2. Вопросы безопасности питания

УДК 614.3:642.5

*Белова Л.В., Пилькова Т.Ю., Федотова И.М., Стрженева Н.П.*

### ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ

**Аннотация.** Качество и безопасность пищевых продуктов и услуг общественного питания являются актуальными вопросами. В работе рассматриваются современные требования к оказанию услуг общественного питания в свете новых нормативных документов; представлены результаты исследований и проверок объектов питания на территории одной из областей Северо-Западного региона, выявлены причины недочетов и нарушений, указано на важность и четкость выполнения всех регламентированных требований.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, качество и безопасность, общественное питание, законодательные и нормативные документы, деятельность Роспотребнадзора.

*Belova L.V., Pilkova T.Yu., Fedotova I.M., Strezhneva N.P.*

### ISSUES OF ENSURING THE QUALITY AND SAFETY OF FOOD PRODUCTS AND CATERING SERVICES BASED ON MODERN REQUIREMENTS

**Abstract.** The quality and safety of food and catering services are urgent issues. The paper examines modern requirements for the provision of catering services in the light of new regulatory documents; presents the results of research and inspections of catering facilities in one of the regions of the North-Western region, identifies the causes of shortcomings and violations, indicates the importance and clarity of compliance with all regulated requirements.

**Keywords:** food products, quality and safety, public catering, legislative and regulatory documents, the activities of Rosпотребнадзор.



## Введение

В настоящее время остаются актуальными вопросы обеспечения качества и безопасности продукции и услуг в общественном питании, как для руководителей регионов, производителей и поставщиков продукции, так и для потребителей. Сфера общественного питания играет немаловажную роль в жизни общества, потому что затрагивает интересы практически всех слоев населения. Рынок предоставления услуг в данной сфере характеризуется большим разнообразием форм и при этом предприниматели, осуществляющие хозяйственную деятельность в условиях повышенной конкуренции среди появившихся в последние годы многочисленных объектов, в т.ч. «нетрадиционной кухни», должны быть заинтересованы в повышении качества оказываемых услуг населению.

Индустрия общественного питания сочетает в себе услуги производства кулинарной продукции, реализации и организации досуга населения. В связи с чем управление качеством в этой сфере состоит из взаимоподчиненных и взаимоувязанных операций и стадий – от приемки исходного сырья до его переработки, изготовления и реализации готовой продукции. Активное развитие сети предприятий общественного питания вызвало серьезную конкуренцию в данном сегменте рыночной экономики, а конкурентное преимущество среди них будет заключаться в предоставлении более качественных и безопасных услуг [1]. Создание условий для предоставления качественных услуг и производства качественных продуктов питания, диктует необходимость эффективной системы управления качеством, которая в общественном питании чаще сводится к разработке программы производственного контроля, основанного на принципах ХПССП, проведению контрольных проработок разработанных блюд и кулинарных изделий, заполнению журналов и санитарно-технологической документации.

**Материалы и методы.** В статье представлены сведения о действующих документах с учетом используемых методов оценки и анализа результатов исследований и проверок при функционировании объектов питания на территории Северо-Западного региона.

**Результаты анализа и обсуждение.** Для повышения конкурентоспособности предприятий общественного питания необходимо, чтобы «качество» и «безопасность» являлись системным процессом, неразрывно связанным с их деятельностью. [2, 3].

Это позволит обеспечить:

- 1) системный подход, охватывающий параметры качества и безопасности производства продукции общественного питания на всех этапах технологического процесса по предоставлению услуг;
- 2) повышение конкурентоспособности предприятия;
- 3) привлечение большего количества потенциальных потребителей.

Наиболее эффективным средством для успешного решения вышеперечисленных положений является реализация требований системы менеджмента качества на основе правильного ее применения [4].

Национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» основан на применении процессного подхода при непрерывном управлении качеством на стыке отдельных процессов в рамках разработанной системы. ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации», введенный с 01.10.2020 года, содержит рекомендации по его достижению для любого предприятия в постоянно меняющейся, сложной среде путем использования подхода на основе менеджмента качества.

В Межгосударственном стандарте ГОСТ 31985-2013 «Услуги общественного питания. Термины и определения» дано определение услуги общественного питания «как результат деятельности предприятий по удовлетворению потребностей потребителей в продукции общественного питания, проведении досуга и в других услугах» [5].

Услуги предприятий общественного питания многообразны и подразделяются, исходя из ГОСТа 31984-2012, на услуги: по изготовлению продукции; организации потребления и обслуживания; реализации продукции общественного питания; по организации досуга; информационно-консультативные услуги и прочие. Весьма значимы и весомы показатели качества, связанные с безопасностью и в целом безопасность человека определяется эффективным функционированием данной сферы, отсутствием разных угроз, ущерба для жизни, здоровья и имущества потребителей, работников объектов и охраны окружающей среды. Предполагается учет следующих видов безопасности: эксплуатационно-технические; информационные; правовые; финансовые; имущественные; психологические и то, что сопряжено с влиянием на здоровье и окружающую среду: экологическая безопасность и возможное воздействие на здоровье людей. Необходимо соблюдение установленных требований охраны окружающей среды, территории, техническое состояние, содержание помещений, должное функционирование на объектах общественного питания вентиляции, водоснабжения, канализации. Для оптимальной деятельности объектов нормативные производственно-технологические и санитарно-гигиенические требования направлены на то, чтобы исключить любую возможность нанесения вреда здоровью посетителей и работников. Четкость выполнения всех регламентированных требований должна гарантировать качественное приготовление пищи из сырья, продуктов высокого качества и обеспечивать на них гигиенические условия функционирования, безопасность и эстетичность и должное обслуживание.

Действующая система менеджмента качества направлена на:

- разработку и производство продукции, учитывающей мнения целевого сегмента;
- взаимодействие с потребителями;
- совершенствование всех процессов, направленных на удовлетворение потребителей;

– сравнение потребительских характеристик товаров–субститутов и (или) товаров-конкурентов [6].

Для должного системного подхода в управлении качеством и безопасностью на предприятиях общественного питания необходимо, чтобы руководство предприятий питания действовало умело и могло:

– определять политику и ставить цели в области обеспечения должного качества продукции;

– разрабатывать и внедрять процедуры, основанные на принципах ХАССП;

– проявлять способности определять опасности и риски, связанные с пищевой продукцией и, как следствие, управлять ими;

– правильно использовать и реализовывать необходимые ресурсы, что распространяется и связано с помещениями, оборудованием, инвентарем, квалифицированным персоналом.

Должны внедряться индивидуальные гибкие подходы, учитывающие реальные условия производства, ассортимент выпускаемой продукции, технологии изготовления, имеющиеся помещения, оборудование, персонал. [7,8].

Кулинарная продукция и другие услуги общественного питания и условия их предоставления должны соответствовать требованиям технических регламентов, государственных стандартов, стандартов отрасли, стандартов предприятий, сборников рецептур блюд и кулинарных изделий, технических условий и вырабатываться по технологическим инструкциям и картам при соблюдении санитарных правил для предприятий общественного питания. Сырье, продукты и полуфабрикаты, используемые для изготовления кулинарной продукции, должны соответствовать требованиям технических регламентов, нормативным стандартам, медико-биологическим требованиям и санитарным нормам и иметь сертификат соответствия или декларацию соответствия. В сырье и пищевых продуктах, используемых при производстве кулинарной продукции, содержание потенциально опасных для здоровья веществ химического и биологического происхождения (токсичных элементов, антибиотиков, гормональных препаратов, микотоксинов, нитрозаминов, пестицидов, патогенных микроорганизмов) не должно превышать нормы, установленные медико-биологическими требованиями и санитарными нормами, четко обозначенными в ТР ТС.[9]. Контаминация пищевых продуктов формирует повышение риска для здоровья потребителей разных возрастных и социальных групп. [10]. Последовательность технологического процесса приготовления продукции, режимы механической и тепловой обработки продуктов, температурный режим, совместимость и взаимозаменяемость продуктов должны соответствовать требованиям санитарных правил, технологическим инструкциям и картам, сборникам рецептур блюд и кулинарных изделий, также необходимо соблюдение установленных норм взаимозаменяемости продуктов при приготовлении блюд. При

производстве кулинарной продукции могут использоваться пищевые добавки, придающие им определенные свойства (улучшающие вкус, аромат, внешний вид, не позволяющие черстветь и т. д.). Пищевые добавки должны иметь в маркировке индекс «Е» и быть разрешены к применению на территории РФ. [11].

Актуальны вопросы микробиологической безопасности пищи. Уровень микробиологического риска зависит от следующих критериев:

- возможности первичной контаминации сырья, качественной и количественной характеристики микрофлоры продукта;
- физико-химических свойств пищевой продукции, способствующих сохранению и/или увеличению уровня патогена: уровня рН, активности воды, влажности, пищевой ценности, наличия веществ с антимикробными свойствами;
- вероятности неправильного обращения с пищевой продукцией со стороны потребителя;
- степенью готовности и необходимостью термической обработки перед употреблением [12].

При гигиенической оценке пищевой продукции и оценке риска здоровью, ассоциированного с наличием в ней патогенных микроорганизмов и контаминантов, важно не только оценивать средние уровни химической и биологической контаминации, но и рассматривать вопросы, связанные с изменением значений показателей безопасности в процессе производства, т.е. необходимо применять динамический подход.

Надлежащий уровень управления опасностями при производстве продукции общественного питания должен обеспечиваться комплексным и системным подходом к анализу рисков и управлению критическими точками контроля, при этом особое внимание должно обращаться на процедуры:

- соблюдения поточности технологического процесса, для чего должна быть достаточность площадей и набора помещений;
- проведения входного контроля пищевого сырья, технологических средств, изделий, упаковочных материалов, используемых при производстве, что связано с умелым применением товароведческих знаний специалистов пищевых объектов и отсутствием стремления использования дешевого, часто некачественного сырья;
- контроля и записью температуры продукции при оценке готовности блюд и температуры блюд на раздаче;

Важно соблюдение элементарной процедуры: выбор способов и обеспечение соблюдения работниками правил личной гигиены [13].

Новые санитарные правила СанПиН 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения» действуют с января 2021 года до января 2027 года, согласно Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 27.10.2020 № 32. Они приняты в рамках реализации, поставленной

Президентом РФ цели сохранения здоровья нации, Указа от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» и проекта «Демография».

В СанПиН включены 17 актов в сфере общественного питания, которые учитывают особенности питания взрослого, детского населения, инвалидов и лиц, нуждающихся в особом питании, а также питания в детских садах, школах, больницах, социальных и специализированных учреждениях, и обозначены особые требования, направленные на снижение риска здоровью детей, обусловленного пищевым фактором и повышение роли здоровьесберегающей функции питания. Новеллами нового СанПиНа являются установленные санитарно-эпидемиологические требования, исходящие из неблагоприятных биологических, химических, физических и иных факторов среды обитания. [14]. В новый СанПиН включено 8 разделов и разработаны материалы с учетом риск-ориентированного подхода для исключения рисков микробиологического и паразитарного загрязнения пищевой продукции, предотвращение риска токсического воздействия на здоровье потребителя и персонала предприятий и с целью минимизации риска теплового воздействия при контроле за температурой блюд на раздаче.

Повышению качества оказания услуг общественного питания способствуют и обновленные Правила оказания услуг общественного питания, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 21.09.2020 года № 1515.

В целом, организациям общественного питания рекомендуется руководствоваться в своей деятельности принципами здорового питания, согласно внесенным изменениям в Федеральные законы № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и выполнять требования технических регламентов Таможенного союза и осуществлять динамический подход при оценке качества продукции [15].

Необходимым и своевременным положением деятельности предприятий общественного питания является утверждение и выходных «Методических рекомендаций к организации общественного питания населения» (МР 2.3.6.0233-21). Они предназначены для предотвращения возникновения и распространения инфекционных неинфекционных заболеваний, связанных с оказанием услуг общественного питания населению, а также при организации питания в организованных детских коллективах. В составе рекомендаций десять разделов, семь приложений, текст которых направлен как на учет базовых принципов здорового питания, так и на работу объектов при проведении и массовых мероприятий.

Указанные МР могут использоваться юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями при организации мер по обеспечению соблюдения санитарно-эпидемиологических требований во всех направлениях деятельности, в том числе – при проектировании, строительстве и реконструкции предприятий общественного питания.

За качеством услуги, включая и ее безопасность, необходим общественный и государственный контроль. Проследить за действиями по оценке качества и безопасности продукции общественного питания возможно при своевременном анализе результатов контроля, проводимого специалистами Роспотребнадзора.

На примере одной из областей Северо-Западного региона России по результатам исследований кулинарной продукции общественного питания по показателям качества и безопасности, проводимых при проведении проверок можно проследить и оценить динамику их изменения за четыре года (с 2016 по 2019 г.г.). Пробы кулинарной продукции общественного питания на протяжении этого периода соответствовали действующим требованиям по санитарно-химическим и физико-химическим показателям.

Удельный вес проб кулинарной продукции общественного питания, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, увеличился в 2019г. по сравнению с предыдущими годами и составил 5,22% (в 2016 г.– 3,53%, в 2017 г.–2,81%, в 2018 г.– 4,49%). Так из отобранных в 2019 г. 5501 (в 2016 г.-5270; в 2017 г.-5220; в 2018 г.– 5838) проб кулинарной продукции предприятий общественного питания, 287 (в 2016г.– 186; в 2017 г.– 147; в 2018 г.– 262) проб не соответствовали требованиям по показателям безопасности (выявлены мезофильные аэробные и факультативно анаэробные микроорганизмы, бактерии группы кишечной палочки).

Кулинарная продукция цехов и предприятий общественного питания, реализующих ее через торговую сеть, так же при ее микробиологическом исследовании имеет тенденцию к повышению доли продукции, несоответствующей гигиеническим нормативам с 2,5% в 2017 году до 4,16% в 2018 году. Удельный вес забракованных партий кулинарной продукции общественного питания за три года увеличился с 0,8% до 1,9%, а продукции кулинарных цехов – с 0,8% до 1,1% от общего количества проверенной кулинарной продукции.

Надзорная деятельность за объектами осуществляется в ходе плановых и внеплановых выездных проверок, выполнения лабораторного исследования пищевой продукции, при котором оценивается соблюдение требований технических регламентов Таможенного союза. Наибольшее количество нарушений выявлено при проведении проверок соблюдения требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Не организуется должным образом системный подход анализа рисков и управления критическими контрольными точками (согласно внедрению положений ХАССП), что впервые и следует из ТР ТС 021/2011. При этом важно использование в деятельности объектов общественного питания и положений МР 5.1.0096-14 от 2014 года «Методические подходы к организации, оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП», чтобы эта система была не формальной и критические точки контроля оценивались и анализировались. Выявляются нарушения действующих требований как к продукции, так и к процессам ее производства и реализации.



Так в 2018 г. проверено 819 предприятий общественного питания, в т.ч. цехов по изготовлению кулинарной продукции. Во всех проверенных предприятиях общественного питания выявлены нарушения в сфере санитарно – эпидемиологического законодательства, законодательства в сфере защиты прав потребителей и технического регулирования. Процедуры, в которых не всегда обеспечивается должный уровень управления и устранения недостатков таковы: несоблюдение точности технологических процессов из-за отсутствия достаточных площадей и набора помещений, нарушение положений по проведению входного контроля пищевого сырья, технологических средств, изделий, используемых при производстве; несоблюдение процедур соблюдения работниками правил личной гигиены. За выявленные нарушения в отношении виновных лиц вынесено 618 постановлений на общую сумму 5 114,5 тыс. рублей, выданы предписания о запрете реализации продукции; забраковано 23 партии кулинарной продукции в объеме 47 кг; продукция изъята из оборота. В 2019 году было проведено 310 проверок предприятий общественного питания, забраковано-143 партии продукции (510,2 кг).

### **Выводы**

Причинами выявленных недочетов, нарушений является недостаточное внимание к системному подходу в управлении качеством и безопасностью, неумение руководства организовать сотрудников должным образом и поставить соответствующие задачи и выполнять их в коллективах предприятий общественного питания. Вместе с тем, разработку и внедрение процедур, вытекающих из принципов ХАССП, на объектах питания следует осуществлять с учетом индивидуальных подходов, чтобы соответствовать реальным условиям производств, с учетом имеющихся помещений, оборудования, технологий изготовления и квалификации персонала. В рамках своих полномочий Роспотребнадзор, ответственный за безопасность продукции, при нарушениях санитарного законодательства применяет меры административной ответственности и информирует уполномоченные органы о наличии события уголовного преступления, квалифицируемого по ст. 238 Уголовного Кодекса. С целью снижения рисков при изготовлении кулинарной продукции общественного питания служба тесно взаимодействует с бизнес – сообществом, проводя обучающие видеоконференции должностными лицами работников объектов, семинары с группами, осуществляющими не только непосредственно изготовление кулинарной продукции общественного питания, но и его прием, хранение, реализацию [16]. Внедрение положений действующих законов по показателям качества пищевых продуктов и внедрение системы управления им должно носить не формальный характер, а руководство и персонал должны быть компетентными, чтобы реализация услуг на основе принципов менеджмента качества была направлена на удовлетворение потребностей потребителей в качественном питании и должной организации досуга.

Четкость выполнения всех регламентированных требований, действий на предприятиях общественного питания должна гарантировать качественное приготовление пищи из сырья, продуктов высокого качества и обеспечивать на них гигиенические условия функционирования, безопасность и эстетичность и должное обслуживание.

### Список литературы

1. Толстова Е. Г. Безопасность как основа качества услуг общественного питания // Вопросы экономики и управления. — 2016. — № 1. — С. 54–56.
2. Долматова И. А., Рябова В. Ф., Персецкая К. М., Курочкина Т. И. Инновационные технологии в системе корпоративного питания /Современные технологии продуктов питания [Текст]: мат. Междунар. науч.-прак. конф. — Курск: Юго-Зап. Гос. ун-т, 2014. С. 75–77.
3. Долматова И.А., Курочкина Т.И., Быстрова А.А., Фудкост-Инструмент контроля затрат предприятия питания/Современные технологии продуктов питания[Текст]:мат.Междунар.науч.-прак.конф.-Курск:Юго-Зап.Гос.ун-т, 2014.С.72-74.
4. Барышникова Н. И., Вайскрובה Е. С., Маюрникова Л. А. Применение интегрированной системы управления качеством и безопасностью на предприятиях общественного питания /Актуальные проблемы современной науки, техники и образования [Текст]: мат. 73-й междунар. науч.-техн. конф. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2016. Т.1. № 1. С. 236–238.
5. Долматова И.А. Актуализация значения контрольной проработки в сфере общественного питания [Текст]: Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии,2012.№ 1(30).С.67-68.
6. Управление качеством на предприятиях пищевой, перерабатывающей промышленности, торговли и общественного питания: Учебник [Текст]/ Под общ.ред. проф. В. М. Позняковского- 3-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2014. 336 с.
7. Обеспечение качества и безопасности пищевых продуктов в настоящий период /Л.В. Белова, Т.Ю. Пилькова, И.М. Федотова//Здоровье-основа человеческого потенциала. Труды 13 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 13,ч.2,2018 –с.754-759.
8. Особенности разработки и внедрения системы ХАССП на предприятиях общественного питания / Л.В. Белова, Р.С. Васильев, Т.Ю. Пилькова, И.М. Федотова // Профилактическая медицина-2016: материалы Всероссийской научно – практической конференции с международным участием. 15-16 ноября 2016 года / под ред. А.В. Мельцера, И.Ш. Якубовой. — Ч.1.- СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2016. — С.70-72.
9. Обеспечение качества и безопасности пищевой продукции в соответствии с требованиями технических регламентов Таможенного союза.- Хамидулина Х.Х., Волкова Н.А., Гордо Г.Н., Материалы 12 Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей.Москва,ноябрь2017 г.
10. Попова А.Ю. Анализ риска – стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых продуктов//Анализ риска здоровью.2018.№ 4.-С.4-12.

11. Королев А.А. Гигиена питания: Руководство для врачей: М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 624 с.

12. Белова Л.В., Пилькова Т.Ю., Карцев В.В., Федотова И.М. Об оценке риска для здоровья и безопасности блюд нетрадиционного состава./ Материалы 16 Всероссийского конгресса нутрициологов и диетологов с международным участием, посвященного 100-летию со дня рождения основателя отечественной нутрициологии А.А.Покровского, «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Качество пищи»(Москва, 2-4 июня 2016 года).- Вопросы питания. Том 85, № 2, 2016.-С.23

13. Белова Л.В. О внедрении системы менеджмента безопасности пищевых продуктов в современных условиях. [Текст] /Л.В. Белова, Р.С. Васильев // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 6 (255). – С.10-13.

14. Доценко В.А. Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли / В.А.Доценко: 5-е изд., -СПб.:ГИОРД,2021.-871с.

15. Федоренко Е.В., Коломиец Н.Д. Динамический подход при оценке безопасности пищевой продукции. Ж. «Вопросы питания». Т.85, № 52, 2016.- С.37

16. Белова Л.В., Пилькова Т.Ю., Федотова И.М. Качество и безопасность пищевых продуктов как фактор сохранения здоровья /Здоровье населения и качество жизни: электронный сборник материалов 6-ой заочной кронференции/ под редакцией з.д.н.РФ, проф.В.С.Лучкевича.-Ч.1.—СПб.,2019.-С.72-76

#### **Сведения об авторах**

**Белова Людмила Васильевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия; profnutr07@mail.ru

**Пилькова Татьяна Юрьевна**, доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия; profnutr07@mail.ru

**Федотова Ирина Михайловна**, ассистент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия; profnutr07@mail.ru

**Стрежнева Наталья Петровна**, заместитель начальника отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия; profnutr07@mail.ru

УДК: 614.3.31.663: 621.798:341.001.5

*Зарицкая Е.В., Маркова О.Л., Ганичев П.А.,  
Еремин Г.Б., Михеева А.Ю.*

## **БИСФЕНОЛ А: К ВОПРОСУ О ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ УПАКОВКИ**

**Аннотация.** Качество и свойства полимерных упаковочных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и напитками, оказывают непосредственное влияние на безопасность пищевой продукции. Учитывая данный факт, на сегодняшний день актуальной задачей является изучение гигиенической безопасности упаковки и упаковочных материалов, контактирующих с продуктами питания, и их влияние на здоровье человека. В последнее десятилетие большое количество зарубежных исследований посвящено проблеме содержания бисфенола А (БФА) в материале упаковки и изучение способности его миграции в пищевые продукты и напитки. В Европейском союзе для бисфенола А установлена гигиеническая значимость и допустимые пределы миграции данного компонента в пищевые продукты, а также установлены ограничения по его применению при изготовлении изделий различного назначения. В Российской Федерации подобного рода исследования не проводились и законодательно не установлены гигиенические нормативы содержания бисфенола А в упаковке и упаковочных материалах.

Принимая во внимание важность и актуальность данной проблемы нами были проведены исследования по изучению содержания бисфенола А в материале тары отечественного производства для упакованной питьевой воды и его способность к миграции в бутилированную воду.

**Ключевые слова:** упаковка, пищевые продукты, напитки, упакованная питьевая вода, бисфенол А, безопасность, миграция.

*Zaritskaya E.V., Markova O.L., Ganichev P.A.,  
Yeremin G.B., Mikheeva A.Yu.*

## **BISPHENOL A – TO THE QUESTION OF FOOD PACKAGING HYGIENIC SAFETY**

**Abstract.** The quality and properties of polymeric packaging materials in contact with food and beverages have a direct impact on food safety. Considering this fact, today the urgent task is to study the hygienic safety of packaging and packaging materials in contact with food, and their impact on human health. In the last decade, a large number of foreign studies have been devoted to the problem of the content of bisphenol A in the packaging material and the study of the ability of its migration into food products and drinks. In the European Union, for bisphenol A, the hygienic significance and permissible limits for the migration of this component into food have been established, as well as restrictions on its use in the manufacture of products for various purposes have been established. In the Russian Federation, this kind of research has not been carried out and hygienic standards for the content of bisphenol A in packaging and packaging materials have not been legally established. Taking into account the importance and urgency of this problem, we carried out studies to study the content of bisphenol A in the material of domestically produced containers for packaged drinking water and its ability to migrate into bottled water.

**Keywords:** packaging, food, beverages, packaged drinking water, bisphenol A, safety, migration.

## **Введение**

В настоящее время роль пищевой упаковки в повседневной жизни сложно недооценить – она играет решающую роль в сохранении качества расфасованной пищевой продукции в процессе транспортирования, хранения и реализации. Однако, материал потребительской упаковки, непосредственно контактирующий с продуктом, может быть источником химических пищевых загрязнителей и таким образом оказывать влияние на качество и безопасность пищевых продуктов. Поэтому упаковка должна быть не только технологична в изготовлении и использовании, экономична, надежна, прочна, привлекательна и удобна, но и быть гарантированно безопасной для потребителя [1-2]. Для изготовления упаковки применяются различные химические соединения, придающие упаковке жесткость, пластичность, прозрачность и прочность. Одним из таких соединений является Бисфенол А, который используется в производстве жесткого поликарбонатного пластика и эпоксидных смол при изготовлении емкостей и бутылок для воды, пищевой упаковки, посуды, кухонной утвари [3-4].

Бисфенол А по воздействию на организм человека представляет собой гормоноактивное вещество, с которым связывают развитие патологий нервной и репродуктивной систем, сахарного диабета, ожирения, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Многочисленные исследования демонстрируют, что уже при очень малых концентрациях бисфенол А может оказывать негативное воздействие на организм человека, прежде всего, на восприимчивые группы населения, например, детей младшего возраста [5-13].

В течение последнего десятилетия был проведен ряд исследований для изучения и определения миграции бисфенола А из ПК, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами [13-16]. В результате широко проводимых международных исследований была обнаружена миграция бисфенола А из упаковки для напитков. Проведенные исследования показали низкую способность БФА к миграции, однако, в отдельных случаях отмечена миграция бисфенола А в количествах 26,3-39,1 мкг/кг (0,0263-0,0391 мг/кг), что ниже установленного для всей Европы удельного значения миграции бисфенола А (0,6 мг/кг пищевого продукта или напитка). Бисфенол А в соответствии с действующим законодательством ЕС входит в список разрешенных мономеров и других исходных веществ для производства материалов, предназначенных для контакта с продуктами питания, однако его использование запрещено при изготовлении тары для пищевых продуктов и напитков, предназначенных для использования детьми, в Канаде, Франции, Дании. На территории Российской Федерации Бисфенол А используется для изготовления различных изделий без ограничений [4, 13, 17].

## **Материалы и методы**

Выполнены лабораторные исследования по изучению содержания Бисфенола А в материале упаковке и модельных средах с учетом проведенного анализа литературных источников и зарубежного опыта. В качестве объектов исследования были выбраны 2 образца бутылей из поликарбоната

(ПК) объемом 19 литров, изготовленные в Российской Федерации и доступные для приобретения в торговой розничной сети г. Санкт-Петербурга. Санитарно-гигиенические лабораторные исследования проведены на базе аккредитованного химико-аналитического центра «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Определение бисфенола А было проведено в полимерном материале, который используется для упаковки питьевой воды и в модельной среде – дистиллированной воде при различных условиях хранения. Процедура выполнения измерений была разработана в соответствии с Техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и «Инструкцией по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами». Для предварительного качественного анализа Бисфенола А был использован метод газовой хроматографии (ГХ-МС), но поскольку Бисфенол А является термолabileм соединением в качестве количественного метода измерений был выбран метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с детектором на основе диодной матрицы (ВЭЖХ-ДМ). Исследования проведены в соответствии с методическими рекомендациями по анализу объектов неизвестного состава<sup>1</sup> с использованием жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором «Agilent 1200». В качестве стандартного образца для получения градуировочных характеристик было использовано чистое органическое вещество – Бисфенол А (4,4'-Дигидрокси-2,2-дифенилпропан), аналитический стандарт для выполнения хромато-масс-спектрометрических измерений. Изучение миграции Бисфенола А было проведено посредством его определения в модельных средах – дистиллированной воде после экспозиции при различных условиях хранения (температурах 20 °С и 40 °С) в течение 10 суток. После завершения экспозиции выполняли прямой инструментальный анализ модельного раствора методом ВЭЖХ-ДМ.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных лабораторных исследований тары отечественного производства из поликарбоната, предназначенной для питьевой воды, обнаружено содержание Бисфенола А в материале бутылей в количествах 8,77-15,33 мг/кг. Миграция бисфенола А в модельные среды из исследуемой тары в исследованиях не отмечена [18]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таким образом, общее содержание бисфенола А в материале бутылей составляет от 6570 мкг до 11490 мкг на бутылку объемом 19 литров, в пересчете на бутылки меньшего объема (0,5 и 1 л) составляет 172,89-303,36 мкг и 345,78-604,73 мкг на бутылку соответственно. При сопоставлении с дан-

---

<sup>1</sup> «Методические рекомендации по анализу объектов неизвестного состава методами хромато-масс-спектрометрии, газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии, атомно-абсорбционной спектрометрии, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и др.», № 01-07, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».



Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований

Показатель	Объект исследования	Результат исследований	
		Проба № 1	Проба № 2
Бисфенол А	В таре (мг/кг)	15; 19; 12	9,0; 7,5; 9,8
	В водной вытяжке при 20°C (мг/дм <sup>3</sup> )	<0,01	<0,01
	В водной вытяжке при 40°C (мг/дм <sup>3</sup> )	<0,01	<0,01

ными зарубежных исследований стоит отметить, что найденное нами содержание Бисфенола А в материале тары для воды в 203,4-711,4 раз выше по сравнению с максимально зарегистрированными результатами исследований Союза охраны окружающей среды и защиты природы Германии (0,85 мкг на единицу тары).

Миграция бисфенола А в модельные среды из исследуемой тары в наших исследованиях не отмечена; концентрации Бисфенола А в воде находились ниже предела обнаружения метода исследования (0,01 мг/кг), что совпадает с большинством международных исследований.

### Выводы

Проведенные нами исследования подтвердили использование бисфенола А при производстве тары из поликарбоната, предназначенной для питьевой воды. Вопросы нормирования гигиенической безопасности полимерной упаковки для пищевых продуктов являются актуальными и нуждаются в продолжении исследований по данной тематике. Основываясь на результатах собственных исследований, международных исследованиях, опыте стран Европейского Союза, недостаточности данных о предельных дозах, вызывающих негативное влияние на здоровье человека, особенно на наиболее уязвимые группы населения целесообразно рассмотреть вопрос об ограничениях использовании бисфенола А при производстве упаковки и упаковочных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и напитками, а именно запрете использования бисфенола А при производстве изделий предназначенных для использования детьми.

### Список литературы

1. Михеева А.Ю., Зарицкая Е.В., Якубова И.Ш., Аликбаева Л.А., Дейнега А.В. Минеральные масла как актуальная проблема гигиенической безопасности картонной упаковки. // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99. – № 6. – С. 526-530.
2. Технический регламент Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011), УТВЕРЖДЕН Решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 г. № 769.
3. Бутыль поликарбонат. Как это сделано [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polygalvostok.ru/butyl-polikarbonat-kak-jeto-sdelano>.

4. Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Петрова М.Д. Миграция бисфенола А из полимерных упаковочных материалов в бутилированную воду и продукты питания. Результаты международных исследований. аналитический обзор // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения.* – 2020; Т. 15(1). – С. 402-416.
5. L. Olsen, L. Lind, P.M. Lind Associations between circulating levels of bisphenol A and phthalate metabolites and coronary risk in the elderly *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 80 (2012), pp. 179-183.
6. Q. Sun, M.C. Cornelis, M.K. Townsend, D.K. Tobias, A. Heather Eliassen, A.A. Franke, R. Hauser, F.B. Hu / Association of urinary concentrations of bisphenol a and phthalate metabolites with risk of type 2 diabetes: a prospective investigation in the nurses' health study (NHS) and NHSII cohorts *Environ. Health Perspect.*, 122 (6) (2014), pp. 616-623.
7. J.R. Rochester / Bisphenol A and human health: a review of the literature *Reprod. Toxicol.*, 42 (2013), pp. 132-155.
8. W. Huo, W. Xia, Y. Wan, B. Zhang, A. Zhou, Y. Zhang, K. Huang, Y. Zhu, C. Wu, Y. Peng, M. Jiang, J. Hu, H. Chang, B. Xu, Y. Li, S. Xu / Maternal urinary bisphenol A levels and infant low birth weight: A nested case-control study of the Health Baby Cohort in China *Environ. Int.*, 85 (2015), pp. 96-103.
9. T. Corbel, V. Gayraud, S. Puel, M.Z. Lacroix, A. Berrebi, S. Gil, C. Viguié, P.L. Toutain, N. Picard-Hagen / Bidirectional placental transfer of bisphenol A and its main metabolite bisphenol A-glucuronide, in the isolated perfused human placenta *Reprod. Toxicol.*, 47 (2014), pp. 51-58.
10. Дергачева Н.И., Паткин Е.Л., Сучкова И.О., Софронов Г.А. Бисфенол А и болезни человека. Механизмы действия // *Экологическая генетика.* – 2019. – Т. 17. – № 3. – С. 87–98.
11. Никитин А.И. Гормоноподобные ксенобиотики и их роль в патологии репродуктивной функции человека. // *Экология человека.* – 2006; 1: 9–16.
12. Kim M.E., Park H.R., Gong E.J., et al. Exposure to Bisphenol A appears to impair hippocampal neurogenesis and spatial learning and memory. *Food Chem Toxicol.* 2011; 12(49): 3383–9
13. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Петрова М.Д. Влияние бисфенола А на здоровье населения. Краткий литературный обзор. // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения.* – 2020; Т.15(1). – С. 239-248.
14. Материалы сайта <https://www.fda.gov>. Questions & Answers on Bisphenol A (BPA) Use in Food Contact Applications.
15. EU bans bisphenol A chemical from babies' bottles. 26 November 2010. <https://euobserver.com/news/31360>.
16. Бисфенол А (BPA) могучий и мутагенный. *Toxicol Rep.* 2018; 5: 76-84. Опубликовано онлайн 2017 Дек 16.
17. Регламент № 10/2011 Комиссии Европейских сообществ «О пластиковых материалах и изделиях, предназначенных для контакта с продуктами питания».
18. Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б., Маркова О.Л., Ганичев П.А. Мясников И.О. База данных. Результаты лабораторных исследований содержания

ди(2-этилгексил) фталата, ди(н-бутил) фталата, ди(изобутил)фталата и бисфенола А в таре из полиэтилентерефталата и поликарбоната и их миграции в модельные среды при различных условиях хранения бутилированной воды. Свидетельство о регистрации базы данных 2020622808, 24.12.2020. Заявка № 2020622554 от 08.12.2020.

#### **Сведения об авторах:**

**Зарицкая Екатерина Викторовна**, научный сотрудник, руководитель отдела лабораторных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: zev-79@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.

**Маркова Ольга Леонидовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: olleonmar@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>.

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник, отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

**Михеева Алена Юрьевна**, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева», Санкт-Петербург, Россия, a.mikheeva@vniim.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1032-5653>.

УДК: 614.3.31.663: 621.798:341.001.5

*Маркова О.Л., Ганичев П.А., Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б.*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ДИ (2-ЭТИЛГЕКСИЛ) ФТАЛАТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БУТИЛИРОВАННОЙ ВОДЫ**

**Аннотация.** Безопасность и качество воды имеют принципиальное значение для развития и благополучия человека. Желание населения к потреблению натуральной природной воды хорошего качества, рост культуры здорового образа жизни привели к росту потребления бутилированной воды в мире и нашей стране. При оценке химической безопасности бутилированной воды ведущим фактором является качество полимерного материала, из которого изготовлены бутылки. В работе представлены результаты исследования содержания диэтилгексилфталата (ДЭГФ) в материале упаковки: полиэтилентерефталата (ПЭТ) и поликарбоната (ПК), изготовленных в Российской Федерации. Изучена миграция данных компонентов

в модельные среды при различных условиях экспозиции. Диапазон концентраций ДЭГФ в модельных растворах составляет для полиэтилентерефталата ДЭГФ 14,5-19,0 мкг/л; для поликарбоната ДЭГФ 37,5-46,5 мкг/л.

**Ключевые слова:** бутилированная вода, фталаты, миграция в модельные среды.

*Markova O.L., Ganichev P.A., Zaritskaya E.V., Eremin G.B.*

## STUDY OF THE MIGRATION OF DI (2-ETHYLHEXYL) PHTHALATE FROM POLYMER MATERIALS FOR BOTTLED WATER

**Abstract.** Water safety and quality are of fundamental importance for human development and well-being. The desire of the population to consume natural natural water of good quality, the growth of a healthy lifestyle culture has led to an increase in the consumption of bottled water in the world and in our country.

When assessing the chemical safety of bottled water, the leading factor is the quality of the polymer material from which the bottles are made. The paper presents the results of a study of the content of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEGF) in the packaging material: polyethylene terephthalate (PET) and polycarbonate (PC) manufactured in the Russian Federation. The migration of these components into model environments under different exposure conditions is studied. The range of DEHP concentrations in model solutions is 14.5-19.0  $\mu\text{g} / \text{l}$  for DEHP polyterephthalate; for polycarbonate DEHP 37.5- 46.5  $\mu\text{g} / \text{l}$ .

**Keywords:** bottled water, phthalates, migration to model solutions.

### Введение

Безопасность и качество воды имеют принципиальное значение для развития и благополучия человека. В современном мире источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения подвергаются химическому и биологическому загрязнению, интенсивность которого превышает в ряде случаев технологические возможности очистки и природную способность к самоочищению. Отмечаются неудовлетворительное состояние и серьезная изношенность объектов инфраструктуры водоснабжения. С каждым годом перечень токсикантов, в том числе не изученных, попадающих в источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, значительно увеличивается, что ведет к возникновению проблем с обеспечением химической безопасности [1-5]. Новые токсичные вещества, влияние которых на человека не изучено, в том числе канцерогенные, используются во всех сферах деятельности [1]. Из 150 000 зарегистрированных химических веществ изучены лишь 15% в токсикологическом плане, причем рынок химических веществ ежегодно растет на 3% [6].

По отмеченным причинам формируются риски здоровью населения, обусловленные потреблением воды, не соответствующей установленным требованиям к качеству, в связи с чем эксперты ВОЗ рекомендуют употреблять воду из пластиковых бутылок в городах и странах, где вода из-под крана может быть непригодной для питья [7-10].

В Российской Федерации по данным за 2018 год питьевой водой, соответствующей требованиям безопасности, из централизованных систем

питьевого водоснабжения было обеспечено 87,57% населения, в том числе 94,68% городского и 67,28% сельского населения [11].

Бутилированная питьевая вода является эффективной формой снабжения населения питьевой водой, физиологически полноценной, позволяющей восполнить дефицит микроэлементов [12-14]. В отличие от водопроводной воды химический состав бутилированной воды постоянен, контролируется и может изменяться по заданной рецептуре.

В последние десятилетия желание населения к потреблению натуральной природной воды хорошего качества, рост культуры здорового образа жизни привели к росту производства бутилированной воды в мире и в нашей стране. При оценке химической безопасности бутилированной воды ведущим фактором является качество полимерного материала, из которого изготовлены бутылки.

Для изготовления полимерного упаковочного материала используется несколько видов пластика, однако в настоящей работе рассматриваются два вида полимеров: полимеры на основе этиленгликоля и терефталевой кислоты (полиэтилентерефталаты), а также на основе ароматических диоксисоединений и угольной кислоты (поликарбонаты).

**Цель** настоящей работы состояла в определении ди (2-этилгексил) фталата (ДЭГФ) в составе полимерной упаковки и в оценке миграции данных компонентов в модельную среду.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны 11 образцов бутылок из прозрачного полиэтилентерефталата (ПЭТ) и поликарбоната (ПК), изготовленные в Российской Федерации.

Для измерений содержания фталата в полимерном материале от каждого образца вырезали небольшие фрагменты, измельчали, гомогенизировали механическим перемешиванием и отбирали три навески (пробы). Пробы помещали в стеклянную емкость, вносили внутренний стандарт и добавляли экстрагент (метанол). Целевой компонент извлекали из матрицы методом экстракции в ультразвуковом поле.

При определении уровня миграции фталата эксперимент проводился при различных условиях, которые могут повлиять на высвобождение целевых компонентов из материала: модельная среда – дистиллированная вода (рН=7), размер образца – 4x5 см, количество образцов – 2 шт., объем модельной среды – 40 см<sup>3</sup>, время экспозиции – 10 и 30 суток, температура экспозиции – 20°С и 40°С.

Полученные экстракты (тары и модельной среды) были проанализированы методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС) [15].

Результаты и обсуждение. Остаточное содержание ДЭГФ было обнаружено во всех образцах упаковки (среднее значение – 2,3 мг/кг, медиана – 2,4 мг/кг). Полученные концентрации ДЭГФ в пробах, подготовленных из материала ПЭТ, находилось в диапазоне 1,6-3,0 мг/кг, из материала ПК – 2,9-4,5 мг/кг.

Для оценки миграции ДЭГФ из полимерного материала бутылей, были проанализированы образцы модельных растворов, контактирующих с материалом ПЭТ и ПК. Содержание ДЭГФ в образцах модельных растворов на 30-е сутки при температуре 20 °С колебалось в широком диапазоне от 8,6 до 71,0 мкг/л (среднее значение – 22,2 мкг/л; медиана – 14,5 мкг/л) при испытании материала ПЭТ. Максимальная концентрация отмечалась в модельных растворах при испытании полимера зеленого цвета.

При проведении аналогичного исследования при температуре 40°С концентрации в образцах модельных растворов находились в диапазоне 13,0 – 54,5 мкг/л (среднее значение – 23 мкг/л; медиана – 19 мкг/л). Максимальная концентрация также была подтверждена в модельном растворе от материала ПЭТ зеленого цвета. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки результатов миграции ДЭГФ из материала ПЭТ

<i>Расчетные величины</i>		<i>Концентрация, мкг/л</i>	
		<i>20 градусов</i>	<i>40 градусов</i>
Среднее значение		22,2214	23,0000
Медиана		14,5000	19,0000
Стандартная отклонения		21,70660	14,48563
Процентили	25	13,0000	13,0000
	50	14,5000	19,0000
	75	18,0000	24,5000

При анализе образцов модельных растворов, контактирующих с ПК, концентрации ДЭГФ находились в интервале 31,5 – 43,5 мкг/л (среднее значение – 37,50 мкг/л) при температуре 20 °С и 34,5-58 мкг/л (среднее значение – 46,3 мкг/л) при температуре 40 °С. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки результатов миграции ДЭГФ из материала ПК

<i>Расчетные величины</i>		<i>Концентрация, мкг/л</i>	
		<i>20 градусов</i>	<i>40 градусов</i>
Среднее значение		37,5000	46,2500
Медиана		37,5000	46,2500
Стандартная отклонения		8,48528	16,61701
Процентили	25	31,5000	34,5000
	50	37,5000	46,2500

Приведенные выборки (таблицы 1 и 2) не обладают нормальным распределением. В результате проведенной обработки данных не удалось установить статистически значимых отличий между результатами, полученными



при различных температурных режимах. Таким образом, в исследовании не подтвердилась корреляция между миграцией фталатов в модельную среду и температурой растворов (20°C и 40°C) в течение 30 суток.

### **Выводы**

1. Упаковка, выполненная из поликарбоната и полиэтилентерефталата, представляет собой источник химического загрязнения бутилированной воды, в основе которого лежат процессы миграции компонентов полимерного материала.
2. Во всех представленных образцах тары из поликарбоната и полиэтилентерефталата, были найдены остаточные концентрации ди(2-этилгексил) фталата (ДЭГФ).
3. Можно отметить, что миграция ДЭГФ из поликарбоната происходила интенсивнее, чем из полиэтилентерефталата.

### **Список литературы**

1. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Токсикологический вестник. 2014; 1:2-6.
2. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. Влияние фталатов на здоровье населения. Краткий литературный обзор. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020; 15(1): 233-239.
3. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Петрова М.Д. Влияние бисфенола А на здоровье населения. Краткий литературный обзор. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020; 15(1): 239-248.
4. Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Петрова М.Д. Миграция бисфенола А из полимерных упаковочных материалов в бутилированную воду и продукты питания. Результаты международных исследований. аналитический обзор. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020; 15(1): 402-416.
5. Маркова О.Л., Ганичев П.А., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В. Миграция фталатов из упаковочных материалов для бутилированной воды. Результаты международных исследований. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020; 15(1): 416-427.
6. Камборова М.Ю., Савельева Е.И., Петунов С.Г., Радилов В.Р., Аликбаева Л.А. Химическая безопасность Российской Федерации. Проблемы и пути решения. Медицина экстремальных ситуаций. 2018; 20 (3):383-396.
7. Унгурияну Т.Н. Риск для здоровья населения при комплексном действии веществ, загрязняющих питьевую воду. Экология человека. 2011; 3: 14–20.
8. Occurrence and risk assessment of heavy metals in water, sediment, and fish from Dongting Lake, China / B. Bi, X. Liu, X., Guo S. Lu . Environmental Science and Pollution. 2018; 25( 34): 34076–34090.
9. Calderon R.L. The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. Food Chem. Toxicol. 2000; 38(1): 13–20.

10. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Анализ пищевых рисков и безопасность водного фактора. Анализ риска здоровью. 2018, 4: 31–42. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.04

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019; 254.

11. Microplastics in drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

12. Павлов И. Н., Ревякина Е.С., Елесина В.В. Маркетинговые исследования рынка бутилированной питьевой воды. Техника и технология пищевых производств. 2019; 49(3): 478–485. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-487-494>.

13. Анализ рынка минеральных и питьевых вод в России в 2014 – 2018 гг., прогноз на 2019-2023 гг. Отчет BusinesStat. 2019; 141.

14. Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б., Маркова О.Л., Ганичев П.А. Мясников И.О. База данных. Результаты лабораторных исследований содержания ди(2-этилгексил) фталата, ди(н-бутил) фталата, ди(изобутил)фталата и бисфенола А в таре из полиэтилентерефталата и поликарбоната и их миграции в модельные среды при различных условиях хранения бутилированной воды. Свидетельство о регистрации базы данных 2020622808, 24.12.2020. Заявка № 2020622554 от 08.12.2020.

#### **Сведения об авторах**

**Маркова Ольга Леонидовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: olleonmar@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>.

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник, отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

**Зарицкая Екатерина Викторовна**, руководитель отдела лабораторных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: zev-79@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2481-1724>.

**Еремин Геннадий Борисович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: yeremin45@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>.

УДК 616-003.725:546.3

*Никанов А.Н., Чащин В.П., Талыкова Л.В.,  
Гребеньков С.В., Гудков А.Б., Быков В.Р.*

## **ЗНАЧЕНИЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИНТОКСИКАЦИЙ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АРКТИКИ**

**Аннотация.** Арктические территории России располагают уникальным природным потенциалом и имеют исключительно важное экономическое значение для развития государства. При этом размещение предприятий по добыче и переработке природных ресурсов в особых природно-климатических условиях с суровым климатом и с низким потенциалом самоочищения объектов окружающей среды от загрязнений и повышенной уязвимостью организма человека к их вредному воздействию в условиях экстремально низких температур требует разработки новых методов и критериев оценки рисков нарушений здоровья от комбинированного и комплексного воздействия специфических производственных, экологических и природно-климатических факторов. В качестве лечебно-профилактических средств в условиях металлургического производства могут использоваться специальные напитки (соки и нектары, обогащенные пектином) с повышенной пищевой ценностью, которые способствуют укреплению физиологических возможностей организма человека, обеспечивающих функционирование гомеостатических систем. Результаты наших исследований по оценке влияния соков и нектаров, обогащенных пектином, на выведение из организма токсичных металлов, позволили получить убедительные доказательства их эффективности.

**Ключевые слова:** Арктика, металлургическое производство никеля, вредные производственные факторы, лечебно-профилактические напитки

*Nikanov A.N., Chashchin V.P., Talykova L.V.,  
Grebekov S.V., Gudkov A.B., Bykov V.R.*

## **THE VALUE OF THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC DRINKS IN THE PREVENTION OF INDUSTRIAL INTOXICATION AT METALLURGICAL ENTERPRISES IN THE ARCTIC**

**Abstract.** The Arctic territories of Russia have a unique natural potential and are of extremely important economic importance for the development of the state. At the same time, the placement of enterprises for the extraction and processing of natural resources in special natural and climatic conditions with a harsh climate and with a low potential for self-purification of environmental objects from pollution and increased vulnerability of the human body to their harmful effects in conditions of extremely low temperatures requires the development of new methods and criteria for assessing the risks of health disorders from the combined and complex impact of specific production, ecological and natural-climatic factors. As prophylactic agents in the conditions of metallurgical production, special drinks (juices and nectars enriched with pectin) with increased nutritional value are caused, which contribute to strengthening the physiological capabilities of the human body that ensure the functioning of homeostatic systems. The results of studies to assess the effect of juices and nectars enriched with pectin on the

excretion of toxic metals from the body have provided convincing evidence of their effectiveness.

**Keywords:** Arctic, metallurgical production of nickel, harmful industry factors, treatment-and preventive drinks.

Арктические территории России располагают уникальным природным потенциалом и имеют исключительно важное экономическое значение для развития государства. При этом размещение предприятий по добыче и переработке природных ресурсов в особых природно-климатических условиях с суровым климатом и с низким потенциалом самоочищения объектов окружающей среды от загрязнений и повышенной уязвимостью организма человека к их вредному воздействию в условиях экстремально низких температур требует разработки новых методов и критериев оценки рисков нарушений здоровья от комбинированного и комплексного воздействия специфических производственных, экологических и природно-климатических факторов. Установлено, что ежегодно 61,8% работников предприятий в Арктике подвергаются воздействию вредных производственных факторов (ВПФ) и опасных условий труда. В структуре ВПФ на долю факторов химической и физической природы приходится 29,9% и 27,3%, на долю работ, связанных с физическими перегрузками – 7,8% [3, 4, 6, 7, 15].

Сложное влияние комплекса основных видов загрязняющих веществ в районах размещения металлургических предприятий, особых природно-климатических условий, экономических, социальных, экологических и других факторов риска для здоровья населения, в том числе наиболее уязвимых групп, требует разработки особых подходов к планированию и реализации социальных программ по оценке, мониторингу и профилактике этих рисков [5, 10].

Главное внимание в настоящий период уделено реконструкции и техническому перевооружению металлургических предприятий на основе внедрения современного оборудования и технологий, обеспечивающего наряду с повышением экономической эффективности производства, также и снижение интенсивности воздействия на организм вредных производственных факторов [3, 5, 11].

В силу особенностей производственных процессов, характеризующихся высокой энергоемкостью, многостадийностью, большими грузопотоками, интенсивным выделением в воздух вредных веществ и пыли, производство цветных металлов (кобальта, меди, никеля и др.) относят к работам с наиболее тяжелыми, опасными и вредными условиями труда. Все процессы металлургического производства характеризуются интенсивным загрязнением воздуха рабочих зон вредными веществами в концентрациях, которые в ряде случаев в сотни раз превышают предельно допустимые концентрации (ПДК). Доминирующими загрязнителями при переработке медно-никелевых руд являются соединения никеля. При пирометаллургическом рафинировании

металлов на участках дробления и измельчения фанштейна рафинировочного цеха (РЦ) содержание соединений никеля превышают ПДК (0,05 мг/м<sup>3</sup>) от 3,3 до 186 раз, при среднем превышении в 89,4 раза [8, 9, 14]. Данные электронного микроскопирования пылевых частиц свидетельствуют об адсорбции растворимых соединений никеля поверхностью пылевых частиц с высоким содержанием нерастворимых соединений, что способствует возможности их совместного выведения через желудочно-кишечный тракт. При электролитическом рафинировании металлов в цехах электролиза никеля (ЦЭН) содержание водорастворимых соединений никеля превышает ПДК от 2 до 30 раз. Результаты исследований по оценке никеля в моче рабочих никелевого производства выявили высокий уровень экспозиционной нагрузки в пирометаллургическом и электролитическом производстве [5, 12].

Учитывая значительную экспозиционную нагрузку соединениями никеля в производственных условиях, проблема биотрансформации металлов, то есть их биохимическое превращение в организме человека приобретает особое значение. Понимание происходящих процессов лежит в основе разработки наиболее эффективных способов детоксикации организма от воздействия металлов. Эффективная профилактика результатов профессиональной экспозиции рабочих соединениями никеля возможна лишь с учетом знаний о биохимических превращениях металлов. В случае острой интоксикации обычно показано применение комплексообразующих средств. Особенностью этих средств является их способность нейтрализовать действие металлов до взаимодействия с рецепторами биологических мембран, тем самым препятствуя развитию мембранотоксического эффекта [1, 2, 13].

Бесспорный интерес в качестве лечебно-профилактических средств в условиях никелевого производства вызывают специальные напитки с повышенной пищевой ценностью, которые способствуют укреплению физиологических возможностей организма человека, обеспечивающих функционирование гомеостатических систем. Указанными свойствами обладают соки и нектары, обогащенные пектином, производимые ООО ТПК «САВА» (г.Томск). Указанные продукты представляют собой натуральные соки и нектары, обогащенные пектином, с высоким содержанием витаминов, органических кислот, минералов, микроэлементов и содержат большой набор других биологически активных веществ, что даёт основание рекомендовать их в качестве профилактического питания для работающих во вредных условиях труда на предприятиях цветной металлургии.

**Цель исследования:** провести медико-биологическую оценку соков и нектаров, обогащенных пектином для определения возможности их применения в условиях предприятия по рафинированию никеля.

**Материал и методы.** Для исследования были сформированы 3 группы из числа работников основных профессий рафинировочного цеха (РЦ) и цеха электролиза никеля (ЦЭН) металлургического предприятия: 11 пла-

вильщиков РЦ (средний возраст –  $43 \pm 7,0$  года, стаж работы –  $20,2 \pm 6,4$ ), 11 электролизники ЦЭН (средний возраст –  $39,5 \pm 6,8$  года; стаж работы –  $18,4 \pm 6,1$  года) и контрольная группа – 11 слесарей цеха автоматизации производства (возраст –  $41,6 \pm 7,4$  года и стаж работы  $18,7 \pm 8,9$  года).

Профилактические напитки: соки и нектары, обогащенные пектином, производимые ООО ТПК «САВА» принимались 1 раз – в начале рабочей смены. Схема исследования включала определение содержания металлов (никель, кобальт, медь) в моче до начала применения напитков, в конце 1-ой, 2-ой, 3-ей и 4-ой недели, т.е. в конце 5, 10, 15 и 20 рабочих дней. Общее число отобранных для исследования проб мочи – 160.

Металлы в моче определялись масс-спектрометром Agilent 7900 с индуктивно связанной плазмой с программным обеспечением «MassHunter».

Оценку данных проводили с помощью системы статистического анализа и графических построений программы Microsoft Excel Office 2007.

**Результаты.** Известно, что никель может рассматриваться в качестве маркера общего загрязнения воздуха рабочей зоны соединениями металлов. Медь и кобальт вместе с никелем являются компонентами исходного сырья – сульфидных медно-никелевых руд и основного продукта первичной переработки – фаянштейна. Как следствие экскреция меди и кобальта, в соответствии с ранее представленными данными, находится в линейной зависимости с содержанием никеля.

Высокие концентрации соединений тяжелых металлов в помещениях технологических цехов металлургического производства определяют их повышенное содержание в биоматериалах, в том числе в моче работников. Установлена положительная динамика выведения никеля из организма работников как РЦ, так и ЦЭН. В течение 5-ти недельного курса употребления соков и нектаров, обогащенных пектином, концентрация никеля в моче плавильщиков РЦ снизилась в 3,2 раза – с  $116,4$  мкг/л до  $36,3$  мкг/л. В группе электролизников ЦЭН также отмечено снижение концентраций никеля на 27,0% (от  $34,7$  мкг/л до  $25,1$  мкг/л).

В отношении экскреции с мочой соединений меди удалось получить более значимые результаты, так как содержание меди в воздухе рабочей зоны незначительно превышает ПДК. В результате концентрация меди в моче всех групп работников, принимавших участие в исследовании, не превышает фоновые показатели. Исследованиями установлено статистически достоверное 2-х кратное увеличение экскреции меди с мочой у испытуемых РЦ (от  $3,8 \pm 0,3$  до  $8,1 \pm 1,9$  мкг/л) и ЦЭН (от  $2,9 \pm 0,4$  до  $6,1 \pm 0,6$  мкг/л) к завершению срока приёма нектаров и соков, обогащенных пектином, производимых ООО ТПК «САВА».

В результате 5-ти недельного приема соков и нектаров, обогащенных пектином, произошло увеличение выведения кобальта из организма работников РЦ с мочой 1,5-2,5 раза. Постепенное снижение концентрации кобальта отмечено у работников ЦЭН.



## Обсуждение

### Выводы

1. Пирометаллургическое и электролитическое рафинирование металлов в условиях металлургического производства никеля способствует загрязнению воздуха рабочих мест водорастворимыми и водонерастворимыми соединениями никеля, превышающими нормативные уровни от 2 до 186 раз.

2. Результаты исследований по оценке влияния соков и нектаров, обогащенных пектином, производимых ООО ТПК «САВА», на выведение из организма токсичных металлов, позволили получить убедительные доказательства их эффективности.

3. В течение 5-ти недельного курса употребления соков и нектаров, обогащенных пектином, концентрация в моче доминирующих поллютантов металлургического производства (никеля, меди и кобальта) снизилась в 1,5 – 3 раза.

4. В результате полученных положительных выводов по медико-биологической оценке применения соков и нектаров, обогащенных пектином, производимых ООО ТПК «САВА», данный продукт может быть рекомендован для организации лечебно-профилактического питания на металлургических предприятиях.

### Список литературы

Артюнина Г.П., Чащин В.П., Игнаткова С.А., Остапьяк З.Н., Никанов А.Н., Талыкова Л.В., Петухов Р.В., Чащин М.В., Рочева И.И. Проблемы профессиональной патологии у рабочих в никель-кобальтовой промышленности // Гигиена и санитария. – 1998. – № 1. – С. 9–13.

Будкарь Л.Н., Гурвич В.Б., Карпова Е.А., Кудрина К.С., Обухова Т.Ю., Солодушкин С.И., Шмонина О.Г., Мордвинова О.А., Федорук А.А., Штин Т.Н. Кардиоваскулярные токсические эффекты у работников медеплавильного производства, экспонированных к тяжелым металлам. – 2020. – Т.99. – № 1. – С. 37–45.

5. Горбанев С.А., Никанов А.Н., Чащин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 50–51.

6. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94. – № 2. – С. 64–67.

7. Никанов А.Н., Чащин В.П. Гигиеническая оценка экспозиции и определение ее величины при производстве никеля, меди и кобальта на горно-металлургическом комплексе Кольского Заполярья // Экология человека. – 2008. – № 10. – С. 9–14.

Никанов А. Н., Чащин В.П., Горбанев С.А., Дардынская И., Гудков А.Б., Лагхайн Б., Попова О.Н., Дорофеев В.М. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях

цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. – 2019. – № 2. – С. 12–20.

8. Скрипаль Б.А., Чащин В.П., Гудков А.Б., Никанов А.Н., Дядик Н.В. Профессиональный риск в горнохимической промышленности в Арктике. Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2020.

9. Сюрин С.А., Никанов А.Н. Профессиональные риски и заболевания при производстве никеля и меди в Кольском Заполярье // Санитарный врач. – 2019. – № 8. – С. 31–36.

10. Сюрин С.А., Горбанев С.А. Особенности профессиональной патологии в арктической зоне России: факторы риска, структура, распространенность. / Вестник уральской медицинской академической науки. – 2019. – Том 16. – № 2, с. 237–244. DOI: 10.22138/2500-0918- 2019-16-2-237-244

11. Klein C., Costa M. Nickel // Handbook on the Toxicology of Metals: Fourth Edition 2014. С. 1091-1111.

12. Küpper M., Weinbruch S., Benker N., Ebert M., Skaug V., Skogstad A., Thornér E.E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.Ø. Electron microscopy of particles deposited in the lungs of nickel refinery workers // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2015. Vol. 407. № 21. P. 6435–6445.

13. Mazinianian N., Hedberg Y., Odnevall Wallinder I. Nickel release and surface characteristics of fine powders of nickel metal and nickel oxide in media of relevance for inhalation and dermal contact. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2013. T. 65. № 1. С. 135-146.

14. Nieboer E., Rossetto F.E., Menon R.C. Toxicology of Nickel Compounds // Metal Ions in Biological Systems, Nickel and its role in Biology. (Ed. H. Sigel and A. Sigel). Marcel Dekker, New York, 1988. Vol. 23. P. 359–402.

15. Odland J.Ø., Nieboer E. Human biomonitoring in the Arctic. Special challenges in a sparsely populated area // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2012. T. 215. № 2. С. 159-167.

16. Thomassen Y., Hetland S., Nieboer E., VanSpronsen E.P., Odland J.Ø., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 1. Environmental monitoring // Journal of Environmental Monitoring. 2004. Vol. 6. № 12. P. 985–991.

17. Wiwanitkit V. Minor heavy metal: A review on occupational and environmental intoxication // Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2008. T. 12. № 3. С. 116-121.

#### Сведения об авторах

**Никанов Александр Николаевич**, кандидат медицинских наук, руководитель отдела клинических исследований, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

**Чащин Валерий Петрович**, Заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: valerych05@mail.ru

**Талыкова Людмила Васильевна**, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела филиала НИЛ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: talyk@mail.ru

**Гребеньков Сергей Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицины труда ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: sergey.grebenkov@gmail.com

**Гудков Андрей Борисович**, заслуженный работник высшей школы РФ, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск, Россия; gudkovab@nsmu.ru

**Быков Владимир Робертович**, старший научный сотрудник филиала НИЛ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: VR\_Bykov@mail.ru

### 1.1.3. Прочие проблемы гигиены

УДК: 613.5: 625

*Афанасьева Т.А., Леванчук Л.А., Ганичев П.А.*

#### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ В РАЙОНАХ С РАЗВИТОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

**Аннотация.** В статье проведен анализ основных источников акустического загрязнения территорий, нормативно-технической документации, регламентирующей акустическое воздействие на территорию и жилые здания, а также основных направлений решения проблемы.

**Ключевые слова:** шум, акустическая нагрузка, сверхнормативное акустическое воздействие, железнодорожный транспорт.

*Afanasyeva T.A., Levanchuk L.A., Ganichev P.A.*

#### THE MAIN DIRECTIONS OF SOLVING PROBLEMS RELATED TO ACOUSTIC LOAD IN AREAS WITH DEVELOPED TRANSPORT INFRASTRUCTURE

**Abstract.** The article analyzes the main sources of acoustic pollution of territories, regulatory and technical documentation regulating the acoustic impact on the territory and residential buildings, as well as the main directions of solving the problem.

**Keywords:** noise, acoustic load, excessive acoustic impact, railway transport.

#### Введение

Многочисленные отечественные и зарубежные эпидемиологические и социальные исследования за последние два десятилетия показали, что транспортный шум является одной из главных причин раздражения и вредного

воздействия на здоровье населения [1-13]. Установлено, что хронический стресс, вызванный шумом, может привести к утрате соматического здоровья. Исследования, проведенные в Германии, Великобритании и других странах ЕС, позволили подтвердить, что люди, у которых в жилых домах уровень транспортного шума выше 65 дБА подвержены риску инфаркта миокарда на 20% выше среднего в популяции уровня. Шум, превышающий 70 дБА, увеличивает этот риск на 30%. Сверхнормативные уровни шума приводят к нарушению сна, расстройству когнитивных способностей, возникновению раздражения и, как следствие, хронического стресса, что отражается на качестве жизни, психическом благополучии и состоянии иммунной и сердечно-сосудистой систем [7-14].

В Европе шум занимает третье место среди причин смерти при воздействии транспортных систем после загрязнения воздуха и несчастных случаев и находится выше, чем смертность от воздействия канцерогенных веществ [15]. Транспортный шум дорожного движения все чаще воспринимается как одно из самых сильных воздействий на окружающую среду<sup>1</sup> [11-13].

За последнее десятилетие в мегаполисах уровень шума увеличился на 10-15 дБ, и это в основном шум транспорта [16, 17, 18].

Возрастание транспортного шума связано с увеличением мощности и грузоподъемности транспорта, увеличением скорости двигателя, с внедрением новых двигателей и т.п.

В России около 30% городского населения, что составляет около 35 млн. человек, подвергаются существенному воздействию шума от различного вида транспорта [19, 20]. Несмотря на то, что шум является одним из наиболее распространенных видов загрязнения городской среды, в настоящее время не существует эффективной системы мониторинга шумового загрязнения территорий городских поселений.

**Цель работы.** Проанализировать основные источники акустического загрязнения территорий, нормативно-техническую документацию, регламентирующую акустическое воздействие на территорию и жилые здания.

**Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных, нормативно-техническая документация. Применены методы научного гипотетико-дедуктивного познания, общелогические методы и приемы исследований: анализ, синтез, абстрагирование, индукция.

**Результаты и их обсуждение.** Шум, обусловленный объектами железнодорожного транспорта, является непостоянным и имеет ряд специфических особенностей. Основными источниками шума, на которые предъявляются жалобы населения, являются линейные объекты (ЛЮ – железнодорожные линии, по которым движется подвижной состав).

---

<sup>1</sup> Директива 2002/49/ЕС об оценке и контроле шумового загрязнения окружающей среды.

Уровень шума, создаваемого ЛО железнодорожного транспорта, зависит от технического состояния подвижного состава, структуры и интенсивности транспортного потока, характера и скорости движения поездов, а также от условий распространения звука в окружающей среде [21-24].

Развитие транспортного комплекса осуществляется на основании принятой «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года». В соответствии со Стратегией предполагается повысить подвижность населения до 15,5 тыс. пасс. км на 1 человека в год, что в 2,4 раза выше показателя в 2010 году. Увеличение производительности труда в транспортном комплексе должно составить, по инновационному варианту, в 1,75 раза к 2018 году, в 2,1 раза к 2020 году и в 3,7 раза к 2030 году; по базовому варианту – в 1,5 раза к 2018 году, в 1,65 раза к 2020 году и в 2,2 раза к 2030 году.

Реализация Стратегии обеспечит решение государственных задач в области железнодорожного транспорта. Будет сформирована инфраструктурная основа для обеспечения территориальной целостности и обороноспособности страны, снижены территориальные диспропорции в развитии инфраструктуры железнодорожного транспорта, созданы условия для ускорения роста российской экономики.

Грузооборот к 2030 г. увеличится в 1,6 раза. Скорость доставки грузов в среднем возрастет более чем на 23%, при этом по контейнерным отправкам – в 3,5 раза. Экспорт транспортных услуг за счет роста транзитных перевозок планируется увеличить в 2,8 раза. На магистральном полигоне протяженностью 13,8 тыс. км планируется усовершенствовать тяжеловесное грузовое движение.

Участковая скорость пассажирских поездов в дальнем следовании возрастет на основных направлениях до 72 км/ч.

Таким образом, интенсивность транспортных потоков возрастет. Вследствие этого возрастет акустическая нагрузка на жилые территории.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия граждан является элементом системы охраны здоровья граждан, которое обеспечивается охраной здоровья граждан (далее – охрана здоровья) – система мер политического, экономического, правового, социального, научного, медицинского, в том числе санитарно-противоэпидемического (профилактического), характера, осуществляемых органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями, их должностными лицами и иными лицами, гражданами в целях профилактики заболеваний, сохранения и укрепления физического и психического здоровья каждого человека, поддержания его долголетней активной жизни, предоставления ему медицинской помощи [25]. Соответственно регулирование отношений в сфере охраны окружающей среды и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения устанавливаются различными нормативно-правовыми актами: Гражданским, Земельным,

Градостроительным, Жилищным кодексами, а также законами об охране здоровья граждан, о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, об охране окружающей среды и атмосферного воздуха, о государственном кадастре недвижимости и др.

Градостроительный Кодекс включает такое понятие, как устойчивое развитие территорий – обеспечение при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений; а также устанавливает, что программы комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселения, городского округа должны обеспечивать сбалансированное, перспективное развитие систем коммунальной инфраструктуры в соответствии с потребностями в строительстве объектов капитального строительства и соответствующие установленным требованиям надежность, энергетическую эффективность указанных систем, снижение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Среди основных принципов законодательства – осуществление градостроительной деятельности с соблюдением требований охраны окружающей среды и экологической безопасности. Проекты схем территориального планирования могут быть утверждены после выявления возможного негативного воздействия данных объектов на окружающую среду. Размещение объектов в составе жилых и производственных зон возможно только при отсутствии воздействия на окружающую среду или выполнении нормативов воздействия на окружающую среду [2-4, 26-36].

В законе об охране окружающей среды Российской Федерации рассматриваются такие категории, как окружающая среда, качество окружающей среды, благоприятная окружающая среда, загрязнение окружающей среды, нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативы допустимых физических воздействий, оценка воздействия на окружающую среду, мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг), контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль), требования в области охраны окружающей среды, экологический аудит, экологический риск, экологическая безопасность [37-42].

В соответствии с законом о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения устанавливаются санитарно-эпидемиологические требования – обязательные требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [43-60].

В правовом поле Российской Федерации кроме федеральных законов, постановлений правительства функции нормирования осуществляют многочисленные федеральные органы государственной власти. Именно здесь выявляются сложности применения и оценок качества окружающей среды и противоречия в нормировании.



Особенно сложна регламентация воздействия шума на окружающую среду в связи с тем, что она базируется на различных правовых актах, каждый из которых обеспечивается совокупностью подзаконных актов. Однако основой регулирования влияния акустического фактора является обеспечение здоровья человека – ст. 12, 20<sup>2</sup> [1].

Реализация требований данного закона осуществляется через гигиеническое нормирование, ранее представленное<sup>3</sup> в санитарно-эпидемиологических требованиях к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях, санитарно-эпидемиологических требованиях к физическим факторам на рабочих местах<sup>4</sup>. С 01 марта 2021 года вступили в силу новые гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания<sup>5</sup>.

Основные подходы к нормированию и фактические нормативные значения в этих документах не отличаются.

Противоречия в законодательных актах приводят к тому, что расчет шумозащитных мероприятий базируется на своде правил по защите от шума<sup>6</sup> а их экспертиза, направленная на соблюдение санитарно-эпидемиологических требований, проводится на основании гигиенических нормативов.

Технический регламент о безопасности зданий и сооружений<sup>7</sup>, распространяющийся на все этапы существования зданий и сооружений, наряду с общими требованиями, включающими обеспечение акустической безопасности, также содержит специальные статьи, касающиеся шума и вибрации.

Требования к обеспечению защиты от шума (ст. 24), декларируют, что размещение здания или сооружения на местности, проектные значения характеристик строительных конструкций, характеристики принятых в проектной документации типов инженерного оборудования, предусмотренные в проектной документации мероприятия по благоустройству прилегающей территории должны обеспечивать защиту людей от:

- 1) воздушного шума, создаваемого внешними источниками (снаружи здания);
- 2) воздушного шума, создаваемого в других помещениях здания или сооружения;
- 3) ударного шума;
- 4) шума, создаваемого оборудованием;
- 5) чрезмерного реверберирующего шума в помещении.

<sup>2</sup> Европейское руководство по контролю шума: ВОЗ, 2018. 85 с.

<sup>3</sup> СанПиН 2.3.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

<sup>4</sup> СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

<sup>5</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

<sup>6</sup> СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

<sup>7</sup> № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Защита от шума должна быть обеспечена:

- 1) в помещениях жилых, общественных и производственных зданий;
- 2) в границах территории, на которой будут осуществляться строительство и эксплуатация здания или сооружения.

В помещениях и на открытых площадках, где от различимости звука, создаваемого средствами радиооповещения, может зависеть безопасность людей, должны быть предусмотрены меры по обеспечению оптимального уровня громкости и различимости звука.

Особенностью реализации технического регламента о безопасности зданий и сооружений является также то, что Постановлением Правительства РФ утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений<sup>8</sup>. Развивает Положения этого постановления приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Минпромторга РФ об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений<sup>9</sup> утвержден перечень сводов, реализуемых на обязательной основе, включающий, в том числе документы, регулирующие воздействие шума на окружающую среду, например, СП 42.13330-16 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Надо отметить, что анализ этих документов показывает, что один и тот же документ, например, свод правил по градостроительству, планировке и застройке городских и сельских поселений может в части пунктов соблюдаться на обязательной основе, а частью на добровольной основе<sup>10</sup>.

Технический регламент о безопасности железнодорожного подвижного состава<sup>11</sup> устанавливает требования к железнодорожному подвижному составу и его составным частям. При проектировании железнодорожного подвижного состава и его составных частей проектировщик (разработчик)

<sup>8</sup> Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 N 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. N 985».

<sup>9</sup> Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Минпромторга РФ от 2 апреля 2020 года N 687 Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений.

<sup>10</sup> СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (с изменениями N 1, N 2).

<sup>11</sup> ТР ТС 001/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (с изменениями на 9 декабря 2011 года).

должен выбирать решения, обеспечивающие установленный законодательством государств-членов ТС допустимый уровень вредных и (или) опасных воздействий на жизнь и здоровье человека, животных и растений.

Другой группой законодательных актов, регулирующих влияние источников шума на окружающую среду за счет территориального планирования и введения зон с особыми условиями территорий (санитарно-защитные зоны), являются Градостроительный кодекс Российской Федерации<sup>12</sup> и Земельный кодекс Российской Федерации<sup>13</sup>.

Ряд требований по санитарно-защитным зонам находятся в своде правил по градостроительству, планировке и застройке городских и сельских поселений, в том числе в пунктах, к которым предъявляются требования реализации на обязательной основе. К их числу относится, например, п.п. 6.8 в прежней редакции «Жилую застройку необходимо отделять от железных дорог санитарно-защитной зоной шириной 100 м, считая от оси крайнего железнодорожного пути», который удален в актуальной редакции. При размещении железных дорог в выемке или при осуществлении специальных шумозащитных мероприятий, обеспечивающих требования СНиП II-12-77, ширина санитарно-защитной зоны может быть уменьшена, но не более чем на 50 м. Расстояния от сортировочных станций до жилой застройки принимаются на основе расчета с учетом величины грузооборота, пожаро-взрывоопасности перевозимых грузов, а также допустимых уровней шума и вибрации.

В соответствии с письмом Роспотребнадзора о рассмотрении обращений<sup>14</sup> выдача санитарно-эпидемиологического заключения на проект санитарного разрыва от опасных коммуникаций (автомобильных, железнодорожных, авиационных, трубопроводных и т.п.) законодательством Российской Федерации не предусмотрена.

Рост значимости акустического фактора привел к созданию ряда нормативных документов, регулирующих шумозащитные мероприятия.

В первую очередь, это целый ряд нормативных документов, разработанных в соответствии с требованиями Закона о техническом регулировании и ряда технических регламентов Таможенного Союза, регулирующих требования к источнику шума. Для железнодорожного транспорта это: ГОСТ Р 50951-96 «Внешний шум магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы измерений», в соответствии с которым максимальный уровень внешнего шума (звука) магистральных тепловозов не должен превышать: 87 дБА для вновь проектируемых (при движении со скоростью 2/3 конструкционной и реализацией 2/3 номинальной мощности), а для

---

<sup>12</sup> «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).

<sup>13</sup> «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021).

<sup>14</sup> Письмо Роспотребнадзора от 25 июня 2013 г. № 01/7199-13-31 «О рассмотрении обращений».

модернизируемых, изготавливаемых и эксплуатируемых тепловозов – норм, устанавливаемых по согласованию между изготовителем, потребителем и природоохранным органом. Максимальный уровень внешнего шума (звука) маневровых тепловозов не должен превышать 78 дБА. Аналогичные требования имеются в ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования», ГОСТ 31428-2011 «Тепловозы маневровые с электрической передачей. Общие технические требования»; ГОСТ Р 56286-2014 «Локомотивы маневровые, работающие на сжиженном природном газе. Общие технические требования».

ГОСТ Р 55364 – 2012 «Электровозы. Общие требования безопасности» устанавливает требование, в соответствии с которым предельно допустимый уровень внешнего шума, создаваемого электровозом при движении со скоростью, равной  $2/3$  конструкционной, в режиме тяги с реализацией  $2/3$  тяговой мощности, на расстоянии 25 м от оси пути не должен превышать: 84 дБА при движении по бесстыковому пути; 87 дБА при движении по звеньевому пути.

На стоянке уровень внешнего шума от электровоза на удалении 7,5 м от оси пути не должен превышать 65 дБА; ГОСТ 30487-97 «Электропоезда пригородного сообщения», также регламентирующий уровни звука на расстоянии 25 м от оси пути при движении по бесстыковому пути – 84 дБА, при движении по звеньевому пути – 87 дБА.

В соответствии с ГОСТ 32206-2013 «Специальный железнодорожный подвижной состав (СЖПС). Внешний шум. Нормы и методы определения» максимальный уровень внешнего шума (максимальный уровень звука) СЖПС при движении в транспортном режиме не должен превышать:

- 84 дБА – для СЖПС с конструкционной скоростью от 60 до 100 км/ч при движении самоходом со скоростью  $2/3$  конструкционной скорости  $\pm 5$  км/ч, при работе силовой установки в режиме тяги с реализацией номинальной мощности или в составе поезда со скоростью  $2/3$  конструкционной СЖПС;
- 78 дБА – для СЖПС с конструкционной скоростью от 40 до 50 км/ч при движении самоходом со скоростью  $2/3$  конструкционной скорости  $\pm 5$  км/ч, при работе силовой установки в режиме тяги с реализацией номинальной мощности или в составе поезда со скоростью  $2/3$  конструкционной СЖПС.

Максимальный уровень внешнего шума (максимальный уровень звука) СЖПС в технологическом режиме не должен превышать 84 дБА.

В соответствии с ГОСТ 10935-97 «Вагоны грузовые крытые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия» уровень шума, создаваемый вагоном при движении, не должен превышать 80 дБА на расстоянии 50 м от железной дороги.

В то же время СП 2.6.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте» требуют соблюдения эквивалентного уровня внешнего шума, создаваемого при движении поезда, не выше 84 дБА на расстоянии 100 м от наружного рельса (при условии отсутствия акустических экранов).

ГОСТ Р 55182-2012 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования» устанавливает требование, в соответствии с которым уровни звука должны быть не выше 84 дБА в соответствии с пунктом 5.1.51 санитарных правил СП 2.5.1198-03.

Надо отметить, что существенная разнородность подходов, заложенных в ГОСТах, регулирующих требования к внешнему шуму железнодорожного транспорта, закономерно будет приводить к противоречиям с требованиями санитарного законодательства.

Еще одной серьезной проблемой является то, что в этих документах имеется ссылка на недействующий ГОСТ на методы измерения, как правило, это ГОСТ 29918-86 (СТ СЭВ 5033-85) «Шум. Методы измерения шума железнодорожного подвижного состава», в то время как действующим документом является ГОСТ 3223-2013 «Железнодорожный подвижной состав. Акустика. Измерение внешнего шума».

Существующие меры по снижению сверхнормативного акустического воздействия на жилые помещения регламентируются следующим образом.

ГОСТ 33325-2015 «Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом» как наиболее эффективные меры и конструкции по снижению шума рассматривает:

- акустическое шлифование рельсов (обеспечивается эффект снижения шума в источнике до 7-9 дБА);
- вибродемпфирующие накладки на шейку рельса (обеспечивается эффект снижения шума в источнике до 4-5 дБА);
- нанесение на шейку рельса, тележку и колеса виброшумопоглощающей мастики (обеспечивается эффект снижения шума в источнике до 7-8 дБА);
- акустические экраны (12-15 дБА). Подбор параметров и оценку акустической эффективности экранов проводят согласно п. 8.6 с учетом ГОСТ 33328 и ГОСТ 33329;
- звукоизолирующее остекление (до 20-30 дБА);
- выемки и насыпи (до 8-16 дБА).

Свод правил по защите от шума<sup>15</sup> в качестве основных направлений защиты от шума на территории жилой застройки рассматривает:

- применение рациональных приемов планировки и застройки городских и сельских поселений, городских округов, жилых районов, микрорайонов и кварталов;
- соблюдение санитарно-защитных зон (по фактору шума) промышленных и энергетических предприятий, автомобильных и железных дорог, аэропортов, предприятий транспорта (железнодорожных сортировочных станций, депо, автобусных и троллейбусных парков и т.п.);
- строительство шумозащитных зданий;
- сооружение придорожных шумозащитных экранов и устройство шумозащитных полос зеленых насаждений.

<sup>15</sup> СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003 Защита от шума» (с изменением N 1).

Необходимо отметить, что санитарным законодательством требования к обоснованию санитарных разрывов недостаточно урегулированы и использование земельных участков, размещаемых на границе санитарного разрыва, под жилищное строительство является в дальнейшем причиной ряда спорных вопросов.

В соответствии со сводом правил, регулирующим архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий<sup>16</sup>, снижение шума в жилых домах может осуществляться путем применения:

- специальной шумозащищенной планировки с преимущественной ориентацией на магистральную улицу подсобных и дополнительных помещений квартир, общих комнат 3-комнатных квартир, а также внеквартирных помещений;
- конструктивных средств шумозащиты наружных ограждающих конструкций;
- окон и балконных дверей с повышенными звукоизолирующими свойствами;
- технических средств шумозащиты, в том числе клапанов-глушителей и др., при обеспечении нормативного воздухообмена в квартире.

По характеру защиты жилых помещений от транспортного шума планировочно шумозащищенные жилые здания могут проектироваться:

- с полной планировочной шумозащитой жилых помещений, при которой окна всех спален и общих комнат (гостиных) ориентированы в сторону акустической тени;
- с неполной планировочной шумозащитой жилых помещений, при которой на магистральную улицу с повышенным уровнем шума ориентированы окна общих комнат (гостиных) квартир с числом жилых комнат 3 и более, а окна спален во всех типах квартир и общих комнат 1 – 2-комнатных квартир – в сторону акустической тени.

В шумозащищенных жилых зданиях следует применять:

- конструкции наружных стен с индексами звукоизоляции не ниже нормируемых;
- окна с эффективным остеклением, обеспечивающим в закрытом положении снижение транспортного шума на величину 28-39 дБА, в том числе с раздельным двойным остеклением, с тройным остеклением (раздельно-спаренные со стеклопакетом и стеклом или с двухкамерным стеклопакетом).

Необходимо обратить особое внимание на то, что проект Технического регламента «О безопасности железнодорожного транспорта», статья 13 «Требования по защите от шума и вибрации» гласит следующее: пп. 1 Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, максимальные уровни звука, эквивалентные уровни звука, проникающие в помещения жилых и общественных зданий от организованного железно-

<sup>16</sup> СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные».



дорожного подвижного состава и железнодорожных линий, не должны превышать предельно допустимых уровней (ПДУ) шума (таблица 1).

Эквивалентные и максимальные уровни звука в дБА для шума, создаваемого на территории жилой застройки организованным железнодорожным подвижным составом и железнодорожными линиями, в двух метрах от жилых зданий также не должны превышать гигиенические нормативы.

Таблица 1 – Предельно допустимый уровень шума для организованного железнодорожного подвижного состава

<i>Наименование показателя</i>	<i>Единица измерения показателя</i>	<i>Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума, дБА</i>	<i>Для какого оборудования определяются показатели</i>
Уровни внешнего шума (звука), LA	дБА	87 по звеньевому пути	Магистральный тепловоз, электровоз, электропоезд, дизель-поезд, автомотриса
		84 по бесстыковому пути	Дизель-электростанция
		78 по звеньевому пути	Маневровый тепловоз
		84	Вагоны локомотивной и тепловозной тяги, рефрижераторные вагоны
		89	Вагонные замедлители
Эквивалентный уровень звука, LA экв	дБА	80	Компрессорные станции
	дБА	75	Вагонные замедлители
Уровни звуковой мощности, дБА в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц 31,5	дБА	104	Компрессор
63		92	
125		85	
250		79	
500		76	
1000		73	
2000		71	
4000		69	
8000		67	

Учитывая, что на территории норматив составляет в дневное время 65 дБА, в ночное – 55 дБА, возникают противоречия между технически достижимым уровнем внешнего шума (звука), LA, и нормируемым эквивалентным уровнем звука, LA экв, дБА.

Нормирование шума в жилой застройке от потоков автомобильного и железнодорожного транспорта базируется на рекомендациях Всемирной организации здравоохранения [15]. Каждый из рассматриваемых транспортных потоков обладает специфическим акустическим воздействием. Сравнение потоков автомобильного и железнодорожного транспорта в жилой застройке, выполненное на основании опросов населения, показало, что шум автомобильного транспорта – непрерывный, а шум поездов – прерывисто-регулярный, т.е. медленно нарастает и также медленно убывает, что позволяет слуховым рецепторам восстанавливаться от акустической нагрузки; нагрузка на слух от шума железнодорожного транспорта за счёт прерывисто-регулярного свойства растянута во времени, что способствует привыканию, в результате чего этот шум воспринимается легче; психологически железнодорожный шум с меньшим неприятием воспринимается жителями [14].

Согласно ГОСТ 31296.1–2005 и исследованиям доказано, что различные транспортные шумы оказывают неодинаковое раздражающее воздействие на человека при одинаковой интенсивности.

В разных странах ЕС проводились исследования по оценке беспокоящего действия железнодорожного шума [1,7-15]. Подтверждено более лояльное отношение населения к воздействию железнодорожного шума по сравнению с шумом автодорог, что отразилось на принятии специальных норм шума железных дорог.

Ещё в 1979 г. Гирнау Г. указал, что для железнодорожного транспорта по сравнению с автомобильным возможно применение на 10 дБ менее жёстких норм [61]. Такой вывод подтверждают современные нормы шума для железнодорожной (скоростной) линии Синкансен (Япония) и нормы для автотранспорта, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение норм шума железнодорожного и автотранспорта Японии по уровню звука

<i>Тип застройки</i>	<i>Линия Синкансен</i>	<i>Автодороги</i>		<i>Вновь строящиеся железные дороги</i>	
		<i>День</i>	<i>Ночь</i>	<i>День</i>	<i>Ночь</i>
Жилая застройка	70	60	55	60	55
Индустриальная застройка	75	65	60	60	55

Анализ норм шума железных дорог Японии показал, что они на 10 дБА выше, т.е. менее жёсткие, чем нормы шума автодорог.

В настоящее время в странах ЕС и Англии помимо ночного и дневного времени нормируется и вечернее (19.00-23.00), что способствует увеличению комфорта проживания в районах, прилегающих к железнодорожным магистралям (таблицы 3, 4).

В нормировании шума в жилой застройке может быть заложен так называемый дифференцированный принцип – например, в Германии уста-

новлены нормы для строящихся, действующих и реконструируемых железных дорог (таблица 4) [62, 63], а в США нормы установлены в зависимости от категории, характера и плотности застройки, а нормативной характеристикой является максимальный уровень звука (таблица 5).

Таблица 3 – Допустимые уровни звука от железнодорожного транспорта в жилой застройке (Лондон)

Время суток	Допустимые уровни звука, дБА
7.00-19.00	60
19.00-23.00	55
23.00-7.00	50

Таблица 4 – Допустимые уровни звука от железнодорожного транспорта в жилой застройке Германии

Тип линии	Время суток	Допустимые уровни звука, дБА
Строящиеся и реконструируемые	7.00 – 23.00	59
	23.00 – 7.00	49
Действующие	7.00 – 23.00	76
	23.00 – 7.00	65

Таблица 5 – Допустимые уровни звука от железнодорожного транспорта в жилой застройке США

Жилая застройка		Максимальный уровень звука, дБА		
Категория	Описание	Коттеджи	Многоквартирные дома	Коммерческие здания
I	Неплотная застройка	70	75	80
II	Средней плотности	75	75	80
III	Высокой плотности	75	80	85
IV	Коммерческая	80	80	85
V	Индустриальная	80	85	85

Для нескольких стран Европы в таблице 6 приведены сравнительные значения санитарных норм шума железнодорожного транспорта. Разность между значениями норм шума автодорожного и железнодорожного транспорта (так называемый бонус за менее вредное восприятие шума) составляет от 5 до 7 дБА. Обоснованность такого подхода подтверждается опросами населения. Например, в Германии 80% жителей, проживающих вблизи железных дорог, утверждают, что они привыкли к железнодорожному шуму [64].

Анализ санитарных норм шума, принятых в Российской Федерации, показывает, что они не дифференцированы по источникам шумового воздействия [16].

В отличие от РФ, в странах ЕС уже много лет действуют технические нормы внешнего шума подвижного состава железнодорожного транспорта [56].

Следует отметить, что нормы шума подвижного состава железнодорожного транспорта принимаются для расстояния 7,5 м от оси пути; нормируемая характеристика – уровни звука (УЗ), дБА (таблица 7, 8, 9).

Таблица 6 – Нормы шума для железнодорожного транспорта в странах ЕС

<i>Страны</i>	<i>Швейцария</i>	<i>Германия</i>	<i>Нидерланды</i>	<i>Франция (проект)</i>	<i>Италия</i>	<i>Австрия</i>
Эквивалентный уровень звука Leq, дБА						
7.00 – 23.00	55 до 60	59	57	60	65	60
23.00 – 7.00	45 до 50	49	47	55	55	50
Максимальный уровень звука Lmax, дБА						
7.00 – 23.00	63 до 68	67	60	60	–	68
23.00 – 7.00	53 до 58	57	50	55	–	58
Бонус	5	5	7	5	7	5

Таблица 7 – Нормы шума в Финляндии

<i>Объекты-источники шума</i>	<i>УЗ макс, на 25 м/3,5 м (высота)</i>	<i>Скорость движения</i>	<i>Коррекция при увеличении скорости</i>
Тепловозы	88 дБ (А)	200 км/ч	+1 дБ на каждые 20 км/ч после 200 км/ч
Дрезины, автомотрисы	85 дБ (А)		
Пассажирские поезда	88 дБ (А)		
Грузовые поезда	85 дБ (А) 87 дБ (А)	100 км/ч 120 км/ч	
Движущиеся конструкции ремонт техники	85 дБ (А)		

Таблица 8 – Нормы шума в Италии

<i>Объекты – источники шума</i>	<i>УЗ макс, на 25 м/3,5 м (высота)</i>		<i>Скорость движения</i>
	<i>с 01.01.2002</i>	<i>с 01.01.2012</i>	
Пассажирские поезда	90 дБ (А)	88 дБ (А)	250 км/ч
	85 дБ (А)	83 дБ (А)	160 км/ч
Грузовые поезда	85 дБ (А)	83 дБ (А)	160 км/ч
	84 дБ (А)	82 дБ (А)	90 км/ч
Тепловозы	88 дБ (А)	86 дБ (А)	80 км/ч
Дрезина, автомотриса	83 дБ (А)	81 дБ (А)	80 км/ч
Пассажирские вагоны	88 дБ (А)	86 дБ (А)	250 км/ч
	93 дБ (А)	81 дБ (А)	160 км/ч
Грузовые вагоны	90 дБ (А)	88 дБ (А)	160 км/ч
	89 дБ (А)	87 дБ (А)	90 км/ч

Таблица 9 – Нормы шума в Швейцарии

На расстоянии 7,5 м от оси пути на высоте 1,2 м	При движении со скоростью 80 км/ч
Переоборудованные поезда	84 дБА

Нормы шума железнодорожного транспорта имеют принципиальные отличия в разных странах, и новые предложения направлены на унификацию норм.

Наиболее унифицированные нормы шума поездов приняты в Германии [62]. В таблице 10 приведены специальные нормы для шума скоростных и грузовых поездов, принятые в Германии. Эта информация, вместе с фактическими уровнями шума, представляет особый интерес для ОАО «РЖД» в связи с тем, что при переходе на новые технологии и высокоскоростного движения используется подвижной состав, производимый в Германии.

Таблица 10 – Сравнительный анализ данных, предписываемых технической спецификацией совместимости (TSI) в Германии, предельные и фактические УЗ для высокоскоростного подвижного состава

<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Предельные значения УЗ, дБА, на расстоянии 25м</i>	<i>Фактические УЗ, дБА</i>
200	88*	–
250	89 (88**)	87-94
300	92 (91**)	91-95
320	94 (92**)	92-96

где -\* – новый подвижной состав\*\* – модернизированный подвижной состав

Анализируя имеющиеся данные по нормам шума подвижного состава, принятым в Германии, необходимо отметить следующее. Наличие этих норм, безусловно, имеет положительный момент для железных дорог Германии. Нетрудно подсчитать, что, например, для грузовых поездов норма шума в жилой застройке (59 дБА) выполняется только на расстояниях нескольких сотен метров [65]. Наличие специальных норм (84-87) дБА, позволяет эксплуатировать подвижной состав без нареканий со стороны контролирующих органов.

Очень важно, что специальные нормы были введены для высокоскоростного движения. По данным табл. 10 фактические УЗ на расстоянии 25 м при скоростях, например, 300 км/ч могут достигать 91 дБА. Если представить движение этого подвижного состава по отечественным магистралям, то нетрудно подсчитать, что отечественные нормы для дневного времени (55 дБА) будут соблюдаться только на расстояниях свыше 1000 м.

Снижение шумовой нагрузки в городской среде осуществляется по следующим основным направлениям:

- 1) ослабление шума в источнике – конструктивными методами (создание электромобилей, усовершенствованных двигателей и т.д.);
- 2) на пути распространения шума в городской среде от источника до объекта шумозащиты (градостроительные методы, связанные с применением в проектных решениях элементов городской среды, способствующих снижению шумов);

3) на объекте шумозащиты – конструктивно – строительными методами, обеспечивающими повышение звукоизолирующих качеств ограждающих конструкций, зданий и сооружений.

Существующие в настоящее время меры борьбы с транспортным шумом в «источнике» очень дорогостоящи и в ближайшие 30-40 лет не заменят весь парк существующих машин.

Неконтролируемая застройка жилыми кварталами на территории городской среды, а также невозможность правильно и корректно применять проектные решения приводят к низкой эффективности снижения акустической нагрузки градостроительными методами.

Анализ шумозащитных мероприятий показывает ограниченную эффективность акустических экранов из зеленых насаждений в районах высокоэтажной застройки [6-15]. Перспективными мерами шумозащиты можно считать использование правильно установленных и грамотно рассчитанных оконных блоков, а также в совокупности с ними оконных штор. Сравнительный анализ результатов, полученных при оценке шумоизоляционных свойств исследуемых наиболее часто применяемых оконных блоков, позволил установить, что, несмотря на близость полученных результатов испытаний оконных блоков Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 – 6-4-14-12-4 и Rehau Euro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 – 4-10-4-10-4, первый оконный блок имеет более высокий индекс звукоизоляции воздушного шума  $R_w$ , по сравнению со вторым на 1 дБА. Установка климатического клапана Air-Vox Comfort, позволяет повысить индекс звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  по сравнению с климатическими клапанами Aereco EMM и Aereco EHA2-EFA2 на 1 дБА в первом случае и 2 дБА – во втором.

Сравнительный анализ результатов, полученных при оценке шумоизоляционных свойств тканевых штор, позволил установить их эффективность при плотности более 425 г/м<sup>2</sup>, а также использование вафельного полотна позволяет повысить индекс звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  по сравнению с просто тканевой шторой как минимум на 3 дБ.

### **Заключение**

– Все отечественные и зарубежные меры по снижению акустического воздействия на окружающую среду можно разделить на организационные, технические, технологические. К организационным относятся меры по совершенствованию нормативно правовой базы, организации санитарно-защитных зон, градостроительные решения. К техническим – акустическое шлифование рельсов (эффективность до 7–9 дБА); вибродемпфирующие накладки на шейку рельса (эффективность до 4–5 дБА); нанесение на шейку рельса, тележку и колеса виброшумопоглощающей мастики (эффективность до 7–8 дБА); акустические экраны (12–15 дБА); звукоизолирующее остекление (до 20–30 дБА); выемки и насыпи (до 8–16 дБА). Технологические



– строительство шумозащитных зданий и устройство шумозащитных полос зеленых насаждений.

– Анализ основных законодательных и нормативных актов, регулирующих воздействие шума на окружающую среду, показывает их крайнюю многочисленность, сложную и противоречивую структуру.

– Затруднения вызывает решение вопроса при условии строительства жилых объектов в зонах санитарного разрыва (ближе 100 м) в период эксплуатации железных дорог.

– При всем многообразии нормативно-правовых актов в Российской Федерации нет федерального закона, который мог бы четко регламентировать права и обязанности юридических и физических лиц в области акустического воздействия, определять порядок проведения необходимых мероприятий по снижению сверхнормативного акустического воздействия, мероприятий по мониторингу и оценке риска заболеваний от шумового воздействия на население.

### Список литературы

1. Future noise policy European commission Green Paper, “Noise/NEWS International”, vol.5, Number 2, 1997, June, pp.77-98.

2. Interoperability of the Trans-European high-speed rail system – Directive 96/48/EC.

3. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Якубова И.Ш., Павлова Д.В. Особенности регулирования гигиенической и экологической безопасности населения в государствах-членах ЕВРАЗЭС на современном этапе. Депонированная рукопись № 295-В2012 04.07.2012.

4. Региональные особенности здоровья населения и перспективы организации социально-гигиенического мониторинга. Санкт-Петербург, 1997.

5. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е. Экологические проблемы жилищного строительства, находящегося в зоне акустического воздействия железных дорог. В сборнике: СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ. сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. 2020. С. 110-113.

6. Barbaro S. City-railway noise: assessment of the noise climate along arailway network in the urban area of Palermo (Italy) / S. Barbaro, R. Caracausi, B. Chaix, R. Chinesi // The 9th International Congress on Sound and Vibration (ICSV9) (Orlando, USA 08-11 July 2002). Orlando, 2002.

7. Hirzel Verlag S. Experimental Investigation of Noise Annoyance Caused by Highspeed Trains / S. Hirzel Verlag // Acta Acustica united with Acustica. 2007. Vol. 93. P. 589-601.

8. Moehler U. Differences between railway and road traffic noise / U. Moehler, M. Liepert, R. Schuemer, and B. Griefahn // Journal of Sound and Vibration. USA, 2000. Vol. 231(3). P. 853-864.

9. Monika Kudrna. Methodology to predict Loudnessimpact of rail noise / Monika Kudrna, Manfred Kalivoda // 5th International Symposium Transport Noise and Vibration (St. Petersburg, Russia, June 2000). St.Petersburg. 2000.

10. Interoperability of the Trans-European high-speed rail system – Directive 96/48/EC.
11. Interoperability of the conventional Trans-European speed rail system – Directive 2001/16/EC.
12. Commission Decision 2004/446/EC of 29 April 2004 specifying the basic parameters of the ‘Noise’, ‘Fright Wagons’ and ‘Telematic applications for freight’ Technical Specifications for Interoperability referred to in Directive 2001/16/EC (OJ L 193 p.1).
13. Вольфганг Ш., Международный журнал социальных наук, № 46, 2004, С. 127-145.
14. Европейское руководство по нормированию шума: ВОЗ. 2018. 85 с.
15. Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Фролова Н.М., Борисова Д.С., Калинина Н.И., Носков С.Н., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Балтрукова Т.Б. Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности условий проживания / Санкт-Петербург. 2020. 265 с.
16. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Рябец В.В. Гигиенические аспекты оценки процесса формирования комфортной городской среды Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 551-556.
17. Копытенкова О.И., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Кузнецова Е.Б., Булавина И.Д., Бурнашов Л.Б., Выучейская Д.С. Прогнозные оценки по результатам измерения инфразвука на селитебной территории города Санкт-Петербурга. Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 3 (324). С. 39-43.
18. Снижение шума железнодорожного транспорта / Н.И. Иванов, Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, М.В. Буторина // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». – М: Новые технологии, 2012. №12. С. 1-23.
19. Gorbanev S.A., Yeremin G.B., Vyucheyanskaya D.S., Kopytenkova O.I., Badaeva E.A., Mozhukhina N.A., Noskov S.N., Karelin A.O. Об обосновании предложений по изменениям и дополнениям санитарно-эпидемиологических требований к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 707-712
20. Копытенкова О.И., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Кузнецова Е.Б., Булавина И.Д., Бурнашов Л.Б., Выучейская Д.С. Прогнозные оценки по результатам измерения инфразвука на селитебной территории города Санкт-Петербурга. Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 3 (324). С. 39-43.
21. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Курепин Д.Е., Бурнашов Л.Б., Носков С.Н., Еремин Г.Б. База данных величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019622092, 15.11.2019. Заявка № 2019622027 от 06.11.2019.
22. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Леванчук А.В., Верещагина Е.В., Машарский Б.Л., Афанасьева Т.А. База данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2017620441, 18.04.2017. Заявка № 2017620154 от 27.02.2017.

23. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Леванчук Л.А., Верещагина Е.В., Афанасьева Т.А. База данных показателей шумоизоляции строительных материалов. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2017620442, 18.04.2017. Заявка № 2017620153 от 27.02.2017.

24. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Эколого-гигиеническая характеристика риска здоровью населения, проживающего на урбанизированных территориях. В сборнике: Реформы здравоохранения Российской Федерации. Современное состояние, перспективы развития. Сборник материалов конференции V ежегодной конференции с международным участием. 2018. С. 61-67.

25. Источники транспортного шума. Characterisation des sources sonores d'origine routière pour le milieu urbain. Gaulin D., Berengier M. Bull. lab. Fonts et Chaussées. 1999, № 222, 71-84, 94, 96, 98, (РЖ «Шум», №4, 2000, 01.12-99.485).

26. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А. Гигиеническое обоснование методов снижения акустической нагрузки в жилых помещениях. Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 46-51.

27. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Курепин Д.Е., Бурнашов Л.Б., Носков С.Н., Ерёмин Г.Б. База данных величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019622091, 15.11.2019. Заявка № 2019622030 от 06.11.2019.

28. Русанова Е.В. Физико-химические исследования автоклавного золопенобетона. В сборнике: Новые исследования в материаловедении и экологии. Сборник научных статей сотрудников, аспирантов, докторантов и студентов. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I; редактор Л.Б. Сватовская. Санкт-Петербург. 2005. С. 95-96.

29. Русанова Е.В., Абу-Хасан М.С. Возможные направления использования золы от сжигания осадка сточных вод в геоэкозащите // В сборнике: Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. Материалы IV международной научно-практической интернет-конференции. 2017. С. 67-70.

30. Сватовская Л.Б. «О возможном влиянии энергосодержания и мольных масс веществ на отдельные эксплуатационные и экозащитные свойства композиционных материалов» Новые исследования в материаловедении и экологии. 2005. С. 3.

31. Русанова Е.В., Абу-Хасан М.С. Компенсационные природо-защитные технологии // В сборнике: Геоэкохимия защиты литосферы. Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции. 2017. С. 47-50.

32. Кустов А.А. Оценка шумового загрязнения в рекреационных зонах. Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития естественных и технических наук. приоритетные направления научных исследований и разработок в сфере инноваций» Новосибирск-Волгоград, 26-31 октября 2017 г. С. 48-51.

33. Снижение шума железнодорожного транспорта / Н.И. Иванов, Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, М.В. Буторина // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». – М: Новые технологии. 2012. №12. С. 1-23.

34. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Рябец В.В. Гигиенические аспекты оценки процесса формирования комфортной городской среды Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 551-556.

35. Копытенкова О.И., Бурнашов Л.Б., Афанасьева Т.А., Ерёмин Г.Б. Программа расчёта рисков здоровью населения при акустическом воздействии. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019664495, 07.11.2019. Заявка № 2019663282 от 23.10.201946

36. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Бурнашов Л.Б., Кузнецова Е.Б. Гигиеническая оценка мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 671-676.

37. Иванов Н.И., Семенов Н.Г., Тюрина Н.В. Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 4. С. 19.

38. Лебедев К.Ю., Копытенкова О.И., Выучейская Д.С., Леванчук А.В., Афанасьева Т.А. Гигиенические аспекты градостроительной деятельности на приаэродромных территориях. Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 10 (319). С. 46-49.

39. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Кузнецова Е.Б., Леванчук А.В., Носков С.Н. Основные направления решения проблем, связанных с акустической нагрузкой в районах с развитой транспортной инфраструктурой. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 286-293.

40. Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Копытенкова О.И., Никонов В.А., Слакwa М.Е.О совершенствовании нормирования шума и инфразвука на селитебной территории. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 333-344.

41. Афанасьева Т.А., Копытенкова О.И., Машарский Б.Л. Анализ нормативно-правовой документации, регламентирующей шум железнодорожного транспорта. //Защита от повышенного шума и вибрации. Сборник докладов. Министерство образования и науки Российской Федерации Балтийский государственный технический университет «Военмех». 2017. С. 174-177

42. Турсунов З.Ш., Верещагина Е.В., Копытенкова О.И. Использование расчета дозы шума и вибрации для гигиенической оценки условий труда. //Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией А.Ю. Поповой. 2017. С. 425-428.

43. Копытенкова О.И. Оценка риска воздействия физических факторов окружающей среды при организации здравоохранения урбанизированной территории. // Реформы Здравоохранения Российской Федерации. Современное состояние, перспективы развития. Материалы IV конференции ежегодной конференции с международным участием. 2017. С. 50-52.

44. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов. Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 298-301.

45. Копытенкова О.И., Fridman К.В., Kuznetsova Е.В., Kurepin D.E. Подходы при изучении воздействия шума железнодорожного транспорта на основе методологии оценки риска. //Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 675-681.

46. Титова Т.С., Копытенкова О.И., Курепин Д.Е. Об объективной оценке акустического воздействия. //Железнодорожный транспорт. 2017. № 5. С. 75-77.

47. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Гольшева Г.В. Снижение акустического воздействия на жилые территории. // Науковедение. 2017. Т. 9. № 5. С. 62.

48. Копытенкова О.И., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Никонов В.А. Перспективы регламентации транспортных шумов на селитебной территории. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2017. Т. 12. № 2. С. 745-749.

49. Перминов Н.А., Копытенкова О.И., Аль М.С.С.Я. Обеспечение безопасности и надёжности длительно эксплуатируемых инженерных сооружений. Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 6. С. 156-158.

50. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Верещагина Е.В. Геоэкологическая оценка применения акустических экранов для защиты селитебной территории при транспортировке полезных ископаемых железнодорожным транспортом. Бюллетень результатов научных исследований. 2016. № 3-4 (20-21). С. 36-43.

51. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Леванчук Л.А. Анализ современного состояния дорожно-автомобильного комплекса Санкт-Петербурга. Научные труды SWorld. 2016. Т. 1. № 1 (42). С. 44-48.

52. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е. Программа расчета оптимальной высоты акустического экрана при его установке на различном удалении от железной дороги. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015617082, 30.06.2015. Заявка № 2015614003 от 15.05.2015.

53. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга на основе гигиенической оценки акустического воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду. //Методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования химического загрязнения окружающей среды и его влияние на здоровье населения. Материалы Пленума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. под редакцией академика РАН Ю.А. Рахманина. 2015. С. 184-186.

54. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Оценка акустического воздействия на основе анализа риска здоровью населения при строительстве и эксплуатации железных дорог. //Актуальные вопросы развития инновационной деятельности в новом тысячелетии. XIV Международная научно-практическая конференция. 2015. С. 29-33.

55. Зальцман Г.К., Копытенкова О.И., Пронин А.П., Плотицын Е.С. Акустическое загрязнение городской среды транспортными потоками. // Защита населения от повышенного шумового воздействия. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Н.И. Иванова, К.Б. Фридмана. 2015. С. 326-328.

56. Курепин Д.Е., Копытенкова О.И. Стратегия развития шумозащитных мероприятий в условиях городской застройки. В книге: Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 2014. С. 50-52.

57. Копытенкова О.И., Савватеева Л.А., Титова Т.С., Леванчук А.В. Применение методов расчетного мониторинга для оценки акустического воздействия железнодорожного транспорта. В сборнике: Техносферная и экологическая безопасность на транспорте. ТЭБТРАНС- 2010. Материалы второй международной научно-практической конференции. 2010. С. 174-176. Копытенкова О.И.

58. Региональные особенности здоровья населения и перспективы организации социально-гигиенического мониторинга. Санкт-Петербург, 1997.

59. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А. О правовом закреплении использования методов оценки риска здоровью в законодательстве российской федерации, регулирующем санитарно-эпидемиологическое благополучие населения Здравоохранение Российской Федерации. 2016. Т. 60. № 5. С. 264-268.

60. Никонов В.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н., Булыгина Т.М. Анализ актуальной нормативно-правовой базы государственного санитарно-эпидемиологического надзора за условиями проживания населения В сборнике: Актуальные вопросы гигиены. сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 2021. С. 261-268.

61. Гирнау Г. Проблемы борьбы с шумом на железных дорогах / Г. Гирнау // Железные дороги мира. 1979. №1. С. 43-48.

62. Снижение шума железнодорожного транспорта / Н.И. Иванов, Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, М.В. Буторина // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». – М: Новые технологии. 2012. №12. С. 1-23.

63. Брауне В. Оценка воздействия вибраций от железнодорожного транспорта / В. Брауне // Железные дороги мира. 1985. № 8. С. 70-74.

64. Anna Preis. The annoyance scale of different rail noises / Anna Preis, Antoni Sobucki, Truls Gjestland and Barbara Griefahn // Inter-Noise 2007 (Istanbul, Turkey 28-31 August 2007). – Istanbul, 2007.

65. Commission Decision 2006/66/EC adopted on 23 December 2005 concerning the technical specification for interoperability relating to the subsystem ‘rolling stock – noise’.

#### **Сведения об авторах:**

*Афанасьева Татьяна Анатольевна*, инженер испытательного центра «Экологическая безопасность и охрана труда» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, Россия



*Леванчук Леонид Александрович*, инженер испытательного центра «Экологическая безопасность и охрана труда» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, Россия

*Ганичев Павел Александрович*, младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru

УДК: 314.3, 314.4, 314.7, 314.8, 314.9, 614.1, 614.7, 614.79

*Дударев А.А., Дождигов А.В.*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ И ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ГОРОДСКОГО И СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОЦЕНКЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ЖИТЕЛЕЙ НЕНЕЦКОГО АО**

**Аннотация.** В статье обобщена и проанализирована информация об условиях проживания, факторах среды обитания и санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Ненецкого АО (НАО), содержащейся в государственных докладах, проектно-технической документации и результатах научных исследований. Проведенный анализ включает сравнительную характеристику городских и сельских населенных пунктов округа, что наглядно демонстрирует множество проблем, касающихся групп населения, проживающих на отдаленных и труднодоступных территориях и подверженных наибольшим рискам здоровью и благополучию. Условия проживания в отдаленных сёлах НАО характеризуются транспортной изоляцией, нерегулярностью снабжения жизненно необходимыми товарами, устаревшей жилищной и социальной инфраструктурой, отсутствием централизованного отопления, водоснабжения, водоотведения, сбора и вывоза отходов, ограниченным доступом населения к медицинской помощи, отсутствием адекватных возможностей для образования, детского творчества, культурного развития, досуговой активности, занятий спортом. Загрязнение среды обитания в сельских населенных пунктах округа обусловлено соседством жилья и социальных объектов с несанкционированными свалками, местами складирования топлива, котельными и другими техническими объектами. Осуществление социально-гигиенического мониторинга и надлежащий контроль среды обитания в отдаленных сёлах НАО затруднены дефицитом кадров, материального обеспечения и финансирования регионального Роспотребнадзора. Условия проживания и санитарно-эпидемиологическую обстановку на отдаленных и труднодоступных территориях НАО следует характеризовать как неблагоприятные, что обуславливает повышенные риски здоровью населения.

**Ключевые слова:** Ненецкий автономный округ; российская Арктика; отдаленные и труднодоступные территории; условия проживания; факторы среды обитания; жилищная, коммунальная и социальная инфраструктура; санитарно-эпидемиологическое благополучие.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF LIVING CONDITIONS  
AND ENVIRONMENTAL FACTORS OF THE URBAN  
AND RURAL POPULATION APPLIED TO THE ASSESSMENT OF  
SANITARY-EPIDEMIOLOGICAL WELL-BEING  
OF THE POPULATION OF THE NENETS AO**

**Abstract.** The article analyzes and summarizes information on living conditions, environmental factors and sanitary-epidemiological well-being of the population of the Nenets Autonomous Okrug (NAO), contained in state reports, technical documentation and the results of scientific research. The analysis includes a comparative description of urban and rural NAO settlements, which clearly demonstrates many problems affecting population groups living in remote and hard-to-reach areas, subjected to the greatest health and well-being risks. Living conditions in remote NAO villages are characterized by transport isolation, irregular supply of essential goods, outdated housing and social infrastructure, lack of centralized heating, water supply, sewerage, waste collection and disposal, limited access of the population to medical care, lack of adequate opportunities for education, children's creativity, cultural development, leisure activities, sports. Environmental pollution in rural NAO villages is caused by the proximity of housing and social facilities with unauthorized dumps, fuel storage sites, boiler houses and other technical facilities. Implementation of social-hygienic monitoring and proper control of the habitat in remote NAO villages is hampered by the lack of employees, material support and financing of the regional Rospotrebnadzor. Living conditions and sanitary-epidemiological situation in the remote and hard-to-reach NAO territories should be characterized as unfavorable, which leads to increased public health risks.

**Keywords:** Nenets Autonomous Okrug; Russian Arctic; remote and hard-to-reach territories; living conditions; environmental factors; housing, communal and social infrastructure; sanitary-epidemiological well-being.

### **Введение**

В Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [15] к «Основным опасностям, вызовам и угрозам, формирующим риски для развития Арктической зоны» отнесены (в том числе) «низкий уровень доступности качественных социальных услуг и благоустроенного жилья в населенных пунктах, расположенных в отдаленных местностях», «высокая доля аварийного жилищного фонда», «отсутствие системы государственной поддержки завоза в отдаленные населенные пункты топлива, продовольствия и других жизненно необходимых товаров», «низкий уровень развития транспортной инфраструктуры», «высокая доля локальной генерации электроэнергии на основе использования экологически небезопасного дизельного топлива» и др.

«Разработка схем оптимального размещения объектов социальной инфраструктуры, в том числе организаций медицинских, образовательных, оказывающих услуги в сфере культуры, физической культуры и спорта, в целях обеспечения их доступности для населения с учетом особенностей проживания коренных малочисленных народов, а также плана строительства, реконструкции, капитального ремонта и оснащения объектов социальной, жилищной, коммунальной и транспортной инфраструктуры»,

«модернизация первичного звена здравоохранения, включая материально-техническую базу», «устранение негативных последствий для окружающей среды хозяйственной и иной деятельности, рисков причинения вреда здоровью», «обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения» арктических регионов заявлены в числе приоритетных задач в Стратегии развития АЗРФ и Едином плане реализации Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года [13].

**Целью** данной обзорной статьи является обобщение и сравнительный анализ информации об условиях проживания (состояние жилищно-коммунального хозяйства, социально-бытовой и социально-культурной инфраструктуры) и факторах среды обитания городского и сельского населения применительно к оценке санитарно-эпидемиологического благополучия в Ненецком автономном округе (НАО).

**Материалы и методы.** В статье использована информация, содержащаяся в государственных докладах Роспотребнадзора по НАО, докладах Департамента природных ресурсов, экологии и агропромышленного комплекса НАО, пояснительных записках к схемам территориального планирования НАО, паспортах муниципальных образований, программах развития коммунальной инфраструктуры, схемах водоснабжения, водоотведения и др. проектно-технической документации, а также результаты научных исследований (за последние 15 лет) в области эпидемиологии и гигиены окружающей среды Арктики.

### **Результаты и обсуждение**

**Административно-территориальное деление и население округа.** НАО расположен за Полярным кругом и целиком входит в состав Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). НАО является самым малонаселенным субъектом РФ (44,4 тыс. чел. [10]) и состоит из 1 городского округа (г. Нарьян-Мар – 24,8 тыс. чел.) и 1 муниципального Заполярного района, охватывающего всю остальную территорию НАО и включающего 1 городское поселение (п. Искателей – 7,3 тыс. чел.) и 40 сельских населенных пунктов в составе 18 сельсоветов [3].

Отсутствие районирования округа исключает возможность углубленного (применительно к различным территориям и контингентам) анализа любых статистических данных, т.к. официальная отчетность ведется по общему населению НАО (иногда – с выделением г. Нарьян-Мар и п. Искателей). Данные по совокупному населению Заполярного р-на не позволяют вычленить информацию по отдельным населенным пунктам, имеющим существенные различия в условиях проживания и выраженности неблагоприятных факторов среды обитания.

В центральной части НАО вдоль р. Печора проживает 84% населения округа, включая городское население (г. Нарьян-Мар и п. Искателей), составляющее 73% общего населения НАО. 16% населения округа (7 тыс. чел.) проживает в отдалённых труднодоступных сёлах, расположенных к западу

(территория проживания большей части коренных жителей, традиционно занимающихся оленеводством – 10% населения НАО) и востоку от центральной части округа (территория интенсивной нефтегазовой добычи – 6% населения округа). Вахтовые поселки в НАО не являются предметом рассмотрения в данной статье, т.к. вахтовые работники не относятся к постоянному населению округа.

**Коренные жители и оленеводство.** По данным Всероссийской переписи 2010 года лишь 28% населения НАО является коренным (ненцы и коми); общая численность ненцев составляет 7,5 тыс. чел. (19% населения округа) [6]. 76% ненцев проживает в сельской местности; 47% жителей отдаленных труднодоступных сёл – ненцы. По официальным данным [9] 73% территории округа занимают олени пастбища, на которых свою деятельность ведут 29 оленеводческих предприятий. В оленеводческих бригадах трудятся 860 чел., которые ведут кочевой и полукочевой образ жизни. Оленеводство для большинства семей ненцев-олeneводоов является основным источником существования.

**Экономика и бюджет округа.** Несмотря на то, что основой экономики НАО является добыча нефти (13-14 млн. тонн в год) и природного газа (300 млн. м<sup>3</sup> в год), в округе отсутствует нефтеперерабатывающая промышленность. Транспортировка добываемой нефти по территории НАО осуществляется сетью межпромысловых нефтепроводов общей протяженностью более 1400 км. Газ за пределы региона не поставляется и в основном используется нефтедобывающими предприятиями; газоснабжение населения округа крайне ограничено (г. Нарьян-Мар, п. Искателей и 2 близлежащих поселка) [8]. Топливо для нужд большинства поселков округа ежегодно закупается в соседних регионах и доставляется водным транспортом в рамках Северного завоза, что приводит к значительным затратам из бюджета НАО [12]. В период 2018-2020 Северный завоз в поселки округа составил (в среднем за год) 10,9 тыс. т дизельного топлива, 23,8 тыс. т каменного угля и 9,1 тыс. м<sup>3</sup> дров [2].

Доходы, генерируемые на территории НАО, в существенной степени не попадают в окружной бюджет. Регулярные платежи за добычу полезных ископаемых на 95% перечисляются в федеральный бюджет. В НАО самые низкие доходы окружного бюджета в расчете на душу населения среди арктических регионов РФ. При этом округ не получает дотации на выравнивание бюджетной обеспеченности из федерального бюджета. Как следствие, НАО в настоящий момент не имеет возможности должным образом финансировать экономические и социальные задачи, стоящие перед регионом [12].

Условия проживания в сельской местности (особенно в отдалённых сёлах) НАО не позволяют обеспечивать удовлетворение минимальных человеческих потребностей в суровых условиях Арктики [12]. Тяжёлые климатические условия и низкое качество общественных благ являются

основными факторами, сдерживающими естественный прирост населения НАО и стимулирующими миграционный отток [16].

**Транспорт.** НАО является единственным субъектом Европейской части России, не имеющим железнодорожного и автомобильного транспортного сообщения с соседними регионами. В сельской местности автодороги с твердым покрытием практически отсутствуют, передвижение на наземном транспорте повышенной проходимости между поселениями внутри НАО возможно только в зимний период по сезонным дорогам («зимникам») [1, 8].

В НАО функционируют два аэропорта («Нарьян-Мар» и «Амдерма») и 16 грунтовых взлётно-посадочных полос в сельских поселениях округа. ОАО «Нарьян-Марский объединённый авиаотряд» является единственной местной авиакомпанией; её авиапарк составляют 6 лёгких самолётов и 23 вертолёта. Наблюдается высокая степень износа авиатранспорта и основных фондов наземной авиационной инфраструктуры [1]. Воздушный транспорт, призванный круглогодично обеспечивать большую часть внутренних перевозок, крайне зависим от погодных условий; пассажирские рейсы нерегулярны и дорогостоящи. Следует отметить нерегулярность завоза во многие населенные пункты (особенно отдаленные) жизненно необходимых товаров и продовольствия; имеет место дефицит снабжения некоторыми продуктами питания (овощи, фрукты, молочные продукты и др.) как летом, так и зимой.

**Энергоснабжение** (таб. 1). Энергоснабжение округа следует рассматривать как совокупность разрозненных систем, обеспечивающих тепло- и электроснабжение отдельно [11]. Централизованное теплоснабжение функционирует в г. Нарьян-Мар, п. Искателей и п. Амдерма, как сеть поквартальных котельных с немагистральными теплосетями. В 11 сельских поселениях округа организовано локальное теплоснабжение (автономные котельные), обслуживающее социально-значимые объекты (детские сады, школы, медучреждения, дома культуры и др.) и некоторые многоквартирные дома. В 28 сельских поселениях НАО отопление жилых и общественных зданий осуществляется индивидуальными котлами или печами [1].

Для теплоснабжения г. Нарьян-Мар, п. Искателей и двух соседних населенных пунктов в котельных сжигается природный газ, в п. Амдерма – дизельное топливо. В остальных поселках НАО, где имеются автономные котельные, используется либо уголь, либо дизельное топливо для обеспечения теплом социально-значимых объектов. Углем и дровами топят печи в частных домах повсеместно в НАО [1].

«Столичное пятно» централизованно снабжается электричеством, вырабатываемым единственной в НАО «Нарьян-Марской электростанцией», работающей на природном газе. Электроснабжение остальных сельских населенных пунктов округа обеспечивают локальные стационарные дизельные электростанции (ДЭС) различной мощности в зависимости от численности населения отдельных поселков. Тепло- и электрогенерирующее оборудование в округе характеризуется высокой степенью износа [1].

Таблица 1 – Энергоснабжение в Ненецком АО в 2019 году

	<i>Количество насел. пунктов</i>	<i>Доля насел. пунктов</i>
<i>Теплоснабжение</i>		
Централизованное теплоснабжение (г. Нарьян-Мар, п. Искателей, п. Амдерма) – котельные, объединенные в сеть	3	7,1%
Локальное теплоснабжение (только социально-значимые объекты и некоторые многоквартирные дома) – автономные котельные	11	26,2%
Индивидуальное отопление (котлы/печи в общественных и жилых зданиях; печи в частных домах)	28	66,7%
<i>Тип топлива для котельных</i>		
Природный газ (г. Нарьян-Мар, п. Искателей, с. Тельвиска, п. Красное – газифицированное «столичное пятно»)	4	9,5%
Уголь	6	14,3%
Дизельное топливо	10	23,8%
Уголь или дизельное топливо	14	33,3%
Котельные отсутствуют	8	19,1%
<i>Тип топлива для частных домов</i>		
Природный газ (газифицированное «столичное пятно»)	4	9,5%
Уголь или дрова	38	90,5%
<i>Электроснабжение</i>		
Нарьян-Марская электростанция (топливо – прир. газ) (газифицированное «столичное пятно»)	4	9,5%
Локальные дизельные электростанции (ДЭС)	38	90,5%

**Водоснабжение** (таб. 2). Широкая распространенность многолетнемёрзлых пород, значительная заболоченность территории, близость моря в прибрежных районах обуславливают значительные сложности с водоснабжением населения НАО качественной питьевой водой. В 2019 году централизованное водоснабжение функционировало только в 4 населенных пунктах округа: из подземных водоисточников – в г. Нарьян-Мар и п. Искателей, из поверхностных – в с. Коткино и п. Амдерма. Неудовлетворительное санитарно-техническое состояние водопроводных сетей, отсутствие плановых ремонтов приводит к аварийным ситуациям и повышает риск вторичного загрязнения питьевой воды. Зоны санитарной охраны водоисточников либо отсутствуют, либо не соблюдается должный режим в пределах охранных поясов, что приводит к загрязнению источников питьевого водоснабжения [8].

В 38 сельских населённых пунктах НАО (90%) отсутствуют централизованные системы водоснабжения и современные системы очистки и обеззараживания воды, что может оказывать негативное влияние на здоровье населения. В 17-ти населенных пунктах децентрализованное питьевое водоснабжение осуществляется с применением БВПУ, разводящие



сети от которых к потребителю не подведены. В 13-ти населенных пунктах используются общественные скважины и колодцы. В 8-ми селах округа водоснабжение не организовано вовсе; для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд население самостоятельно доставляет воду с рек или других открытых водоемов, в зимний период – растапливает заготовленный лёд [8].

Таблица 2 – Водоснабжение и водоотведение в Ненецком АО в 2019 году

	<i>Кол-во насел пунктов</i>	<i>Долянасел. пунктов</i>
<i>Водоснабжение</i>		
Централизованное водоснабжение (г. Нарьян-Мар, п. Искателей, п. Амдерма, с. Коткино)	4	9,5%
Децентрализованное водоснабжение (распределительные сети отсутствуют), из них:	30	71,5%
Общественные скважины/колодцы/поверхностный водозабор с установленной БВПУ*	17	40,5%
Общественные скважины/колодцы (без водоподготовки)	13	31%
Отсутствие водоснабжения (самостоятельная доставка воды с водоемов, включая заготовку льда)	8	19%
<i>Водоотведение</i>		
Централизованное с очисткой на КОС** (г. Нарьян-Мар)	1	2,4%
Децентрализованное (септики/выгребные ямы), транспортировка ЖКО*** на КОС (п. Искателей)	1	2,4%
Централизованное, без очистки на КОС (п. Амдерма)	1	2,4%
Децентрализованное (септики/выгребные ямы), транспортировка ЖКО на несанкционированные свалки (или «на рельеф»)	39	92,8%

\* БВПУ – блочная водоподготовительная установка; \*\* КОС – канализационные очистные сооружения; \*\*\* ЖКО – жидкие коммунальные отходы.

Прямая связь между отсутствием централизованного водоснабжения в сельских поселениях Аляски и повышенной заболеваемостью населения респираторными и кожными инфекциями, особенно среди детей, продемонстрирована американскими исследователями [21].

**Водоотведение** (таб. 2). Централизованная система водоотведения с канализационными очистными сооружениями (КОС) оборудована только в г. Нарьян-Мар (обслуживает большую часть города). Водоотведение от части одно- и двухэтажных жилых домов г. Нарьян-Мар и всех домов в п. Искателей осуществляется в выгребные ямы и септики-накопители с последующей транспортировкой ЖКО на КОС г. Нарьян-Мар. Сточные воды после очистки на КОС г. Нарьян-Мара не соответствуют требованиям гигиенических нормативов по микробиологическим и физико-химическим показателям [8]. Канализационные сети и очистные сооружения изношены, что увеличивает риски наступления аварийных ситуаций [1].

В п. Амдерма сточные воды от большей части застройки по системе самооточных коллекторов сбрасываются без очистки в лагуну Карского моря; от остальной застройки отвод ЖКО осуществляется в выгребные ямы.

В 93% населенных пунктов НАО системы водоотведения и очистные сооружения отсутствуют. ЖКО накапливаются в индивидуальных/групповых выгребных ямах, после чего без очистки вывозятся на территорию несанкционированных свалок или «на рельеф» [1].

Отмечено, что неконтролируемый сброс неочищенных сточных вод является одной из причин высокого риска инфекционной заболеваемости в циркумполярных сообществах [18, 19], особенно в связи с процессами, сопровождающими изменения климата, которые провоцируют повышенную активность патогенных микроорганизмов в водных экосистемах [20, 22].

**Утилизация отходов** (таб. 3). На территории НАО размещение и обезвреживание ТКО, ртутьсодержащих, медицинских и биологических отходов, а также отходов добычи и подготовки нефти и газа является серьезнейшей проблемой. В округе существует единственный санкционированный объект размещения ТКО – открытая грунтовая площадка, на которую поступают отходы из г. Нарьян-Мар, п. Искателей и с. Красное. В остальных сельских населенных пунктах НАО (93%) размещение ТКО производится на несанкционированных свалках, которые зачастую расположены вблизи водозаборов и жилой застройки. В п. Амдерма площадь несанкционированных свалок (включая металллом и бочкотару от ГСМ) составляет более 10 гектаров общим объемом 5-7 тыс. тонн [1].

Таблица 3 – Организация обращения с ТКО в Ненецком АО в 2017 году

	<i>Кол-во насел. пунктов</i>	<i>Доля насел. пунктов</i>
<i>Сбор и транспортировка ТКО*</i>		
Сбор ТКО в специализированные контейнеры, транспортировка мусоровозами (г. Нарьян-Мар, п. Искателей, п. Красное, с. Коткино, с. Нижняя Пёша)	5	11,9%
Отсутствие контейнерных площадок, вывоз ТКО 1-3 раза в год неспециализированной техникой	15	35,7%
Сбор ТКО не организован, жители вывозят отходы с помощью личных транспортных средств	22	52,4%
<i>Места размещения ТКО</i>		
Открытая площадка с грунтовым покрытием** г. Нарьян-Мар (ТКО из г. Нарьян-Мар, п. Искателей, п. Красное)	3	7,1%
Несанкционированные свалки вблизи населенных пунктов	39	92,9%

\* ТКО – твердые коммунальные отходы; \*\* зарегистрирована в Государственном реестре объектов размещения отходов, № 83-00011-Х-00625-310715

Сбор мусора на контейнерных площадках и дальнейшая его транспортировка специализированной техникой (мусоровозами) организованы лишь в 5-ти населенных пунктах НАО (г. Нарьян-Мар, п. Искателей, п. Красное, с. Коткино и с. Нижняя Пеша). В 15-и сельских населенных пунктах округа (36%) сбор и накопление ТКО организованы местными органами власти в неспециализированные емкости. Последующий вывоз отходов

на несанкционированные свалки производится 1-3 раза в год (зачастую только «после таяния снега») самосвалами, тракторами с прицепами, бульдозерами и другой неспециализированной техникой. В 22-х сельских поселениях НАО (52%) отсутствует организация сбора и транспортировки ТКО; жители самостоятельно вывозят отходы на личном транспорте (снегоходы, собачьи упряжки) «на болота», «в тундру» [1].

**Здравоохранение** (таб. 4). Ключевой проблемой системы здравоохранения НАО остается ограниченный доступ сельского населения к медицинской помощи. Отсутствие надежных транспортных путей, низкий уровень логистических связей и доступности медицинских учреждений для жителей отдаленных населенных пунктов, недостаток (по сравнению с другими субъектами АЗРФ) врачей, особенно узких специальностей, дефицит необходимой лабораторной базы ухудшает качество медицинской помощи населению [14]. В 21 населенном пункте (50%) требуется строительство новых зданий для медицинских организаций, что обусловлено высокой степенью их износа и аварийностью [1].

Таблица 4 – Виды медицинской помощи в населенных пунктах Ненецкого АО в 2017 году

	<i>Кол-во насел. пунктов</i>	<i>Доля насел. пунктов</i>
<i>Виды медицинской помощи</i>		
Первичная доврачебная помощь (ФАПы или здравпункты)	33	78,6%
Первичная врачебная помощь (участковые больницы или амбулатории)	6	14,2%
Специализированная врачебная помощь (г. Нарьян-Мар, п. Искателей)	2	4,8%
Высокотехнологичная медицинская помощь	0	0%

В 33-х сельских поселках НАО (79% населенных пунктов) возможно получение лишь первичной доврачебной помощи, в 6-и поселениях (14%) оказывается только первичная врачебная помощь. Специализированную медицинскую помощь в НАО можно получить только в медучреждениях г. Нарьян-Мар и п. Искателей. Высокотехнологичная медицинская помощь оказывается жителям округа за его пределами, в силу отсутствия в округе соответствующих возможностей [1].

Скорая, в том числе специализированная, медицинская помощь для жителей отдаленных сёл оказывается с использованием санитарной авиации [1]. Возможность вылета санитарной авиации затруднена в связи с коротким световым днем в осенне-зимний период, отсутствием аэродромов в ряде отдаленных сел, сильной зависимостью от погодных условий [5]. Требуется увеличение финансирования и модернизация санитарной авиации и наземной инфраструктуры аэродромных площадок [14].

Без доступа к медицинской помощи остаются стойбища оленеводов, за исключением экстренных вызовов санитарной авиации и плановых выездов

специалистов проекта «Красный чум» и мобильных медицинских бригад [1]. Глобальные климатические изменения, приводящие к более поздним срокам наступления минусовых температур осенью и более ранним весенним оттепелям, осложняют передвижение оленеводов по тундре в случае необходимости получения медицинской помощи [17].

В НОБ работает отделение телемедицины, которое в сотрудничестве с медицинскими учреждениями Архангельской области и г. Москвы оказывает более 250 консультаций в год по видеосвязи, что позволяет в отдельных случаях снизить затраты и улучшить качество оказываемой медпомощи населению [4]. Однако абоненты НАО в настоящее время обеспечиваются услугами интернета и телефонной связи через единственный волоконно-оптический кабель ПАО «Ростелеком», идущий из Республики Коми. При его повреждении в округе пропадает интернет, телефонная связь работает в ограниченном режиме через резервный спутниковый канал. Сейчас в ряде труднодоступных населённых пунктов НАО используется спутниковая связь, а наземная мобильная связь представлена в основном в 2G/3G диапазоне.

**Образование** (таб. 5). Учреждения дошкольного образования (детские сады) функционируют в г. Нарьян-Мар (9 государственных и 6 частных), в п. Искателей (3 государственных) и в 23-х сельских населенных пунктах (по одному). В 17-ти населенных пунктах НАО (41% поселений округа) детские сады отсутствуют [1].

Таблица 5 – Образование, культура и спорт в Ненецком АО в 2019 году

	<i>Кол-во насел. пунктов</i>	<i>Доля насел. пунктов</i>
<i>Уровень школьного образования</i>		
Среднее общее образование (11 классов)	12	28,6%
Только основное общее образование (9 классов)	7	16,7%
Только начальное общее образование (4 класса)	8	19,0%
Отсутствуют школы	15	35,7%
<i>Наличие организаций дошкольного образования (детсадов)</i>		
Детские сады имеются (в сельских населенных пунктах – по одному)	25	59,5%
Детские сады отсутствуют	17	40,5%
<i>Культура</i>		
Развитая сеть учреждений культуры (г. Нарьян-Мар)	1	2,4%
Дом культуры с филиалом центральной библиотеки	37	88,1%
Отсутствие учреждений культуры	4	9,5%
<i>Спорт</i>		
Развитая сеть спортивных организаций (г. Нарьян-Мар, п. Искателей)	2	4,8%
Филиалы городских спортивных учреждений	6	14,3%
Спортзалы школ, уличные спортплощадки	10	23,8%
Отсутствует спортивная инфраструктура	24	57,1%

Среднее общее образование (11 классов) предоставляется в 6 школах в г. Нарьян-Мар, в 1 школе п. Искателей и по одной школе в 10-и сельских населенных пунктах. В 15-и сельских населенных пунктах НАО (36%) отсутствуют школы, в 19% поселений дети могут закончить только начальную школу (4 класса), в 17% поселений – получить только основное общее образование (9 классов школы). Выпускникам 9-х классов сельских школ предоставляется возможность получения среднего общего образования (10-11 классы) в школах г. Нарьян-Мар и п. Искателей с проживанием в «Ненецкой специальной школе-интернате» [1].

В 2017 году 70% общеобразовательных учреждений НАО не соответствовало современным требованиям по оборудованию, оснащению и благоустройству; 46% учреждений не имело собственного физкультурного зала; в 25% учреждений отсутствовало централизованное водоснабжение и канализация; многие здания школ нуждались в капитальном ремонте. В рамках действующей государственной программы НАО в настоящий момент реализуются мероприятия по строительству новых школ и проведению капитального ремонта зданий [1].

Среднее профессиональное образование возможно получить только в г. Нарьян-Мар. Несколько учреждений дополнительного образования в г. Нарьян-Мар и п. Искателей осуществляют реализацию некоторых общеобразовательных программ. В отдаленных населенных пунктах НАО дополнительное образование осуществляется только на базе школ и местных домов культуры (при их наличии). На территории НАО в настоящее время отсутствует возможность получения высшего образования [1].

**Культура** (таб. 5). В г. Нарьян-Мар функционируют несколько учреждений культуры, включая дворец культуры, центральную библиотеку, этнокультурный центр и 2 музея. Театры, концертные залы, цирки, парки культуры и отдыха отсутствуют [1].

В 4 населенных пунктах округа отсутствуют учреждения культуры; в остальных поселениях НАО имеются дома культуры, на базе которых действуют филиалы центральной библиотеки и работают клубы самодеятельного народного творчества [1].

**Спорт** (таб. 5). В г. Нарьян-Мар функционируют 54 спортивных сооружения, включая 30 спортзалов, плавательный бассейн, крытую ледовую площадку, тир, лыжную базу. Спортзал, лыжероллерная трасса, 2 хоккейных корта и 2 тренажерных зала имеются в п. Искателей [1].

В отдаленных населенных пунктах возможности для занятий спортом и физического развития детей практически отсутствуют. Филиалы спортивных организаций Нарьян-Мара функционируют только в 6 административных центрах сельсоветов округа. В 24 сельских населенных пунктах НАО (57%) полностью отсутствует спортивная инфраструктура; в 24% поселений население пользуется спортзалами общеобразовательных организаций или уличными спортплощадками [1].

**Загрязнение среды обитания.** Источниками загрязнения атмосферы на территории населенных пунктов НАО являются выбросы продуктов неполного сгорания при сжигании различных видов топлива (уголь, дизельное топливо, природный газ) на объектах энергоснабжения, а также при сжигании угля и дров в частных жилищах. Известно, что состав атмосферных выбросов (спектр частиц сажи, состав газообразных веществ, органических соединений и др.) при сжигании различных видов топлива существенно различается, и, следовательно, представляет различный по величине риск здоровью населения, проживающего вблизи источников этих выбросов.

Загрязнение почвы и водоемов (в т.ч. источников питьевого водоснабжения) в населенных пунктах НАО (и в непосредственной близости к ним) обусловлено, прежде всего, накоплением и несвоевременным вывозом ТКО, наличием несанкционированных свалок, нарушениями гигиенических требований к местам размещения и обслуживания контейнерных площадок, местам складирования и хранения различных видов топлива и горюче-смазочных материалов, соседством жилья и социальных объектов с котельными, гаражами, местами мойки автотранспорта, ремонтными мастерскими, заправочными станциями, аэродромами, причалами и др. техническими объектами.

В районах нефтегазовых разработок НАО загрязнение почвы, водных объектов и биоты (звеньев пищевых цепей) вызвано разливами нефти, нефтепродуктов и отходов производства при добыче и геологоразведке углеводородов, а также нефтяными трубопроводами, целостность которых зачастую нарушается под воздействием природных (проседание грунта при таянии вечной мерзлоты) и аварийно-технических причин. Основными отходами предприятий нефтегазового комплекса являются буровые шламы, в составе которых содержатся нефтепродукты и др. токсичные вещества из промывных вод, включая тяжелые металлы и ксенобиотики. Существенный вклад в загрязнение атмосферы в округе в целом вносит сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) в местах нефтедобычи. Серьезная проблема загрязнения окружающей среды связана с накоплением металлолома. В результате деятельности геологических организаций, дислокации воинских частей на территории НАО скопились десятки тысяч тонн металлолома, которые давно являются препятствием для рекультивации природной среды [1]. Отдельный малоизученный эколого-гигиенический вопрос – загрязнение окружающей среды высокотоксичными компонентами ракетного топлива при падении первых ступеней ракет-носителей, запускаемых с Плесецкого космодрома.

**Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения.** Осуществление социально-гигиенического мониторинга (СГМ) затруднено дефицитом кадров, материального обеспечения и финансирования Роспотребнадзора НАО. Страдает охват контролируемых территорий (особенно отдаленных



и труднодоступных), регулярность и частота сбора данных; низкая содержательность собранных материалов, которые не позволяют адекватно оценивать состояние среды обитания жителей различных населенных пунктов округа с учетом их значительной территориальной разобщенности и отдаленности от центра округа.

Посты мониторинга атмосферы (какой-либо ведомственной принадлежности) в НАО отсутствуют, исследования загрязнения атмосферы нигде не проводятся, что не позволяет даже грубо оценить степень неблагоприятного воздействия поллютантов воздуха на здоровье жителей округа. Мониторинг загрязнения почвы осуществляется только на некоторых социально-значимых объектах г. Нарьян-Мар и п. Искателей по микробиологическим и паразитологическим показателям; не проводятся исследования проб почвы на пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и др. контаминанты.

В связи с высокой заболоченностью территории вода поверхностных водоемов НАО характеризуется высокими уровнями мутности и цветности, значительным ухудшением параметров качества в период весенних паводков, слабой способностью к самоочищению, низкой жесткостью, низкой минерализацией, высоким содержанием соединений железа и органических веществ.

Мониторинг поверхностных водных объектов на территории НАО осуществляет «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». По результатам комплексной оценки проб в створах рек Печора и Колва в 2019 году воды данных рек отнесены к 4-му классу разряда «а» («грязная» вода); в пробах воды были выявлены многократные превышения ПДК по нефтепродуктам, марганцу, меди, железу, алюминию и цинку. Интенсивное загрязнение вод р. Печора и ее притоков оказывает пагубное влияние на водные экосистемы (в т.ч. на воспроизводство рыбы) и повышает риски здоровью местных жителей [8].

Роспотребнадзор по НАО (базирующийся только в Нарьян-Маре) не имеет возможности осуществлять регулярный всеобъемлющий контроль всех источников водоснабжения и качества питьевой воды в 42-х населенных пунктах округа. Пробы воды исследуются, как правило, по микробиологическим, паразитологическим и органолептическим показателям, а также по ограниченному перечню санитарно-химических показателей. Исследование проб воды на содержание кадмия, мышьяка, свинца, ртути, цинка, а также на соответствие нормам радиационной безопасности проводится в сторонних аккредитованных лабораториях за пределами НАО [8].

По данным Роспотребнадзора по НАО в 2019 году на водозаборах г. Нарьян-Мар, п. Искателей и с. Коткино в пробах воды были выявлены превышения гигиенических нормативов по железу, марганцу, цветности и мутности. Удельный вес проб водопроводной воды, не соответствующих

гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, составил 11% в г. Нарьян-Мар и 78% в п. Искателей, что было связано с низким качеством воды в источниках и изношенностью водопроводов. Доля населения НАО, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, на конец 2019 года составила 53,6% (в г. Нарьян-Мар и п. Искателей – 67,3%) [8]. Повышенное содержание железа и марганца в питьевой воде обуславливает повышенный риск заболеваемости населения (прежде всего – детей) болезнями органов пищеварения [7].

Доля проб воды из источников децентрализованного водоснабжения в НАО, не соответствующая гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2019 году составила 30,3%, по микробиологическим показателям – 27,8%. Основная причина неудовлетворительного качества питьевой воды из подземных водоисточников – слабая защищенность и подпитка водоносных горизонтов поверхностными водами и несоблюдение правил эксплуатации водозаборных сооружений [8].

Полностью отсутствует информация о качестве питьевой воды в селах округа, где водоснабжение не организовано, и население самостоятельно доставляет воду (заготавливает лед) с ближайших водоемов.

### **Заключение**

Проведенный анализ информации об условиях проживания, факторах среды обитания и санитарно-эпидемиологическом благополучии населения НАО, содержащейся в государственных докладах, проектной документации и результатах научных исследований, позволил наглядно продемонстрировать множество проблем, касающихся групп населения, проживающих на отдаленных и труднодоступных территориях округа.

В отличие от сравнительно «комфортной» жизни в Нарьян-Маре и п. Искателей, условия проживания в отдаленных сёлах НАО характеризуются транспортной изоляцией, нерегулярностью снабжения жизненно необходимыми товарами, устаревшей жилищной и социальной инфраструктурой, отсутствием централизованного отопления, водоснабжения, водоотведения, сбора и вывоза отходов, ограниченным доступом населения к медицинской помощи, отсутствием адекватных возможностей для образования, детского творчества, культурного развития, досуговой активности, занятий спортом.

Загрязнение атмосферы, почвы и водоемов (в т.ч. источников питьевого водоснабжения) в отдаленных сёлах округа обусловлено соседством жилья и социальных объектов с несанкционированными свалками, местами складирования топлива, котельными, ДЭС и другими техническими объектами.

Осуществление социально-гигиенического мониторинга в НАО затруднено дефицитом кадров, материального обеспечения и финансирования регионального Роспотребнадзора; отсутствует надлежащий контроль объектов среды обитания, страдает охват контролируемых территорий (пре-

жде всего, отдаленных и труднодоступных), регулярность и частота сбора данных; низка содержательность собранных материалов.

Условия проживания и санитарно-эпидемиологическую обстановку на отдаленных и труднодоступных территориях НАО следует характеризовать как неблагоприятные, что обуславливает повышенные риски здоровью населения.

### Список литературы

1. Документы территориального планирования. Департамент строительства, жилищно-коммунального хозяйства, энергетики и транспорта Ненецкого автономного округа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gkh.adm-nao.ru/arhitektura-i-gradostroitelstvo/dokumenty-territorialnogo-planirovaniya/> (дата обращения: 01.11.2021).

2. Ежегодный отчет главы Администрации Заполярного района. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zrno.ru/?id=6419> (дата обращения: 01.11.2021).

3. Закон Ненецкого автономного округа от 24.02.2005 г. № 557-оз «Об административно-территориальном устройстве Ненецкого автономного округа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/802024709> (дата обращения: 01.11.2021).

4. Карпунов А.А., Басова Л.А., Кочорова Л.В., Мартынова Н.А. Применение телемедицинских технологий в Ненецком автономном округе // Экология человека. 2014. № 9. С. 30-34.

5. Карпунов А.А., Кочорова Л.В., Басова Л.А. Роль деятельности санитарной авиации в повышении качества обслуживания больных // Врач-аспирант. 2013. Т. 61. № 6.1. С. 159-165.

6. Национальный состав Ненецкого автономного округа. Департамент внутренней политики НАО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smi.adm-nao.ru/otnosheniya-v-nao/nacionalnyj-mir-neneckogo-avtonomnogo-okruga> (дата обращения: 01.11.2021).

7. О санитарно-эпидемиологической обстановке и защите прав потребителей в Ненецком автономном округе в 2014 году: Государственный доклад. Управление Роспотребнадзора по Ненецкому автономному округу. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://83.rospotrebnadzor.ru/documents> (дата обращения: 01.11.2021).

8. О состоянии и об охране окружающей среды Ненецкого автономного округа в 2019 году: Доклад. Департамент природных ресурсов, экологии и агропромышленного комплекса Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dprea.adm-nao.ru/media/uploads/userfiles> (дата обращения: 01.11.2021).

9. О состоянии оленеводства в Ненецком автономном округе за 2019 год: Доклад. Департамент природных ресурсов, экологии и агропромышленного комплекса Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dprea.adm-nao.ru/media/uploads/userfiles> (дата обращения: 01.11.2021).

10. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2021 года и в среднем за 2020 год. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank> (дата обращения: 01.11.2021).

11. Постановление Губернатора Ненецкого автономного округа от 11 мая 2021 г. № 32-пг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа на 2021-2025 годы». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: : <https://gkh.adm-nao.ru/media/uploads/userfiles> (дата обращения: 01.11.2021).

12. Постановление Собрании депутатов Ненецкого автономного округа от 7 ноября 2019 г. № 256-сд «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Ненецкого автономного округа до 2030 года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: : <https://docs.cntd.ru/document/561620008?section=text> (дата обращения: 01.11.2021).

13. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2021 г. № 996-р «Об утверждении единого плана мероприятий по реализации Основ государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года и Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104200007> (дата обращения: 01.11.2021).

14. Ревич Б.А. Детерминанты общественного здоровья населения в Российской Арктике и на приарктических территориях // Проблемы прогнозирования. 2017. № 1 (160). С. 50-61.

15. Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 01.11.2021).

16. Шелыгин К.В., Сумароков Ю.А., Малявская С.И. Основные демографические тенденции арктической и приарктической зон России // Якутский медицинский журнал. 2019. № 2 (66). С. 70-73. DOI: 10.25789/YMJ.2019.66.21

17. Amstislavski P., Zubov L., Chen H., Ceccato P., Pekel JF., Weedon J. Effects of increase in temperature and open water on transmigration and access to health care by the Nenets reindeer herders in northern Russia. *International Journal of Circumpolar Health*. 2013, 72, 21183. DOI: 10.3402/ijch.v72i0.21183

18. Bourgeois A.C., Zulz T., Bruce M.G., et al. Tuberculosis in the Circumpolar Region, 2006–2012. *The international journal of tuberculosis and lung disease*. 2018, 22(6), pp. 641–648. DOI: 10.5588/ijtld.17.0525

19. Byrd K.K., Holman R.C., Bruce M.G., et al. Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus*-Associated Hospitalizations among the American Indian and Alaska Native Population. *Clinical infectious diseases*. 2009, 49(7), pp. 1009–1015. DOI: 10.1086/605560

20. Dudley J.P., Hoberg E.P., Jenkins E.J., Parkinson A.J. Climate Change in the North American Arctic: A One Health Perspective. *EcoHealth*. 2015, 12(4), pp. 713–725. DOI: 10.1007/s10393-015-1036-1

21. Hennessy T.W., Ritter T., Holman R.C., et al. The relationship between in-home water service and the risk of respiratory tract, skin, and gastrointestinal tract infections among rural Alaska natives. *American journal of public health*. 2008, 98(11), pp. 2072–2078. DOI: 10.2105/AJPH.2007.115618

22. Parkinson A.J., Evengard B., Semenza J.C., et al. Climate change and infectious diseases in the Arctic: establishment of a circumpolar working group. *International journal of circumpolar health*. 2014, 73, 25163. DOI: 10.3402/ijch.v73.25163

**Сведения об авторах:**

*Дударев Алексей Анатольевич*, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alexey.d@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0079-8772>

*Дождиков Алексей Викторович*, младший научный сотрудник; ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: aleksejdozhdikov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7286-7648>

УДК: 613.5:628.85:628:86

*Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Скляр Д.Н.*

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА  
ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ  
МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

**Аннотация.** Изменение климата предъявляет особые требования к обеспечению качества воздушной среды в жилых и общественных зданиях, что предполагает обеспечение в помещениях комфортной тепловой среды, инструментальный контроль которой имеет ведущее значение. Имеющиеся на сегодняшний день методики предъявляют невыполнимые требования к условиям проведения измерений показателей микроклимата на многих территориях Российской Федерации ввиду их климатических особенностей. В работе представлены основные позиции разработанных методических указаний по проведению измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий на различных этапах их эксплуатации.

**Ключевые слова:** изменение климата, температура наружного воздуха, жилые и общественные здания, микроклимат помещений, критерии проведения измерений, измерение показателей микроклимата.

*Kriyt V.E., Sladkova Yu.N., Volchkova O.V., Sklyar D.N.*

## THE MAIN PROBLEMS OF MEASURING THE MICROCLIMATE OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS IN A CHANGING CLIMATE

**Abstract.** Climate change imposes special requirements for ensuring the quality of the air environment in residential and public buildings, which implies providing a comfortable thermal environment in the premises, the instrumental control of which is of leading importance. Currently available methods impose unfeasible requirements for the conditions for measuring microclimate indicators in many territories of the Russian Federation due to their climatic features. The paper presents the main positions of the developed guidelines for measuring microclimate indicators in residential and public buildings at various stages of their operation.

**Keywords:** climate change, outdoor air temperature, residential and public buildings, indoor microclimate, measurement criteria, measurement of microclimate indicators.

### Введение

Изменение климата является неоспоримым фактом. Однако данные о масштабе проблемы весьма противоречивы. По данным, опубликованным в 2010 г. Европейским бюро Всемирной организации здравоохранения, в глобальном масштабе средняя приземная температура за последние 100 лет повысилась примерно на  $0,74^{\circ}\text{C}$ , в зависимости от выбранного сценария прогнозируемое в масштабах Европы повышение температуры в период с конца XX до конца XXI столетия составит от  $2,3^{\circ}\text{C}$  до  $6^{\circ}\text{C}$ <sup>1</sup>.

В 2014 году в Обобщающем докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)<sup>2</sup> были представлены данные о повышении температуры за период с 1880 г. по 2012 г. на  $0,85^{\circ}\text{C}$  ( $0,65$ - $1,06^{\circ}\text{C}$ ), причем отмечалось, что каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием.

В 2015 г. в рамках Парижского соглашения по климату было принято решение об удержании прироста средней температуры ниже  $2^{\circ}\text{C}$  сверх доиндустриального уровня и необходимости приложения усилий в целях ограничения роста до  $1,5^{\circ}\text{C}$  (ст. 2а).

В 2021 году в I части Шестого оценочного доклада МГЭИК была представлена информация о влиянии деятельности человека на окружающую среду с прогнозами об изменении климата в дальнейшем. В последнее десятилетие средняя температура на Земле была на  $1,09$  градуса выше, чем

---

<sup>1</sup> Европейское региональное бюро ВОЗ, Фактологический бюллетень, Копенгаген и Парма, 12 марта 2010 г. «Влияние изменения климата на здоровье населения: убедительные факты».

<sup>2</sup> МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 стр.



во второй половине XIX века (1850-1900 гг.), и человек прямо ответствен за долю в 1,07 градуса (0,8-1,3<sup>0</sup>С). Для оценки будущих показателей эксперты рассматривали пять сценариев, из которых только два позволят сдержать увеличение температуры в пределах диапазона, заданного Парижским соглашением. При худшем из пяти сценариев повышение средней температуры к 2100 году составит 4,4<sup>0</sup>С в сравнении с уровнем второй половины XIX века.

Изменение климата воздействует на население прямым образом, через сдвиги типовых погодных характеристик, и опосредованно – вследствие изменения водной среды, атмосферы, качества и количества пищевых продуктов, состояния экосистем, сельского хозяйства, источников доходов населения и инфраструктуры; прогнозировалось, что в странах ЕС, по оценочным данным, каждое повышение температуры воздуха на один градус вызовет рост смертности на 1-4%<sup>3</sup>.

Одним из путей приспособления к климатическим изменениям является планирование городов и поселений, а также улучшение качества жилья, одной из составляющей которого является обеспечение качества воздушной среды помещений, на которую, в свою очередь, помимо воздействия внешней среды, влияет много других факторов: и размеры помещения, и характеристики строительных материалов, и расположение помещений, и работа систем жизнеобеспечения зданий, и др. [1-6]. Причем в условиях многоэтажной застройки увеличивается число негативных факторов на единицу площади и возрастает их влияние на здоровье [7]. Также необходимо отметить, что качество воздушной среды помещений определяется не только соблюдением нормативов загрязняющих веществ в воздухе закрытых (замкнутых) помещений, но и обеспечением комфортной тепловой среды [8-11], инструментальный контроль которой имеет ведущее значение.

Однако, существующие на сегодняшний день методики измерения показателей микроклимата предъявляют практически невыполнимые на многих территориях Российской Федерации ввиду их климатических особенностей требования к условиям проведения измерений показателей микроклимата [12-14], что приводит к необходимости разработки и обоснования требований к организации инструментального контроля, порядку и условиям проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий, позволяющих проводить измерения на различных этапах их эксплуатации с учетом климатических особенностей регионов РФ.

### **Материалы и методы**

В ходе выполнения данной работы был проведен анализ действующих методических документов, регламентирующих требования к проведению измерений параметров микроклимата, собрана и систематизирована информация из литературных источников по данному вопросу, проанализи-

---

<sup>3</sup> Европейское бюро ВОЗ, Цифры и факты, Копенгаген, 4 апреля 2008 г. «Принятие мер по защите здоровья населения Европы от изменений климата».

рованы и обобщены основные проблемы, возникающие у специалистов при проведении измерений и оценке лабораторно-инструментальных исследований микроклимата. Дополнительно были рассмотрены вопросы, предложенные для обсуждения на совещаниях «Вопросы организации деятельности лабораторий по контролю за физическими факторами ионизирующей и неионизирующей природы ФБУЗ – центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора» в 2018-2020 гг.

С целью уточнения мест проведения измерений на прилегающей к обследуемому объекту территории были выполнены измерения температуры наружного воздуха на 5 объектах. Измерения проводились с применением прибора «Метеоскоп-М» (Госреестр СИ 32014-11) – универсального измерителя параметров микроклимата для проведения комплексного мониторинга среды в жилых и производственных помещениях и на открытой территории. Подготовка прибора к проведению измерений и прямые измерения температуры наружного воздуха проводились в соответствии с Руководством по эксплуатации средства измерения (СИ). При проведении измерений для установления теплового равновесия с окружающей СИ выдерживалось в измененных условиях не менее 20 минут. Для получения устойчивых значений температуры наружного воздуха в каждой точке контроля измерения проводились в течение 10 минут. Измерения проводились в режиме усреднения результатов текущих значений температуры наружного воздуха за выбранный интервал времени.

### **Результаты и обсуждение**

Независимо от природных метеорологических условий системы отопления и вентиляции должны обеспечивать оптимальные или допустимые условия микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий, допустимые условия – на рабочих местах в производственных и общественных зданиях, а также необходимое качество воздуха в помещениях.

Действующие на протяжении 10 лет методики измерения показателей микроклимата в производственных помещениях, а также в помещениях жилых и общественных зданий<sup>4</sup> во многом не соответствуют изменившейся нормативной базе, не отражают в полной мере все этапы измерений, имеют противоречия и неточности, что приводит к ошибкам при проведении измерений и оценке полученных результатов [12]. В настоящее время не требует актуализации только методика измерений показателей микроклимата для целей специальной оценки условий труда<sup>5</sup>.

Необходимость разработки первых методических указаний по измерению параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий не вызывает сомнений, т.к. в настоящее время практически единственным

---

<sup>4</sup> МУК 4.3.2756-10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений», ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

<sup>5</sup> МИ М.ИНТ-01.01-2018 «Методика измерений показателей микроклимата для целей специальной оценки условий труда».

методическим документом в области микроклимата, включенным в область аккредитации Испытательных лабораторных центров (Испытательных лабораторий), является ГОСТ 30494-2011<sup>6</sup>, введенный в действие с 01.01.2013 г. взамен ГОСТ 30494-96 с аналогичным названием. Имеется также методика измерений МИ М.08-2021<sup>7</sup>, аттестованная 07.05.2021 года, которая базируется на прямых однократных измерениях, но отсутствует в открытом доступе и недоступна для ознакомления.

Значимость работы подтверждается результатами анализа структуры исследований физических факторов неионизирующей природы, в которой доля исследований микроклимата составляет более половины всех проведенных измерений: в 2018 году – 45,3%, в 2019 году – 51,5%, в 2020 году – 50,9 %<sup>8</sup>.

До выхода ГОСТ 30494-2011 измерения показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий проводились в соответствии с Руководствами по эксплуатации СИ. Данный государственный стандарт установил требования к организации контроля и методам измерения показателей микроклимата, и явился первым документом, который позволил проводить измерения и оценивать микроклимат практически в любом жилом и общественном здании [15].

Однако, в документе имеется ряд противоречий и недоработок, что приводит к возникновению вопросов при проведении измерений и, как следствие, к неоднозначной трактовке полученных результатов. Необходимо отметить, что в Проекте изменений к стандарту, публичное обсуждение которого проходило в 2021 году, большинство этих противоречий устранено.

Одной из ведущих проблем, нерешенной в настоящее время, является практически невыполнимое на многих территориях ввиду их климатических особенностей требование к условиям проведения измерений показателей микроклимата. Так, требование к проведению измерений показателей микроклимата в холодный период года при температуре наружного воздуха не выше «минус 5<sup>0</sup>С» невыполнимо во многих южных регионах России, а в регионах, где в связи с меняющимся климатом выпадает только несколько дней с требуемыми для проведения измерений метеопараметрами, недостаточно специалистов и СИ для проведения измерений в необходимом объеме. Если в рамках производственного контроля, который проводится один раз в год, данные требования в той или иной

<sup>6</sup> ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

<sup>7</sup> МИ М.08-2021 «Методика измерений показателей микроклимата на рабочих местах в помещениях (сооружениях, кабинах), в помещениях жилых зданий (в том числе зданий общежитий), помещениях общественных, административных и бытовых зданий (сооружений), помещениях специального подвижного состава железнодорожного транспорта и метрополитена, в системах вентиляции промышленных, общественных и жилых зданий (сооружений), на открытом воздухе».

<sup>8</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году».

мере выполнимы, то при вводе объектов законченного строительства в эксплуатацию это неприемлемо и препятствует реализации национального проекта<sup>9</sup> в сфере жилья и городской среды [12].

Изменение средней температуры наиболее холодного месяца года (январь) в динамике можно проследить по строительным нормам и правилам за период с 1962 по 2020 годы на примере двух городов (табл. 1).

Таблица 1 – Температура наружного воздуха в наиболее холодный месяц года, °С

Город	Строительные нормы и правила				
	СНиП II-A.6-62	СНиП II-A.6-72, СНиП 2.01.01-82	СНиП 23-01-99*	СП 131.13330.2012, СП 131.13330.2018	СП 131.13330.2020
Санкт-Петербург (Ленинград)	- 7,9 (февраль) (-7,5 январь)	- 7,9 (февраль) (-7,7 январь)	-7,8 (январь)	-6,6 (январь)	-6,5 (январь)
Ростов-на-Дону, Адм. центр ЮФО	-6,3 (январь)	-5,7 (январь)	-5,7 (январь)	-3,8 (январь)	-3,8 (январь)

В рамках проведения научно-исследовательской работы «Разработка и научное обоснование методов гигиенической оценки параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий с учетом климатических районов», проводимой на основании Отраслевой научно-исследовательской программы на 2021-2025 гг. «Научное обоснование мероприятий по развитию национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения России», а также в соответствии с Планом разработки (пересмотра) методических документов в 2021 г., утвержденным Приказом Роспотребнадзора от 31.12.2020 г. № 899, в 2021 году специалистами ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» был разработан Проект методических указаний «Методика проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий», в котором сохранены общие подходы к гигиенической оценке тепловой обстановки в помещениях, сформулированные В.Н. Богословским [16], и нивелированы имеющиеся в нормативно-методических документах противоречия и неточности.

Из всех поставленных задач можно выделить две основные:

- Разработать и обосновать требования к условиям проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий на различных этапах их эксплуатации;
- Разработать и обосновать требования к организации, порядку и условиям проведения измерений температуры наружного воздуха.

Особое внимание в документе уделено требованиям к проведению

<sup>9</sup> Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

измерений при рассмотрении обращений населения в Роспотребнадзор с жалобами на неблагоприятный микроклимат, обусловленными, в основном, жалобами на температурный режим в квартирах. Приоритетность данных требований была определена результатами анализа жалоб населения на условия проживания: доля жалоб на неблагоприятный микроклимат в структуре жалоб населения на условия проживания составляла в 2018 году 15% (2 место после жалоб на шум (58%)), в 2019 году – 11,4% (3 место после жалоб на шум (66,8%) и ЭМП (13,0%)), в 2020 году – 9,2% (3 место после жалоб на шум (62%) и ЭМП (17,5%))<sup>10</sup>.

Проект методики базируется на методах прямых измерений, внесенных в эксплуатационную документацию на применяемые СИ, и имеет классическую структуру, отвечающую современным требованиям к нормативно-методическим документам.

Представленный в методике объем контроля позволяет выявить в здании помещения, в которых могут быть несоответствия параметров микроклимата нормативным требованиям, а также оценить значения в типичных помещениях:

- по функциональному назначению,
- по площади, включая комнаты (помещения) наибольшей площади,
- по месту расположения, включая помещения на первом и последнем этажах, угловые комнаты (помещения),
- по времени пребывания людей в помещениях (наибольшую долю среди обследованных помещений должны составлять помещения с постоянным пребыванием людей).

Для решения вопроса о предъявлении приемлемых для всех регионов требований к проведению измерений в зависимости от температуры наружного воздуха в проекте методики предлагается проведение измерений на этапе ввода объектов в эксплуатацию при характерных для территории размещения обследуемого объекта температурах наружного воздуха в холодный и теплый периоды года.

Так, например, в соответствии с проектом методики, в холодный период года верхняя граница температуры наружного воздуха, определяющая возможность проведения измерений, не должна более чем на 5°C превышать среднюю температуру наиболее холодного месяца зимы, характерную для данной территории, а нижняя граница температуры наружного воздуха, при которой будет возможно проведение измерений, не ограничивается.

Данный подход позволит в несколько раз увеличить количество дней в анализируемый период года, в которые возможно будет проведение измерений микроклимата. Так, в Санкт-Петербурге в 2015 году за три наиболее холодных месяца года (декабрь, январь, февраль) было 16 дней с температурой наружного воздуха минус 5°C (и менее), в 2020 году –

---

<sup>10</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году».

только 6 дней. При реализации предложенного в методических указаниях подхода, количество дней, в которые можно было бы проводить измерения в 2020 году, составляло бы 27 дней.

При проведении производственного контроля в залах ванн закрытых плавательных бассейнов, бассейнов аквапарков, а также при рассмотрении обращений граждан с жалобами на неблагоприятный микроклимат в холодный или теплый периоды года, в соответствии с проектом методики, измерение его показателей будет возможно проводить независимо от температуры наружного воздуха.

Дополнительно представлены источники получения официальной информации о температуре наружного воздуха, средней максимальной температуре воздуха (°C) наиболее жаркого месяца (июля) и средней температуре воздуха (°C) наиболее холодного месяца (января).

В ходе работы были изучены и учтены существующие подходы к измерению температуры наружного воздуха, разработаны требования к организации, порядку и условиям проведения измерений непосредственно на прилегающей к обследуемому объекту территории, к обоснованию выбора площадок для проведения измерений на территории с высокой плотностью застройки, исключая влияние здания и покрытий на результаты измерений.

Для подтверждения правильности выбора точек и предлагаемых условий проведения измерений проведены измерения температуры наружного воздуха, в т.ч. в наиболее сложный для проведения исследований холодный период года, с учетом комплекса критериев (табл. 2).

Таблица 2 – Критерии, влияющие на результат измерений температуры наружного воздуха

<i>№ критерия</i>	<i>Описание критерия</i>	<i>№ критерия</i>	<i>Описание критерия</i>
1	Высота проведения измерений – 1 м от уровня земли	6	Расстояние от обследуемого здания до места измерения – 5 м
2	Высота проведения измерений – 1,5 м от уровня земли	7	Расстояние от обследуемого здания до места измерения – 10 м
3	Высота проведения измерений – 2,0 м от уровня земли	8	Расстояние от обследуемого здания до места измерения соответствует высоте здания
4	Подветренная сторона	9	Тип покрытия – грунт
5	Наветренная сторона	10	Тип покрытия – мощение

По результатам проведенных на обследуемых объектах измерений было установлено, что расстояние между местом измерения и обследуемым зданием, а также между местом измерения и близлежащими зданиями должно быть не менее одной высоты соответствующего здания. При невозможности выполнения данного условия на территории с высокой плотностью застройки расстояние между местом измерения и обследуемым зданием может быть



сокращено до максимально возможного в сложившейся ситуации, но не менее чем до 10 м. Измерения должны проводиться на открытой территории с подветренной стороны здания на высоте 2,0 м над поверхностью земли. При выборе площадки для проведения измерений предпочтение следует отдавать не замощенным участкам прилегающей к зданию территории.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

Изменение климата предъявляет особые требования к обеспечению качества воздушной среды в жилых и общественных зданиях, что предполагает обеспечение в помещениях комфортной тепловой среды, инструментальный контроль которой имеет ведущее значение.

Имеющиеся на сегодняшний день методики измерения показателей микроклимата предъявляют невыполнимые на многих территориях Российской Федерации ввиду их климатических особенностей требования к условиям проведения измерений.

Внедрение в практику разработанных методических указаний по проведению измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий, предъявляющих приемлемые для всех регионов требования к проведению измерений в зависимости от температуры наружного воздуха, является необходимой и крайне актуальной задачей.

### Список литературы

1. Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Бадаева Е.А., Смирнов В.В., Зарицкая Е.В. К вопросу о гигиенических требованиях к качеству воздуха закрытых помещений на объектах жилищного строительства на стадии ввода в эксплуатацию. Гигиена и санитария. 2019; 98(6): 608-612. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-608-612>.
2. Петренко А.О., Петренко В.О., Цуканов А.А. Автоматизированная система оперативного управления отоплением и кондиционированием зданий. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016; 8(221): 52-58.
3. Осипов С.Н., Захаренко А.В., Широкова Е.М. Об энергоэффективности кондиционирования воздуха в помещении. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2019; 62(4): 325-340.
4. Губернский Ю.Д., Гурина И.В., Шилькрот Е.О. Качество воздуха и энергоэффективность систем вентиляции общественных зданий. Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2011; 1: 22-32.
5. Костенко В.А. Европейские, американские и российские нормативные требования к вентиляции и кондиционированию. Техника. Технологии. Инженерия. 2017; 2: 6-10.
6. Удовиченко З.В., Савич Д.В., Михайская О.В. Оценка и определение комфортности микроклимата жилых и общественных зданий. Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019; 5(139): 40-46.

7. Зарипова Л.Р., Иванов А.В., Тафеева Е.А. Внутрижилищная среда и здоровье населения. Современные проблемы науки и образования. 2015; 5: 161.
8. Серeda С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещения. Международный научно-исследовательский журнал. 2021; 5-1(107): 93-98. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.107.5.015>
9. Лобанов Д.В., Исаева Е.С., Лобанова Е.А., Миляева А.В. Экспериментальное обоснование возможности создания комфортной воздушной среды с применением воздухоочистителей. Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019; 4(11): 60-66.
10. Олексюк А.А., Плужник А.В., Кляус Б.В. Анализ устройств, измеряющих параметры микроклимата в помещениях с периодическим отоплением. Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Выпуск 2020-5(145) Инженерные системы и техногенная безопасность: 53-58.
11. Просвирина И.С. Исследование температурных полей учебного помещения. Вестник Череповецкого государственного университета. 2016; 3: 21-24.
12. Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В. Основные проблемы проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий и пути их решения. Медицина труда и промышленная экология. 2021; 61(5): 334-339. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-334-339>.
13. Позин С.Г. О некоторых мерах по совершенствованию требований к измерению параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях, организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов. Военная медицина. 2010; 3(16): 60-64.
14. Позин С.Г. Проблемы гигиенического нормирования измерения микроклимата и устройства тепловых пунктов в жилых зданиях. Здоровье и окружающая среда. 2011; 17: 40-43.
15. Малявина Е.Г. Новый ГОСТ на параметры микроклимата жилых и общественных зданий. Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 1999; 5: 5-12.
16. Малявина Е.Г. Теплотери здания: справочное пособие. М.: АВОК-ПРЕСС. 2007: 144 с.

#### **Сведения об авторах:**

**Крийт Владимир Евгеньевич**, кандидат химических наук, руководитель отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [kriyt@s-znc.ru](mailto:kriyt@s-znc.ru), 8-921-779-93-29

**Сладкова Юлия Николаевна**, старший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [Sladkova.julia@list.ru](mailto:Sladkova.julia@list.ru)

**Волчкова Ольга Валентиновна**, научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [4291907@gmail.com](mailto:4291907@gmail.com)

**Скляр Дмитрий Николаевич**, младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [d.sklyar@s-znc.ru](mailto:d.sklyar@s-znc.ru)

УДК: 377.3 502.51,501.51, 631. 147, 619

Б 63

Кулырова А.В.

**ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НИЖНЕГО БОЛЬШОГО  
СУЗДАЛЬСКОГО ОЗЕРА И РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА  
ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕГО ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ  
(Выборгский район, г. Санкт-Петербург)**

**Аннотация.** Мегалополисы с развитием промышленности и увеличением численности населения столкнулись со множеством экологических проблем и в том числе с проблемой отдыха выходного дня «суббота-воскресенье», особенно в теплое время года, когда организм человека требует отдыха, связанного с купанием. Поэтому для администрации городов и других населенных пунктов должно стать особо актуальной задачей развитие рекреационных зон вблизи больших и малых населенных пунктов.

Цель *работы*: провести эколого-рекреационную оценку современного экологического состояния Нижнего Большого Суздальского озера и разработка проекта по повышению его туристической привлекательности. Нижнее Большое Суздальское озеро относится к одним из незаслуженно забытых в рекреационном отношении водоемов, почти к заброшенным в настоящее время и давно потерянным для города Санкт-Петербург из-за клейма «загрязнено» (без уточнения – чем?).

Исследования геоэкологии и поиски исторических сведений о Суздальских озерах в архивах г. Санкт-Петербурга показали, что геоэкология местности вокруг данных озер имеет уникальные природно-ландшафтные комплексы, а поиски в архивах наличие историко-архитектурных сведений достаточные для широкого развития активного природно-туристического и историческо-познавательного направления туристического вида отдыха этой местности.

Результаты полевых и лабораторных исследований пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера показали соответствие СанПиНу 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», за исключением бензапирена, ионов общего железа и марганца, которые превышают ПДК. Эти вещества относятся к вторичным загрязнителям водоема антропогенного характера и их можно исключить, организовав на регулярной основе очистку дна озера от донных осадков, построив шумо-грязезащитные экраны со стороны дорог и системы бетонных траншей для регулирования ливневых стоков.

Эколого-рекреационная оценка геоэкологии Нижнего Большого Суздальского озера показала наличие природно-рекреационного потенциала пригодного для создания крупной зоны отдыха в черте г. Санкт-Петербург как для активного спортивно-оздоровительного, так и для пассивно-пляжного направления.

Поэтому для максимального раскрытия рекреационного потенциала Суздальских озер необходимо создать в прибрежной зоне современную инфраструктуру, для этого должны быть построены променады с кафе и зонами пассивного отдыха, площадки детские и спортивные, дорожки велосипедные и пешие, туристические тропы пешие и конные, благоустроенные души и кабинки для переодевания. Также организовать все виды отдыха пляжного и связанные с водой, открыть школы, спортивные и специальные клубы по обучению конному, пешему и водному туризму, летнему и зимнему плаванию, и т.д.

**Ключевые слова:** современное состояние, рекреационная зона, Нижнее Большое Суздальское озеро, оценка геоэкологии, архивные материалы, физико-

химические, органолептические, ветеринарно-микробиологические, химические, органические поллютанты, шумо- грязезащитные экраны, детские площадки, благоустроенные песчаные пляжи, спорт и купальные зоны.

*Kulirova A. V.*

## ECOLOGICAL AND RECREATIONAL ASSESSMENT OF THE CURRENT ECOLOGICAL STATE OF LAKE NIZHNIY BOLSHOI SUZDALSKOYE AND THE DEVELOPMENT OF THE PROJECT TO INCREASE ITS TOURIST ATTRACTIVENESS

**Abstract.** Megacities with the development of industry and population increase have faced many environmental problems, including the problem of weekend leisure time “Saturday-Sunday”, especially in the warm season, when the human body requires rest which is associated with swimming. Therefore, for the administration of cities and other settlements, the development of recreational zones near large and small settlements should become a priority.

Purpose of the work: to conduct an ecological and recreational assessment of the current ecological state of Lake Nizhneye Bolshoye Suzdalskoye (the Lower Big Suzdal Lake) and develop a project to increase its tourist attractiveness.

Lake Nizhneye Bolshoye Suzdalskoye belongs to one of the undeservedly forgotten water bodies in recreational terms, almost abandoned at the present time and long lost for the city of St. Petersburg because of the stigma “polluted” (without specifying – with what?). Studies of the geoecosystem and searches for historical information about the Suzdal Lakes in the archives of St. Petersburg showed that the geoecosystem of the area around these lakes has unique natural landscape complexes, as well as sufficient historical and architectural information for the broad development of active nature and historical recreational tourism in this area.

The results of field and laboratory studies of the water sample of Lake Nizhneye Bolshoye Suzdalskoye showed compliance with SanPiN 2.1.5.980-00 “Hygienic requirements for the protection of surface waters”, with the exception of benzopyrene, total iron and manganese ions, which exceed TLV. These substances are classified as secondary pollutants of the water body of an anthropogenic nature and they can be eliminated by cleaning the lake bottom from bottom sediments on a regular basis, installing noise and mud protection screens on the side of the roads and building a system of concrete trenches to adjust stormwater runoff.

The ecological and recreational assessment of the geoecosystem of Lake Nizhneye Bolshoye Suzdalskoye showed the presence of natural and recreational potential to build a large recreation area within the city of St. Petersburg for active sports and health, as well as passive beach vacation.

Therefore, in order to maximize the recreational potential of the Suzdal Lakes, it is necessary to create a modern infrastructure in the coastal zone, i.e. promenades with cafes and passive rest areas, playgrounds for children and sports, bicycle and hiking trails, hiking and horse trails, comfortable showers and cabins for dressing up. Also, all types of beach and water-related recreation, open schools, sports and special clubs for training equestrian, hiking and water tourism, summer and winter swimming, etc. to be organized.

**Keywords:** the current state, recreational area, Lake Nizhneye Bolshoye Suzdalskoye (the Lower Big Suzdal Lake), assessment of geoecosystem, archive materials, physico-chemical, organoleptic, veterinary-microbiological, chemical, organic pollutants, noise-mud-protective screens, playgrounds, comfortable sandy beaches, sports and swimming areas.

**Актуальность.** С развитием промышленности и увеличением численности населения крупные города столкнулись с множеством экологических проблем и в том числе с проблемой отдыха выходного дня «суббота-воскресенье». Особенно в теплое время года, когда организм человека требует отдыха, связанного с купанием. Поэтому развитие рекреационных зон вблизи больших и малых населенных пунктов является особо актуальной задачей для поддержания здоровья нации, как в психологическом, так и физическом аспекте.

В настоящее время, многие агентства для того, чтобы заработать деньги на отдыхающих входят в сговор как с отечественными, так и зарубежными агентствами, владеющими бизнесом в области туризма и отдыха населения. И уже более 30- лет они методично проводят полномасштабные работы по переориентации, меценатов, крупных спонсоров, малого бизнеса на вложение денег для развития дорогих Российских курортных зон и отдых «в чистых и высоко экологичных» зарубежных курортах, где стоят их отели и другие объекты. Для этого проводятся полномасштабные работы через интернет-услуги, прессу, телевидение, научные журналы, медицинские учреждения и государственные чиновничьи структуры, заказывают и выкладывают около научные статьи с утверждением о тотальной загрязненности окружающей среды и особенно водоемов. Запугивают населения рассказами о вреде купания в озерах и реках, расположенных в рекреационных зонах вблизи российских населенных пунктов. Затем широко рекламируют и рекомендуют пассивный отдых в основном дорогих отечественных или зарубежных курортах, но при этом они забывают упомянуть, что все ими рекомендованные места отдыха также находятся или вблизи или внутри мегаполисов или населенных пунктов. Соответственно, экологическая чистота этих курортных зон также под большим сомнением, разница между дорогими и традиционным видами отдыха состоит в сервисе, поэтому не надо путать сервис с экологическим состоянием природных объектов.

Широкая активность этих агентств обесценивает рекреационную значимость многих местных природно-уникальных комплексов как природно-ландшафтного, так и историко-архитектурного характера, что совершенно не способствует развитию туристического сервиса и отдыха внутри страны. Тем временем многомиллиардное количество денежных средств населения России, направленных на отдых и поправку здоровья, в основном, утекают на поддержание зарубежных курортов. Тогда как многие российские водоемы и природно-уникальные комплексы просто заброшены, не проводятся мероприятия по их очистке и благоустройству. Многие рекреационные зоны и курорты России из-за отсутствия вливаний денег стоят заброшенные, не благоустроенные, изношенные и обветшавшие здания и номера, соответственно, это сказывается на уровне сервиса и стали менее востребованы на данном рынке.

К одним из таких водоемов незаслуженно забытым в рекреационном отношении, почти заброшенным и давно потерянным для города Санкт-Петербург оказалось Нижнее Большое Суздальское озеро с клеймом загрязнено (без уточнения – чем?). Соответственно, мониторинговые исследование экологического состояния рекреационных зон и водоемов для выявления степени и установления факторов загрязнения относятся к актуальным экологическим задачам администраций городов и населенных пунктов.

**Цель работы:** провести эколого-рекреационную оценку современного экологического состояния Нижнего Большого Суздальского озера и разработать проект по повышению его туристической привлекательности

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести поиски исторических сведений о Суздальских озерах в архивах г. Санкт-Петербурга;
2. провести полевые морфометрические и лабораторные исследования пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера;
3. провести эколого-рекреационную оценку геосистемы Нижнего Большого Суздальского озера.

**Объект исследования:** Нижнее Большое Суздальское озеро. Суздальские озера расположены в координатах 60°03'20"N 30°17'58.6"E в северной части Выборгского района г. Санкт-Петербурга.

**Материалы исследования:** пробы воды, морфометрические показатели, архивные материалы.

**Методы исследования:** Исследования были проведены в период 2015 по 2019гг. Собственные исследования были проведены на базах аналитических учебно-научно-исследовательских лабораторий кафедры биологии, экологии и гистологии СПбГАВМ и лаборатории биотехнологии ЛГУ им. А.С. Пушкина. Контрольные исследования были проведены на базе аккредитованной лаборатории центра экоаналитических услуг «Опыт».

Собственные исследования проводились по общеизвестным методикам в 3-5 повторностях [12-25]. При исследовании были использованы следующие виды оборудования: спектрофотометр ПЭ-5400УФ, рН-метр, атомно-абсорбционный спектрометр «Квант-2АТ», весы лабораторные РА214С и др. приборы согласно вышеперечисленным стандартизированным методикам.

**Результаты исследования и обсуждение.** По материалам государственного водного реестра Суздальские озера относятся к Балтийскому бассейновому округу, речному бассейну и подбассейну реки Невы, бассейну рек Ладожского озера, водохозяйственному участку рек и озер бассейна Финского залива от северной границы бассейна р. Невы до границы РФ с Финляндией [1,2, 11].

В картографическом сервисе «Водные объекты Санкт-Петербурга» записаны, что Суздальские озера имеют ледниковое происхождение и



вытянутую конфигурацию различного размера в массивных естественных впадинах, которые остались после движения и таяния ледника [11].

Поиски в архивах г. Санкт-Петербурга исторических сведений о Суздальских озерах и изучение архивных материалов историко-военной хроники 13 века (или упоминаний), показали, что эти озера ранее имели единое название Паркола и местность вокруг озера была окружена густым лесом. Само озеро Паркола состояло из трех различных водоемов, вытянутых с севера на юг имеющих значительные расширения в центре, соединённых перешейком и узким каналом. Именно этим расширениям позже были даны названия Верхнее, Среднее и Нижнее большое [2, 8].

Озеро Паркола и земли вокруг него в 18 веке было подарено дочери Елизавете императором России Петром I, которая в 1746 г пожаловала их графу А.В. Шувалову. Он в целях освоения местности вокруг озера Парколы с 1747 по 1749 гг провел массовое переселение на эти земли своих подданных с Суздальского уезда Владимирской губернии. Впоследствии вынужденные переселенцы, т.е. поданные графа А.В. Шувалова в честь своей малой Родины, переименовали озеро Парколу в Суздальское и местность вокруг озера окрестили Суздальской слободой. Потомки графа А.В. Шувалова продали эти земли, позже вокруг Суздальских озер началась активная стройка с 1850 г – дачные поселки и 1867 по 1870 гг – строительство финской железной дороги [2,7,11]. Клуб по слалому на Суздальских озерах создали при СССР и первые тренировки были начаты с 1960 годов, а местность вокруг этих озер стали называть Озерками. Суздальские озера и территорию вокруг него отнесли в 1990 г к уникальным природным комплексам г. Санкт-Петербурга, а в 1991 г их переименовали в «Природно-ландшафтный и архитектурно-планировочный дачный комплекс Озерки-Шувалово XVIII-XX веков» и 2001 г. присвоили статус «Памятника природы» [1,2,7-11].

Итак, архивные исследования показали, что Суздальские озера ранее имели единое название Паркола, а нынешнее название они получили от переселенцев из Суздальского уезда. Паркола озеро изначально имело вытянутую с севера на юг конфигурацию со значительными расширениями соединенных между собой перешейками и каналами.

В полевых условиях были проведены исследования органолептических показателей воды и морфометрические исследования параметров Суздальских озер.

Морфометрические исследования показали, что в настоящее время данные озера состоят из трех водоемов Верхнего, Среднего и Большого Нижнего. Суздальские озера протянулись в виде цепочки от пос. Парголово до Поклонной горы, при этом Верхнее соединено притокой со Средним, а Нижнее Большое соединено перешейком с южной стороны со Средним озером. Эти озера имеют одинаковые размеры водозащитной зоны шириной до 100 м и полос: прибрежно-защитных до 50 м и береговых до 20 м, но разные показатели морфометрических параметров. Показатели морфометрических параметров исследуемых водоемов составляют:

- Верхнего Суздальского озера (расположенное севернее Поклонной горы): глубина воды до 3 м, водное зеркало длиной до 60 м и шириной до 450 м, имеются пляжи;

- Среднее Суздальское озеро: глубина воды до 5 м, водное зеркало длиной до 400 м и шириной до 250 м, имеются пляжи;

- Нижнее Большое Суздальское озеро: длину – до 2 км, ширину – от 0,35 до 0,665 км, площадь водного зеркала – 0,676 км<sup>2</sup>, длина водного зеркала – до 1,908 км, длина береговой линии – 4,94 км, глубину воды – до 5-6 м и прозрачность воды – от 0,25 до 0,5 м. Берега озера с южной и восточной части – возвышенные и сухие, западной стороны – более пологие, северной стороны – низкие и местами заболоченные. На юго –восточном берегу расположено Шуваловское кладбище и отсутствуют пляжи. Источниками питания для Нижнего Большого Суздальского озера являются поверхностные атмосферные стоки, несколько небольших ручьев, родники (расположенные в основном с северной стороны), и река Старожиловка, а с западной стороны вытекает река Каменка. Кроме того, Суздальские озера активно используется жителями г. Санкт-Петербург в качестве места для отдыха, при этом до сих пор берега озер не оборудованы для отдыха населения и очень засорены бытовым мусором в связи с малым количеством мусорных баков.

На Нижнем Большом Суздальском озере было проведено исследование на наличие нефтепродуктов в воде, в 5 станциях (точках) при этом:

- станция 1 – район стока в озеро реки Старожиловка;
- станция 3 – район стока в озеро не больших стихийных ручьев;
- станция 4 – район реки Каменки;
- станции 2 и 5 – районы, расположенные вдалеке от стоков.

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований на наличие нефтепродуктов в воде Нижнего Большого Суздальского озера

№ станций	Внешний вид нефтяной пленки на поверхности воды водоема	Количество нефтепродуктов		
		л/га	баллы	ПДК- контроль
1	Отдельные пятна и серые пленки на поверхности воды	0,37 – 0,7	2	Отсутствие пленок и пятен (16балл)
2	Отсутствие пленок и пятен	0	1	
3	Пятна, ирридирующие (радужные) пленки нефти на поверхности воды	1,45 – 2,94	3	
4	Отдельные пятна и серые пленки на поверхности воды	0,37 – 0,7	2	
5	Отсутствие пленок и пятен	0	1	

Из таблицы видно, содержание в водах озера примерного количества нефтепродуктов по станциям:

- на первой и четвертой станции – варьируется от 0,37 до 0,7 л/га в виде

отдельных нефтяных пятен и серых пленок нефти на поверхности воды, загрязнение соответствует 2 баллам;

- на второй и пятой станции – нефтяные пленки и пятна не были обнаружены, т.е. загрязнение отсутствует- 1 балл;
- на третьей станции – варьировались от 1,45 до 2,94 л/га в виде пятен нефти и ирридирующих (радужных) нефтяной пленки на поверхности воды, загрязнение соответствует 3 баллам.

Наличие нефтепродуктов на поверхностных водах Нижнего Большого Суздальского озера, в количестве превышающих ПДК (1 балл), на 3-х станция (2-3 балла) расположенных вблизи стоков рек и ручьев свидетельствует о локальном антропогенном характере загрязнения. Потому как точки загрязнения обнаружены рядом со стихийными стоками и реками (Старожиловка и Каменка), соответственно, именно через эти природные объекты загрязнители в виде нефтепродуктов и их отходов попадают в исследуемое озеро. В свою очередь в реки, речушки и стихийные водные стоки нефтепродуктовых загрязнений попадают в связи с халатными отношениями к своей продукции АЗС, автомобилистов и т.д.

Итак, полевые исследования морфометрических параметров Суздальских озер в сравнительном аспекте с историческими данными, показали сохранность конфигурации озер без изменений до настоящего времени с 13 века, т.е. вытянутость озер севера на юг с несколькими значительными расширениями в центре и соединенных между собой перешейками и каналами. Кроме того, было установлено наличие нефтепродуктов в поверхностных водах исследуемого озера до 3 баллов по 5–ти бальной системе оценки и данные загрязнения в основном поступают со стоками, питающими данный водоем.

Исследования органолептических параметров пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера в полевых условиях показали следующие результаты:

- запах 0 баллов – запах не ощущался, что соответствует нормам ПДК;
- цвет воды – желтоватого цвета, который обусловлен присутствием гуминовых и фульвовых кислот.
- цветность – составляет 46<sup>0</sup> градусов, что относится к малой цветности.
- Мутность воды – равна 12 ЕМФ.

При дополнительных исследованиях органолептических параметров пробы воды данного озера в лабораторных условиях при +20 и +60<sup>0</sup>С показали среднюю цветность и заметное количество осадков органического характера.

Результаты исследования в полевых и лабораторных условиях органолептических параметров пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера показали в основном соответствие нормам ПДК. Наличие заметного количества осадков органического характера связано с наличием большого количество донных осадков растительного, животного и другого происхождения. Цветность воды в исследуемом озере связано с повышенным содержанием гуминовых веществ и железа, что является характерной

особенностью для водоемов Санкт-Петербурга и Ленинградской области из-за природно – геохимического фона местности.

При лабораторных исследованиях физико – химических параметров в пробах воды Нижнего Большого Суздальского озера показали:

- рН – 6,3, что немного ниже уровня ПДК;
- общая жесткость воды составляет  $2,7^{\circ}\text{Ж}$ , что относится к средней жесткости (в связи наличием в воде растворенных солей  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ );
- общая щелочность воды составляет  $1,9$  ммоль/дм<sup>3</sup>;
- минерализация воды равна  $239 \pm 0,01$  мг/л;
- перманганатная окисляемость равна  $19,2$  мгО/дм<sup>3</sup>;
- сухой остаток  $-332$  мг/дм<sup>3</sup>, что не превышает ПДК.

Результаты количественного исследования физико-химических параметров в пробах воды Нижнего Большого Суздальского озера показали среднюю минерализацию по опресненности, а по остальным исследованным параметрам соответствие ПДК.

Лабораторные исследования химического состава пробы воды исследуемого озера в сравнительном аспекте с гигиеническими нормативами водных объектов культурно-бытового водопользования, показали содержание:

- $\text{Fe}^{2+}$  до  $0,07 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup>, содержание  $\text{Fe}^{2+}$  в ПДК не нормируется;
- $\text{Fe}_{\text{общ}}$  от  $2,4$  до  $3,8 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-0,3$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Mn}$  до  $0,57$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-0,1$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Cu}$  до  $0,03 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-1,0$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Pb}$  до  $0,004 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-0,01$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Hg}$  до  $0,0002 \pm 0,01$  при ПДК  $-0,0005$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{NO}_3^-$  до  $2,5 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-45$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{NO}_2^-$  до  $0,0086 \pm 0,001$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-3,3$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{NH}_3$  до  $0,58 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-1,5$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Cl}^-$  до  $90 \pm 0,1$  мг/дм<sup>3</sup> при ПДК  $-350$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{SO}_4^-$  до  $16,6$  мг/дм<sup>3</sup>, при ПДК  $-500$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Si}$  до  $0,0018$  мг/дм<sup>3</sup>, при ПДК  $-1$  мг/дм<sup>3</sup>;
- $\text{Zn}$  до  $0,0044$  мг/дм<sup>3</sup>, при ПДК  $-1$  мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты количественного исследования химического состава в пробах воды Нижнего Большого Суздальского озера показали превышение ПДК по общему железу и марганцу. Для водоемов Санкт-Петербурга и Ленинградской области характерно повышенное содержание в воде гуминовых веществ, железа и марганца из-за особенностей природно-геохимического фона местности. Поэтому имеющиеся превышение ПДК по некоторым химическим веществам (по общему железу и марганцу) в исследуемом озере связано с их поступлением со сточными водами, а также, возможно, с особенностями природно-геохимического фона местности.

Количественные исследования на ветеринарно-микробиологические показатели на наличие гельминтов, бактерий и колифагов в пробах воды Нижнего Большого Суздальского озера показали наличие общих и термотолерантных колиформных бактерий до  $80$  КОЕ/100 мл при ПДК

500 КОЕ/100 мл и 100 КОЕ/100 мл. Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших, взрослые формы гельминтов и колифаги не были обнаружены.

Лабораторные исследования по ветеринарно-микробиологическим показателям в пробах воды Нижнего Большого Суздальского озера показали наличие общих и термотолерантных колиформных бактерий, которые по микробиологическим и паразитологическим показателям соответствуют СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Наличие в пробах воды общих и термотолерантных колиформных бактерий свидетельствует о наличии фекального загрязнения водоема, которые поступают в акваторию озера дождевыми стоками с прибрежных и сельскохозяйственных территорий поселка Парголово.

Бензапирен относится к одному из главных городских экотоксикантов характеризующихся жирорастворимостью и свойством накапливаться в организме любого живого организма, в том числе и человека. Следует отметить, что бензапирен опасен, тем, что поступает в организм человека через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт и трансплацентарным путём. Затем накапливаясь в организме, приводят к образованию злокачественных опухолей, вызывает мутагенное действие через химическую связь с нуклеотидами молекул ДНК и приводят к уродству новорожденных, тяжелым видам пороков (сердца и т.д.), при этом он является химически устойчивым веществом и может долго мигрировать из одних объектов в другие.

Объекты окружающей среды, и в том числе водоемы, не обладающие способностью синтезировать бензапирен и другие органические поллютанты, становятся его вторичными источниками или их накопителями. Органические поллютанты, в число которых входит бензапирен, поступают в водоемы с нефтепродуктами, отходами нефтепродуктов через ливневые стоки и поверхностные воды, при этом накапливается, в основном, в донных осадках или придонной воде.

Лабораторные исследования пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера показали отсутствие полихлорированных бифенилов, хлорорганических пестицидов и наличие бензапирена в количестве 0,0001 мг/л в дозе, превышающем ПДК. При этом, предельно допустимая концентрация бензапирена в воде водоемов должна быть равна или ниже 0,000005 мг/л (лимитирующий показатель вредности) по санитарно-токсикологическим показателям.

Итак, лабораторные исследования пробы воды Нижнего Большого Суздальского озера по физико-химическим, органолептическим, ветеринарно-микробиологическим и химическим (в том числе по органическим поллютантам) параметрам показала соответствие СанПиНу 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», за исключением бензапирена, ионов общего железа и марганца.

Классификационная характеристика Нижнего Большого Суздальского озера была составлена по определенным критериям и результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы следует, что Нижнее Большое Суздальское озеро относится:

- к малым, т.к. занимает площадь менее 10 км<sup>2</sup>;
- к постоянным, т.к. озеро не пересыхает в теплое время года;
- к интразональным, т.к. по географическому положению находится в той же ландшафтной зоне, что и водосбор озера;
- к ледниковым озерам – по происхождению озерных котловин;
- к сточным, т.к. по характеру водообмена данное озеро с северной стороны имеет приток речки Старожиловки и водосбросы за счет речки Каменки и канала, который вытекает в Среднее Суздальское озеро;
- к пресным по степени минерализации, так как показатель минерализации варьирует в пределах от 200 до 500 мг/дм<sup>3</sup>.
- В настоящее время степень временных воздействий на устойчивость геозкосистемы исследуемого озера оценивалась по коду и составляют:
  - по классу качества воды – код 3, т.е. удовлетворительно чистый;
  - по глубине водной толщи – код 4, т.е. среднелобинный 5-10 м;
  - по происхождению водоема и уровню трансформации – код 5, т.е. природные объекты, в основном, сохранившие свой первоначальный облик;
  - по степени ненарушенности водосбора – код 4, т.е. степень ненарушенности водосбора выше 50-75 %.

Таким образом, по классификационной характеристике Нижнее Большое Суздальское озеро имеет код 3454 (ПДК -5555), а по степени временных воздействий на устойчивость геозкосистемы водоема по годам – варьирует от высокой до удовлетворительной.

По туристической привлекательности Нижнее Большое Суздальское озеро относится:

- по классификационному виду: к пригодному для использования в рекреационно-туристических целях без ограничения;
- по классификационному номеру: к I классу;
- по характеристике класса: к водному объекту для осуществления практически всех видов отдыха, связанных с водой;
- по виду отдыха: пригоден для купания и всех видов пляжного отдыха, катания на всех видах водного транспорта, включая катера, скутеры, водные лыжи, SUP-серфинг, яхтинг и т.д.
- прибрежные зоны исследуемого озера можно рекомендовать в качестве мест отдыха для принятия солнечных ванн, пикников и т.д.

К факторам, ограничивающим использование Нижнего Большого Суздальского озера для рекреационных целей, относятся:

- отсутствие оборудованных пляжей для свободного отдыха населения СПб;
- не проводится чистка водоемов от донных осадков, что приводит



Таблица 2 – Показатели классификационной характеристики Нижнего Большого Суздальского озера

№	Показатель оценки	Классификационная характеристика			Результаты оценки геосистемы	
		критерии оценки комплексного воздействия	код	степень оценки	код	оценка степени воздействия
1	Класс качества воды	Предельно чистая (1)	5	Высокая	3	Удовлетворительно чистая
		Чистая (2)	4	Относительно благоприятная		
		<b>Удовлетворительно чистая (3)</b>	<b>3</b>	<b>Удовлетв-ная</b>		
		Загрязненная (4)	2	низкая		
		Грязная (5)	1	Неудовлетв-ная		
2	По глубине водной толщи	Глубоководные (11-50м)	5	Высокая	4	Относительно благоприятная
		<b>Среднеглубинные (5-10м)</b>	<b>4</b>	<b>Относительно благоприятная</b>		
		Неглубокие (2,5-5м)	3	Удовлетв-ная		
		Мелководные (до 2,5)	2	низкая		
		Пересыхающие (до 1м)	1	Неудовлетв-ная		

Продолжение Таблицы 2

№	Показатель оценки	Классификационная характеристика			Результаты оценки геосистемы	
		критерии оценки комплексного воздействия	код	степень оценки	код	оценка степени воздействия
3	Происхождение водоема и уровень трансформации	<b>Природные объекты, в основном сохранившие свой первоначальный облик</b>	<b>5</b>	<b>Высокая</b>	5	Высокая
		Искусственные объекты, в основном сохранившие свой первоначальный облик	4	Относительно благоприятная		
		Природные и искусственные объекты, частично изменившие свой первоначальный облик	3	Удовлетвор-ная		
		Природные и искусственные объекты, сильно изменившие свой первоначальный облик	2	низкая		
		Природные и искусственные объекты с признаками полной деградации	1	неудовлетвори-тельная		
4	Степень ненарушенности водосбора	Выше 75 %	5	Высокая	4	Относительно благоприятная
		50-75 %	4	Относительно благоприятная		
		25 -50 %	3	Удовлетвор-ная		
		10-25 %	2	низкая		
		До 10%	1	Неудовлетвор-ая		
<b>Итого</b>		<b>от удовлетворительной до высокой</b>			<b>код 3454</b>	

к вторичному загрязнению, как по химическим, так и по органолептическим показателям;

- отсутствие туалетов и мест для выгула собак – способствует фекальному загрязнению водоема;
- прилегающая вплотную зона индивидуального жилищного строительства, которая препятствует свободному доступу к озеру, более чем на 50% от общей длины береговой линии;
- отсутствие специальных пристаней и боксов для весельных и моторных лодок, катамаранов и т.д. – способствует загрязнению водоема нефтепродуктами и их отходами;
- отсутствие организованных пешеходных дорожек – приводит к вытаптыванию растительного покрова.

Результаты эколого-рекреационной оценки современного экологического состояния Нижнего Большого Суздальского озера представлены в таблице 3.

Из таблицы видно, что эколого-рекреационная оценка современного экологического состояния Нижнего Большого Суздальского озера показала соответствие по основным нормативным требованиям для водоемов рекреационных зон, за исключением некоторых показателей (бензапирена, марганца, общего железа и нефтепродуктов) которые являются вторичными загрязнителями антропогенного характера, скапливающимися, в основном, в донных осадках или при донных слоях воды.

Итак, результаты полевых и лабораторных исследований геоэкологической системы, пробы воды архивных материалов озеру Нижнее Большое Суздальское показали наличие природно-рекреационного потенциала как историко-туристического (туристических троп, турбазы, набережные для променада и т.д.), так и спортивно-оздоровительного (спортивные объекты, пляжи, и т.д.) направления. Для максимального раскрытия рекреационного потенциала Суздальских озер необходимо создать современную инфраструктуру в прибрежно-анитарной зоне и организовать все виды пляжного отдыха, связанные с водой и купанием.

Таблица 3 – Показатели эколого-рекреационной оценки современного состояния Нижнего Большого Суздальского озера

<i>Параметры эколого-рекреационной оценки</i>	<i>Нормативные требования эколого-рекреационной оценки к водоемам</i>	<i>Показатели результатов оценки</i>	
		<i>Озеро</i>	<i>Сан. зона</i>
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должно быть плавающей пленки, пятен, минеральных масел и скоплений других примесей	имеется	имеется
Запахи и привкусы	Вода не должна иметь запахов и привкусов интенсивностью более 2 баллов	0	—
Окраска и мутность	Не должна обнаруживаться в столбике 10 см	12	—

<i>Параметры эколого-рекреационной оценки</i>	<i>Нормативные требования эколого-рекреационной оценки к водоемам</i>	<i>Показатели результатов оценки</i>	
		<i>Озеро</i>	<i>Сан. зона</i>
Возбудители заболеваний	Не должна содержать возбудителей заболеваний	нет	—
pH	Не должна выходить за пределы 8,5 pH	6,4	6-7,5
Бензапирен	0,000001	0,0001	-
Тяжелые металлы	Не должны выходить за пределы ПДК	Марганец и железо	в пределах ПДК

Проект по повышению туристической привлекательности Суздальских озер. В настоящее время Нижнее Большое Суздальское озеро является самым крупным водоемом и наиболее удаленным от центра города, при этом как объект рекреации наименее эксплуатируемым населением, хотя это озеро является излюбленным местом для рыбаков. Поэтому для максимального раскрытия рекреационного потенциала Нижнего Большого Суздальского озера необходимо разработка проекта по повышению его туристической привлекательности.

В проект по повышению туристической привлекательности Нижнего Большого Суздальского озера входит на регулярной основе следующие виды работ:

1. проводить ежегодные мониторинговые исследования состояния воды и донных осадков озера для выявления источника загрязнения и охраны природной экосистемы;
2. проводить ежегодные очистки дна озера от донных осадков для устранения вторичного (бензапирена, марганца, общего железа и нефтепродуктов) загрязнения;
3. проводить в санитарной зоне водоема мониторинговые исследования состояния прибрежной почвы, воды рек и стоков питающих озеро для выявления загрязняющих веществ;
4. установить шумо-гряеззащитные экраны со стороны дорожно-проезжей части и жилищного фонда для защиты от вторичного загрязнения водоемов;
5. установить системы бетонных траншей в прибрежно-санитарной зоне водоема для регулирования ливневых стоков, выпадающих в озеро;
6. установить в прибрежно-санитарной зоне водоема скамейки, навесы, туалеты, зоны для курения и мусорные контейнеры, места для выгула собак и разжигания костров для комфортного отдыха туристов и отдыхающих;
7. организовать пеший променады, места для катания на скейтах и велосипедные дорожки вокруг 3-х озер с единой благоустроенной набережной с зонами общепита, скамейками, спортивными и детскими площадками для комфортного отдыха туристов и отдыхающих;

8. организовать пешие и велосипедные туристические тропы вдоль в прибрежно-санитарной зоне вокруг 3-х озер со скамейками для отдыха, интерактивными плакатами и описаниями исторических событий, природно-ландшафтных особенностей местности и т.д. для ознакомления с историей и воспитания бережного отношения к природе туристов и отдыхающих;

9. организовать благоустроенные песчаные пляжи и том числе в местах образования диких пляжей с купальными зонами, детскими и спортивными площадками, с кабинками для душа и переодевания, зонами общепита с продажей мороженого и напитков (кваса, газированной воды и т.д.), мусорными контейнерами для комфортного отдыха туристов и отдыхающих;

10. организовать в прибрежно-санитарной зоне водоема ухоженные газоны и посадку древесных насаждений, уборку территорий от бытового и другого мусора для воспитания эстетического наслаждения красотой и бережного отношения к природе туристов и отдыхающих;

11. открыть вблизи от водоема турбазы и кемпинги с пристанями и боксами для весельных и моторных лодок, водных мотоциклов, катамаранов с возможностью проката их и снаряжений (экипировки) для воспитания эстетического наслаждения красотой и здорового образа жизни подрастающего поколения, туристов и отдыхающих;

12. открыть вблизи от водоема школы, спортивные и специальные клубы по обучению водному туризму, спорту и отдыху (дайвингу, рафтингу, гребли на байдарка, каноэ, каяках, академической гребле и парусному спорту, водных лыжах, вейкбордингу, серфингу, кайтсерфингу), летнему и зимнему плаванию для воспитания эстетики здорового образа жизни подрастающего поколения, туристов и жителей г. СПб;

13. открыть вблизи от водоема школы, спортивные и специальные клубы по конному и пешему туризму, спорту и отдыху для воспитания этики по отношению к живым организмам, эстетики и здорового образа жизни подрастающего поколения и населения г. СПб.

Таким образом, Суздальские озера относятся к проточным озерам с родниковым питанием и самоочищающимся, соответственно, они не потеряны для города в рекреационном отношении. Кроме того, природные условия местности вокруг этих озер располагают к отдыху, тишина и чистый воздух позволяют почувствовать человеку вне суеты и спешки мегаполиса.

### **Выводы**

1. Эколого-рекреационная оценка геоэкосистемы Нижнего Большого Суздальского озера показала наличие природно-рекреационного потенциала пригодного для создания крупной зоны отдыха в черте г. Санкт-Петербург как активного спортивно-оздоровительного, так и пассивно-пляжного направления.

2. Результаты исследования геоэкосистемы и поиски исторических сведений о Суздальских озерах в архивах г. Санкт-Петербурга показали, что местность вокруг данных озер имеет уникальные природно-ландшафтные комплексы и историко-архитектурные сведения, что способствует для ши-

рокого развития как активного природно – туристического, так историческо-познавательного направления.

3. Результаты полевых и лабораторных исследований показала соответствие СанПиНу 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», за исключением бензапирена, ионов общего железа и марганца. Данные вещества относятся к вторичным загрязнителям антропогенного характера и их можно исключить, организовав на регулярной основе ежегодную очистку дна озера от донных осадков и построив шумогрязе-защитные экраны со стороны дорог и системы бетонных траншей для регулирования ливневых стоков.

### Список литературы

1. Горбачевич К. С., Хаблю Е. П. Почему так названы? О происхождении названий улиц, площадей, островов, рек и мостов Санкт-Петербурга. –4-е изд., перераб. – СПб.: Норинт, 1996. – С. 253. –359 с. – ISBN 5-7711-0002-1.
2. Зуев Г.И. Шувалово и Озерки. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2008. – 479 с.
3. Иванов В. П., Медицинская экология: учебник/ под общ. ред. В. П. Иванова – СПб.: СпецЛит, 2012. – 320 с.
4. Кулырова А.В. Гидрохимические параметры воды Полостровского пруда (сквер Безбородко г. Санкт-Петербург)/ А.В. Кулырова, А.Ц. Арсалонова, Т.Т. Даргуашвили // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы освоения Арктической зоны Северо-Востока России» – Анадырь, ЧФ СВФУ им. Аммосова, 2015. – С.70-72.
5. Кулырова А.В. Мониторинг современного состояния параметров воды озера Велье/ А.Ц. Арсалонова, Е.А.Шумейко, А.В. Кулырова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии №3, СПб, 2015. – С.134-135.
6. Кулырова А.В. Исследование типа воды в озерах Велье и Селигер/ Е.А. Шумейко, А.В. Кулырова, А.Ц. Арсалонова// Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии №1 – СПб, 2015. – С.136- 137.
7. Кулырова А.В. Пути привлечения малых озер в экономику России // Фундаментальные исследования, 2004, №3. – С. 42-44.
8. Корявцев П.М. Ландшафтная археология Шуваловской округи. – СПб., 1992.
9. Никофоренко Е.М. Проблемы и перспективы подготовки специалистов в свете концепций социальных интеграций в XXI веке.// Развитие профессиональных образовательных организаций в соответствии с запросами рынка труда./ сборник статей международной научно-практической конференции 17-18 мая 2018г.-2018.С. 13-23.
10. Орлова Т. Н. Химия природных и промышленных вод: учебное пособие/ Т. Н. Орлова, Д. А. Базлов, В. Ю. Орлов. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 120с.
11. Загрязняющие вещества, выбрасываемые автомобильным транспортом [Электронный ресурс]: Биофайл научно-информационный журнал – Режим доступа : <http://biofile.ru/bio/22125.html>
12. Картографический веб-сервис «Водные объекты Санкт-Петербурга»



[Электронный ресурс]: Государственной информационной системы в сфере охраны окружающей среды «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга» – Режим доступа: <http://infoeco.ru/wo/>

13. ГОСТ 17.1.5.02-80. «Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов»

14. ГОСТ 31861-2012. «Вода. Общие требования к отбору проб»

15. ГОСТ 31942-2012. «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»

16. ГН 2.1.5.1315-03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»

17. МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов»

18. ПНДФ 14.1:2:4.261 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого и прокаленного остатков в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом»

19. Постановление Законодательного Собрания Санкт-Петербурга от 24.01.1996 N 8 «Об особо охраняемой природной территории Суздальские озера»

20. Распоряжение губернатора Санкт-Петербурга от 20.01.1997 N 38-р «О разработке и утверждении Основных положений зонирования территории в районе Суздальских озер»

21. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

22. ФР.1.31.2007.03807 «Методика выполнения измерений цветности питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом»

23. ФР.1.31.2007.03808 «Методика выполнения измерений мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину»

24. ФР.1.31.2013.13900 «Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом»

25. 1.31.2013.16007 «Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса»

26. ФР.1.31.2013.16009 «Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой»

## Сведения об авторе

.....

УДК 614.3; 629.7; 656.71; 771.553.9

*Лебедев К.Ю., Кирьянова М.Н.***АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СЕДЬМОЙ ПОДЗОНЫ ПРИАЭРОДРОМНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы гигиенического обоснования седьмой подзоны приаэродромных территорий аэродромов гражданской авиации в свете Воздушного кодекса и закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии. Даны предложения по нормированию авиационного шума вблизи аэродромов по суточному индексу шума. Представлены предложения по делению седьмой подзоны приаэродромной территории по степени шумового воздействия.

**Ключевые слова:** приаэродромная территория, объект капитального строительства, территориальное планирование, санитарно-эпидемиологическая экспертиза.

*Lebedev K.U. Kir`yanova M.N.***CURRENT ISSUES OF HYGIENE RATIONING OF THE SEVENTH SUBZONE OF THE AERODROME TERRITORIES**

**Abstract.** The article deals with the problems of hygienic justification of the seventh subzone of the aerodrome territories of civil aviation airfields in the light of the Air Code and the law on sanitary and epidemiological welfare. Proposals are given for the normalization of aviation noise near airfields according to the daily noise index. The proposals on the division of the seventh subzone of the aerodrome territory according to the degree of noise exposure are presented.

**Keywords:** peertranet territory, the object of capital construction, territorial planning, sanitary-epidemiological examination.

**Введение**

Проблемы воздействия авиационного шума и гигиенические аспекты градостроительной деятельности были нами рассмотрены и описаны в статье о гигиенических аспектах градостроительной деятельности на приаэродромных территориях [1], в которой было отмечено, что проблема воздействия на человека и окружающую природную среду авиационного шума является общемировой, неразрывно связанной с научным и экономическим прогрессом и несмотря на ряд имеющихся подходов к ее решению, или хотя бы минимизации, будет только усугубляться.

До вступления в силу закона о введении градостроительного кодекса<sup>1</sup> границы седьмой подзоны приаэродромных территорий определялись Воздушным кодексом Российской Федерации<sup>2</sup>, законом о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (ст. 12)<sup>3</sup>, а также правилами

<sup>1</sup> Федеральный закон от 11 июня 2021 г. N 191-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

<sup>2</sup> «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 02.07.2021).

<sup>3</sup> Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О санитарно-

установления приаэродромной территории подзон<sup>4</sup>.

Воздушный кодекс определял территорию 7-й подзоны приаэродромной территории (ПАТ), на которой запрещено размещение объектов, нормируемых по гигиеническим показателям среды обитания, а именно: седьмая подзона, в которой ввиду превышения уровня шумового, электромагнитного воздействий, концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе запрещается размещать объекты, виды которых в зависимости от их функционального назначения определяются уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти при установлении соответствующей приаэродромной территории с учетом требований законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, если иное не установлено федеральными законами.

Нами было указано, что ведущим фактором установления внешней границы 7-й подзоны является воздействие авиационного шума от проведения воздушными судами взлетно-посадочных операций (далее ВПО). Границы достижения ПДК для атмосферного воздуха населенных мест, а также ПДУ электромагнитных излучений радиочастотного диапазона значительно меньше. Данное утверждение актуально и по сей день.

В настоящее время в свете положений градостроительного кодекса (ст. 47) и Воздушного кодекса в седьмой подзоне приаэродромной территории (п.3, п.п.7) в целях предотвращения негативного физического воздействия устанавливается перечень ограничений использования земельных участков, определенный в соответствии с земельным законодательством. При этом под указанным негативным физическим воздействием понимается несоответствие эквивалентного уровня звука, возникающего в связи с полетами воздушных судов, санитарно-эпидемиологическим требованиям. Кроме того, Роспотребнадзором приняты новые санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий<sup>5</sup>.

---

эпидемиологическом благополучии населения» (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.10.2021).

<sup>4</sup> Постановление Правительства РФ от 02.12.2017 N 1460 «Об утверждении Правил установления приаэродромной территории, Правил выделения на приаэродромной территории подзон и Правил разрешения разногласий, возникающих между высшими исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти при согласовании проекта решения об установлении приаэродромной территории».

<sup>5</sup> СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям,

Согласно п. 69 указанных требований, уровень авиационного шума не должен превышать ПДУ эквивалентного уровня звука для дневного и ночного времени суток, определенный гигиеническими нормативами для территорий, непосредственно прилегающих к жилой застройке. Гигиеническими нормативами и требованиями к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания<sup>6</sup> определяется этот уровень, как 55 дБА для дневного и 45 дБА для ночного времени суток. Таким образом, в вопросе нормирования шума вышеперечисленными документами на первый взгляд все четко определено, но это лишь на первый взгляд.

Воздушный кодекс (п. 3.2 ст. 47) определяет перечень ограничений использования земельных участков, предусматривающих запрет на строительство, реконструкцию, эксплуатацию отдельных видов объектов капитального строительства в седьмой подзоне приаэродромной территории, осуществляется с учетом возможности применения при строительстве, реконструкции, эксплуатации таких видов объектов, мер по предупреждению и (или) устранению негативного физического воздействия и по результатам расчета и оценки рисков для здоровья человека, проведенных в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями, т.е. критерии шума 55 дБА для дневного и 45 дБА для ночного времени суток – это не единственные нормативные требования.

Примечанием к гигиеническим нормативам и требованиям к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания определена возможность увеличения норматива на 10 дБА для шумозащитных зданий (таблица 5.35 СанПиН 1.2.3685-21).

В своде правил по защите от шума дано определение шумозащитных зданий (п. 3.23)<sup>7</sup>: шумозащитные здания – здания, в которых на фасаде, обращенном в сторону внешнего источника шума, установлены шумозащитные окна, снабженные специальными вентиляционными устройствами с глушителями шума. Таким образом, для таких зданий допустимые уровни на территории допускаются на 10 дБА выше.

Кроме того, СанПиН 1.2.3685-21 (таблица 5.35) определяет нормативы для следующих территорий: п. 16 – территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий, п. 17 (частично) – площадки других образовательных организаций, кроме того п. 2 определены нормативы для кабинетов врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров. Другими словами, представлены требования к территориям или помещениям объектов, которые могут не иметь на своей территории функциональных

---

эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

<sup>6</sup> СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

<sup>7</sup> СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

элементов, нормируемых по шуму. Норматив для территории определен исключительно исходя из снижения шума окном с открытой форточкой (10 дБА) и поправкой на мебелированность (5 дБА).

Однако современные оконные конструкции позволяют снижать уровень шума на 30-35 дБА. В связи с этим нами давалось предложение по разбивке 7-й подзоны на секторы с шагом 5 дБА, однако оно принято не было. За истекший период 2019-2021 годов проектные организации определились с методологией определения границ 7-й подзоны ПАТ. При расчете подзоны № 7 аэродромов используется методика, отвечающая требованиям Международной организации гражданской авиации (ИКАО) «Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов» (Doc 9911, ИКАО), и реализованная в лицензированном программном комплексе AEDT 3b (Aviation Environmental Design Tool) Федеральной авиационной администрации США (FAA).

В расчетной модели AEDT в качестве исходных данных используются: параметры взлетно-посадочных полос (ВПП) аэродрома, типы и интенсивность полетов ВС, стандартные трассы вылета и захода на посадку в проекции на горизонтальную плоскость, распределение ВС, принятых в расчет по стандартным трассам полетов, данные о рельефе местности.

Параметры ВПП и конфигурация стандартных трасс принимается по данным аэронавигационного паспорта аэродрома (АНПА). Сведения о типах ВС, интенсивности (в том числе с учетом перспективы развития) и соотношении использования различных трасс принимаются по сведениям заказчика.

При расчетах шума от каждого типа ВС в модели AEDT используются данные International Aircraft Noise and Performance Database ([www.aircraftnoisemodel.org](http://www.aircraftnoisemodel.org)). Данная база данных содержит в табличной форме множество характеристик для каждого типа ВС, позволяющих с высокой точностью определять комплекс параметров ВС в каждый момент времени, таких как масса ВС, режим работы двигателей, положение механизации крыла, скорость (горизонтальную и вертикальную), спектральные характеристики шума двигателей, уровни шума двигателей при различных режимах тяги.

Сведения о рельефе местности определяются по данным цифровой модели высот, полученной по данным спутникового зондирования.

Результатом расчета являются изолинии шумового воздействия, которые представляются на схеме седьмой подзоны, и расчетные уровни шума в расчетных точках.

В связи с изменением законодательной базы для аэродромов была проведена корректировка размеров 7-й подзоны ПАТ.

**Цель работы.** Изучить нормативно-правовые акты, устанавливающие требования к установлению 7-й подзоны приаэродромных территорий, дать предложения к их совершенствованию.

**Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных, нормативно-техническая документация, проекты экспертиз. Применены методы научного гипотетико-дедуктивного познания, общелогические методы и приемы исследований: анализ, синтез, абстрагирование, индукция.

**Результаты и обсуждение.** Нами было проведено сравнение обоснований размера 7-й подзоны ПАТ, разработанных различными проектными организациями по ранее используемым рекомендациям по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума<sup>8</sup> и с использованием программного комплекса «Integrated Noise Model» (INM) Федеральной авиационной администрации США (FAA) применяемой в настоящее время – AEDT.

Было проанализировано 4 аэродрома, для которых была разработана корректировка границ 7-й подзоны ПАТ.

*Аэродром Иркутск:* ранее расчет был выполнен по «Рекомендациям...». Среднесуточная интенсивность – 74 взлетно-посадочных операций в дневное и ночное время. По результатам расчетов размер седьмой подзоны по фактору акустического воздействия по сторонам света составил: север – 13200 м, северо-восток – 19500 м, восток – 14400 м, юго-восток – 22700 м, юг – 14400 м, юго-запад – 1300 м, запад – 4600 м, северо-запад – 16300 м. На перспективу максимальное число ВПО в сутки 58, из них: в дневное время суток – 49 ВПО, в ночное время – 9 ВПО.

При расчете по эквивалентному уровню звука, выполненном в 2021 году, седьмая подзона ПАТ от КТА Аэродрома Иркутск проходит: на север: 769 м; на северо-восток: 757 м; на восток: 2223 м; на востоко-юго-восток (азимут 113,5°): 10501 м; на юго-восток: 2665 м; на юг: 802 м; на юго-запад: 812 м; на запад: 3360 м; на северо-запад: 2145 м.

*Аэродром Калуга (Грабцево).* Максимальное количество ВПО составляет 4 в час, 8 в сутки. Расчет выполнен по «Рекомендациям».

По результатам ранее выполненных расчетов размер седьмой подзоны по фактору акустического воздействия по сторонам света составил: в северо-западном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/посадки 42 990 м от торца ВПП; в северном направлении 10990 м от торца ВПП; в восточном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/посадки 34 096 м от торца ВПП; в юго-восточном направлении 18700 м от торца ВПП; в южном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/посадки 42235 м от торца ВПП; в юго-западном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/посадки 36 990 м от торца ВПП; в западном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/посадки 32980 м от оси ВПП; в северо-западном направлении вдоль оси стандартных маршрутов взлета/

---

<sup>8</sup> «Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума». НИИСФ-М., Стройиздат, 1987. 32 с.



посадки 19190 м от торца ВПП. В проекте 2021 года общая интенсивность движения воздушных судов на 2044 год составит 3028 взлетно-посадочных операций (ВПО), максимальная суточная интенсивность – 16 ВПО. При расчете по эквивалентному уровню звука, выполненному в 2021 году, граница седьмой подзоны в части шумового воздействия от эксплуатации воздушных судов по фактору эквивалентного уровня звука установлена следующими размерами от КТА по румбам: с севера 1407 м; с северо-востока 644 м; с востока 923 м; с юго-востока от 4343 м до 8951 м; с юга 1405 м; с юго-запада 647 м; с запада 878 м; с северо-запада от 4380 м до 9048 м.

В ранее выполненном проекте *аэродрома Самара (Курумоч)* площадь седьмой подзоны по фактору шумового воздействия составляет 191,7 км<sup>2</sup>. Форма подзоны сложная из-за использования двух ВПП, расположенных ортогонально. Максимальная протяженность – около 15 км от торцов ВПП вдоль трасс вылета и захода на посадку.

В проекте 2021 года расчет выполнен для 11 типов ВС с учетом основных технических и шумовых характеристик. Внешняя граница 7-й подзоны по фактору шумового воздействия определена по изолинии распространения изолинии ПДУ ( $L_{\text{экв}} = 45$  дБА) авиационного шума в ночное время суток (с 23:00 до 7:00). Площадь 7-й подзоны по фактору шумового воздействия составляет 127,4 км<sup>2</sup>. Форма подзоны сложная из-за использования двух ВПП, расположенных ортогонально. Максимальная протяженность – около 17 км в северо-западном направлении от торца 15 ВПП вдоль трасс вылета и захода на посадку.

*Аэродром Байкал (Улан-Удэ)*. Расчет выполнен по «Рекомендациям». Интенсивность на существующее положение определена в соответствии с планами развития и составит 29 вылетов и заходов на посадку в дневное время и по 5 взлетов и заходов на посадку в ночное время в наиболее загруженный день; на перспективное положение – 37 вылетов и заходов на посадку в дневное время и по 4 взлетов и заходов на посадку в ночное время в наиболее загруженный день. Размер 7-й подзоны: в юго-западном направлении – протяженность составляет 11,6 км от торца ИВПП 08 МК 83°, максимальная ширина составляет 1,4 км от оси ИВПП 08/26 (с учетом отклонения ВС от трассы); в северо-восточном направлении – протяженность составляет 7,6 км от торца ИВПП 26 МК 263°, максимальная ширина составляет 0,95 км от оси ИВПП 08/26 (с учетом отклонения ВС от трассы). В границы 7-й подзоны попадает жилая застройка левого берега р. Селенга г. Улан-Удэ.

По разработанному в 2020 году проекту седьмая подзона ПАТ, площадью 28 886 636 м<sup>2</sup>, соответствующая изолиниям допустимого уровня воздействия негативных факторов (загрязнение воздуха и шум), от контрольной точки Аэродрома Улан-Удэ (Мухино) проходит: на север на расстоянии 1150 м; на северо-восток 2240 м; на востоко-северо-восток (азимут 78°) 9390 м; на восток 3930 м; на юго-восток 1470 м; на юг 1160 м; на юго-запад 2285 м; на

западо-юго-запад (азимут 258°) 9040 м; на запад 3290 м; на северо-запад 1410 м.

Проанализировав вышеуказанные проектные материалы, с учетом существующей нормативно правовой базы можно сделать следующие выводы:

1. Размер 7-й подзоны определяется эквивалентным уровнем звука чаще для ночного времени суток, а при работе аэродрома только в дневное время суток – эквивалентным уровнем звука для дневного времени суток.
2. Размер 7-й подзоны зависит от типа воздушных судов, их класса «шумности», а также интенсивности полетов.
3. Размер 7-й подзоны зависит от периода проведения расчетов – площадь 7-й подзоны для дневного времени суток всегда меньше площади для ночного времени суток.
4. Использование методологии оценки риска здоровью населения не определяет границу 7-й подзоны, а лишь подтверждает приемлемые уровни риска по фактору акустического воздействия.
5. Размер 7-й подзоны зависит от методики расчета: так «Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума» дают больший размер, чем программный комплекс AEDT 3b (Aviation Environmental Design Tool). Это подтверждается ранее выполненными исследованиями [1].

Следует отметить, что федеральным законом о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации<sup>9</sup> (ст. 4) внесены послабления режима 7-й подзоны, а именно: не осуществляется снос здания, сооружения, если такие объекты были созданы до установления указанных подзон и расположены на земельных участках, предназначенных для ведения личного подсобного хозяйства, ведения гражданами садоводства для собственных нужд, индивидуального жилищного строительства, допускается строительство гражданами гаражей для собственных нужд, при условии, что их размещение соответствует правовому режиму земель и виду разрешенного использования соответствующего земельного участка (ст. 27.1 градостроительного кодекса РФ).

Отдельного внимания по-прежнему заслуживает проблема корректного применения методологии оценки риска для здоровья населения при обосновании размеров 7-й подзоны ПАТ.

В настоящее время существует одна методика: Методические рекомендации МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума». Методология оценки риска от воздействия транспортного шума предусматривает расчет риска на основании эквивалентных уровней ночного и дневного транспортного (авиационного) шума.

Поскольку размер 7-й подзоны определяется исключительно на основании шумового воздействия, обусловленного взлетно-посадочными

---

<sup>9</sup> Федеральный закон от 11 июня 2021 г. N 191-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

операциями воздушных судов (ВС), фактически из поля зрения гигиенической оценки выпадает неблагоприятное воздействие, формируемое наземными источниками химического загрязнения воздуха на территории аэропорта (аэродрома), а также – в ряде случаев – и самими ВС как источниками выбросов загрязняющих веществ.

Законом о внесении изменений в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории в Градостроительный Кодекс РФ внесено изменение (№ 191-ФЗ), дословно: 2) статью 30 дополнить частями 7 и 8 следующего содержания: «7. Утвержденные правила землепользования и застройки поселения, городского округа, межселенной территории не применяются в части, противоречащей ограничениям использования земельных участков и (или) расположенных на них объектов недвижимости и осуществления экономической и иной деятельности, установленным на приаэродромной территории, в границах которых полностью или частично расположена приаэродромная территория, установленная в соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации (далее – ограничения использования объектов недвижимости, установленные на приаэродромной территории).

Таким образом, в случаях установления приаэродромных территорий, в границах седьмой подзоны запрещены строительство и реконструкция жилья, детских учреждений, лечебных учреждений, общежитий, гостиниц и других объектов с нормируемыми показателями среды обитания.

Несмотря на повышающуюся с развитием авиационных сообщений интенсивность полетов, в соответствии с требованиями ИКАО снижается шумность ВС. Таким образом, увеличивается зона «зашумления» по эквивалентному уровню звука и снижается по максимальному уровню звука (не учитываемому при установлении 7-й подзоны)

Инструктивными материалами ИКАО по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом<sup>10</sup> (п. 3.2.12) настоятельно рекомендуется осуществлять оценку источников шума вокруг аэропорта на основе объективных и поддающихся измерению критериев в целях выполнения концепции сбалансированного подхода. Общим показателем этого критерия является количество людей, находящихся внутри шумового контура, установленного в соответствии с конкретным показателем шума (такой как 65-Ldn).

Для решения задач зонирования ИКАО рекомендуется суточный индекс шума *Ldn*, подобный индексу *Lden*, но только включающий два интервала разбиения суток.

Эта формула более применима для территории РФ, т.к. нормирование шума осуществляется для 2-х периодов суток: 8 часов ночь и 16 часов день (в отличие от стран Европы – день, вечер, ночь).

---

<sup>10</sup> ИКАО. Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом. Дос 9829

$$L_{dn} = 10 \lg [1/24 (16 \times 10^{L_{day}/10} + 8 \times 10^{(L_{night} + 10)/10})]$$

В статьях О.А. Картышева о критериях оценки авиационного шума для зонирования приаэродромной территории аэропортов и обоснования защитных мероприятий описан зарубежный опыт градостроительного зонирования [2, 3, 4]. Данный подход более сопоставим с рисковыми методами оценки доза-ответ. Таким образом, в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения вблизи аэродромов, а также рационального градостроительного зонирования, преобразования и развития территорий городских и сельских поселений, мы подходим к необходимости дифференцированного зонирования территории 7-й подзоны ПАТ. Следуя из логики рекомендаций ИКАО граница 7-й подзоны должна быть установлена по изолинии акустического расчета 65 Ldn.

Следует отметить, что Роспотребнадзором выпущены методические рекомендации по установлению (изменению) седьмой подзоны приаэродромной территории<sup>11</sup>, которые предполагают верификацию выполненных расчетов результатами натуральных измерений уровней шума. В настоящее время правоприменительная практика данного документа отсутствует. Однако, по нашему мнению, оформление санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам на проект установления 7-й подзоны ПАТ необходимо производить на основании расчетной модели проектных материалов.

Большинство аэродромов разрабатывают проекты ПАТ на 20-летнюю перспективу. Учитывая постоянное обновление парка воздушных судов и постоянно возрастающие требования ИКАО к их шумовому воздействию в сторону снижения с одной стороны и увеличения объемов авиаперевозок с другой, верификация и корректировка границ 7-й подзоны будет постоянным процессом (происходящем с некой периодичностью).

На основании данных верификации граница 7-й подзоны или подтверждается или не подтверждается, с последующей корректировкой в ту или иную сторону. Установление 7-й подзоны по расчетным данным имеет следующие преимущества:

1. Установление 7-й подзоны публикуется на официальных сайтах ФАВТ, Минпродторга, Минобороны и Росреестра в информационно-телекоммуникационной сети «интернет». Данные становятся общедоступными.
2. Возможность однозначной трактовки соответствия или несоответствия возможности размещения объекта в санитарно-эпидемиологическом заключении, без выполнения натуральных исследований и измерений.

<sup>11</sup> Методические рекомендации МР 2.5/4.3.0258-21. 2.5. Гигиена и эпидемиология на транспорте. 4.3. Методы контроля. Физические факторы. Методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.09.2021).

3. Обязанность органов государственной власти привести генеральные планы и правила землепользования и застройки административных единиц и муниципальных образований в соответствие с установленной ПАТ, и, соответственно, 7-й подзоной ПАТ.

Как следствие: отсутствие коррупционных рисков, отсутствие принципиальной возможности административного давления на органы и организации Роспотребнадзора.

### **Заключение**

В целях контроля уровней воздействия на население авиационного шума для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в документах территориального планирования необходимо выполнять разбиение территории 7-й подзоны ПАТ также на подзоны с различными уровнями авиационного шума, в пределах которых определен перечень объектов капитального строительства, разрешенных к размещению (реконструкции).

Отсутствует методика оценки острого риска здоровью населения от воздействия шумового фактора, что затрудняет корректное обоснование размеров 7-й подзоны ПАТ с позиции шума.

Все вышеописанное требует дальнейшего совершенствования методологических подходов к установлению размеров ПАТ в части 7-й подзоны и более детального учета отдельных факторов, воздействующих на здоровье населения, в т.ч. с позиции риска.

### **Список литературы**

1. Лебедев К.Ю., Копытенкова О.И., Выучейская Д.С., Леванчук А.В., Афанасьева Т.А. Гигиенические аспекты градостроительной деятельности на приаэродромных территориях // ЗНиСО. 2019. № 10. с. 46-49.
2. Картышев О.А. Новые методические подходы по установлению санитарно-защитной зоны и санитарных разрывов аэропортов // Гигиена и Санитария. 2013. Т. 92. № 1 С. 89-92.
3. Картышев О.А. Работы по установлению границ зон ограничения жилой застройки вблизи аэропортов по неблагоприятному фактору «авиационный шум». Научный вестник МГТУ ГА. 2010. № 160. С. 141-147.
4. Картышев О.А., Николайкин Н.И. Критерии оценки авиационного шума для зонирования приаэродромной территории аэропортов и обоснования защитных мероприятий. //Научный вестник МГТУ ГА. – 2017;20(3):30-40.

### **Сведения об авторах:**

*Лебедев Кирилл Юрьевич*, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: dy1962@mail.ru

*Кирьянова Марина Николаевна*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mrm@ro.ru

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ  
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ У СОВРЕМЕННЫХ ПРОЕКТОРОВ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ШОУ**

**Аннотация.** При проведении культурно-массовых мероприятий для создания визуального сопровождения все чаще используются лазерные проекторы. Мощность таких установок может варьироваться от 1 до 100 Вт и при определенных условиях могут превышать предельно допустимые уровни лазерного излучения. Целью исследования являлась гигиеническая оценка лазерного излучения проекторов при использовании максимально возможных мощностей. Полученные данные свидетельствуют о том, что при максимальной мощности у всех установок наблюдается превышение ПДУ для глаз для всех длин волн на месте потенциального расположения артиста.

**Ключевые слова:** лазерное излучение, проекторы, лазероопасные зоны.

*N.Yu. Mal'kova, M.D. Petrova*

**RESULTS OF A PILOT STUDY OF THE INTENSITY  
OF LASER RADIATION IN MODERN PROJECTORS USED  
TO CREATE A LASER SHOW**

**Abstract.** During cultural events, laser projectors are increasingly used to create visual accompaniment. The power of such installations can vary from 1 to 100 watts and, under certain conditions, may exceed the maximum permissible levels of laser radiation. The aim of the study was a hygienic assessment of the laser radiation of projectors when using the maximum possible capacities. The data obtained indicate that at maximum power, all installations have an excess of the remote control for the eyes for all wavelengths at the place of the potential location of the artist.

**Keywords:** laser radiation, projectors, laser hazardous areas.

**Введение**

В наши дни лазерное излучение можно встретить не только на производстве, но и в повседневной жизни, например, во время использования лазерного оборудования в концертных и театрально-зрелищных мероприятиях, на дискотеках. Проекторы мощностью от 1 до 100 Вт используются для создания визуального сопровождения песен, танцев, эстрадных номеров и за счет использования лазерных лучей 3 длин волн (красный, синий, зеленый спектр) могут создавать красочные двигающиеся изображения, завораживающие зрителей.

Ранее было показано, что проекторы, излучающие в трех областях спектра, потенциально опасны как при однократном, так и при многократном воздействии на глаза, т.к. уровни лазерного излучения, могут превышать ПДУ [1]. Действие лазерного излучения на глаза красной, зеленой, синей областей спектра, энергетическими освещенностями, применяемыми при



проведении лазерных шоу, приводят к достоверным изменениям функции зрения по состоянию световой и цветовой чувствительности [2, 3]. При непосредственном контакте с глазом лазерного луча с длиной волны в видимой области спектра лазерное излучение беспрепятственно проходит через оптические среды глаза и достигает сетчатки [4–6]. Пигментный эпителий сетчатки содержит мелано-белковые гранулы, которые поглощают большую часть видимого излучения, попадающего в глаз. Именно эта область повреждается в первую очередь [7]. Сетчатка поглощает около 10% коротковолнового сине-зеленого излучения, в то время как риск повреждения нервных волокон сетчатки в макулярной области еще более повышен, так как желтый пигмент интенсивно поглощает сине-зеленое (особенно синий компонент) излучение. Поэтому синие лазеры считаются более опасными для органа зрения [4].

По результатам исследований, проведенных во время проведения лазерного шоу [8], попадание луча лазера в глаза зрителей вызывало у 81% опрошенных участников шоу неприятные ощущения в глазах, у 79% – временное ослепление, у 27% – временное нарушение цветовосприятия, 1% – головную боль. Только 26% участников не предъявляли никаких жалоб во время шоу. Данные клинических исследований пациентов, посетивших одно и то же мероприятие с лазерным шоу, сканирующим аудиторию, и обратившихся к врачу со снижением остроты зрения после прямого попадания лазера в один глаз, показало пятна коагуляции сетчатки одинакового размера, что привело к кровоизлиянию в сетчатку у обоих пациентов. Несмотря на благоприятное разрешение геморрагического процесса, у одного из пациентов сохранились остаточные нарушения через 7 месяцев после происшествия, и у обоих пациентов остался пожизненный риск неоваскуляризации в месте воздействия лазера [9]. Эти данные согласуются с другими исследованиями [10], в которых анализировались данные состояния органа зрения пациентов с возрастным диапазоном от 8 до 36 лет. В большинстве случаев пациенты в течение нескольких секунд подвергались воздействию лазерного излучения видимой области спектра. Все пациенты жаловались на центральную/парацентральную скотому. При офтальмологическом обследовании было отмечено круглое, четко выраженное глубокое желтовато-оранжевое обесцвечивание на уровне пигментного эпителия сетчатки. Дополнительными находками у нескольких обследуемых были макулярное кровоизлияние [11]. У части пациентов наблюдалась острая макулопатия, которая привела к изменению пигментного эпителия сетчатки в субфовеальной области и снижению зрения. Один случай осложнился появлением хориоидальной неоваскулярной мембраны [12]. Через 12 месяцев у двух пациентов с помощью микропериметрии было выявлено снижение чувствительности в области центральной ямки сетчатки [13].

В связи с этим целью настоящей исследования являлась гигиеническая оценка лазерного излучения проекторов при использовании максимально возможных мощностей.

**Материал и методы.** Измерения проводились на 7 многоцветных проекторах с мощностями от 12 до 30 Вт марок Spectrum и Atom и длинами волн 445, 532 и 640 нм при настроенной проекционной системе повернутым лазерным дозиметром ЛД-07 на расстоянии 7 м от сканирующей системы (место возможного расположения артиста). Замеры проводились на основании МР 2.2.4.0115-16 «Оценка безопасности использования лазерных проекторов» [14] и для оценки использовались наиболее яркие опорные точки тестовой картины, выбранные в соответствии с методическими рекомендациями.

Для оценки безопасности измеренных величин проведено сравнение с ПДУ, рассчитанного в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [15]. Время действия рассеянного излучения на глаза артистов и зрителей принималось за время реакции глаза: 0,25 с. В случае выявления превышения ПДУ, согласно МР 2.2.4.0115-16 рассчитывалась лазероопасная зона.

### Результаты

Данные, полученные в ходе исследования, представлены в таблице 1. Таблица 1 – Результаты замеров энергетической освещенности рассеянного лазерного излучения на расстоянии 7 м.

Название	Мощность	Длина волны, нм	Уровни лазерного излучения, Вт/см <sup>2</sup>	ПДУ для глаз, Вт/см <sup>2</sup>	Длина ЛОЗ
Spectrum	12	445	(1,5-5,7)×10 <sup>-4</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	62
		532	(0,96-1,1)×10 <sup>-3</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		640	(2,2-2,7)×10 <sup>-3</sup>	5,0×10 <sup>-4</sup>	
	14	445	(4,4-5,9)×10 <sup>-4</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	62
		532	(0,96-1,1)×10 <sup>-3</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		640	(2,2-2,7)×10 <sup>-3</sup>	5,0×10 <sup>-4</sup>	
	20	445	(4,4-5,9)×10 <sup>-4</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	95
		532	(1,5-2,2)×10 <sup>-3</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		637	(2,5-3,1)×10 <sup>-3</sup>	5,0×10 <sup>-4</sup>	
	25	445	(4,4-5,9)×10 <sup>-4</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	95
		532	(1,5-2,2)×10 <sup>-3</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		637	(2,5-3,1)×10 <sup>-3</sup>	5,0×10 <sup>-4</sup>	
30	460+445	(5,4-7,7)×10 <sup>-4</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>	100	
	532	(1,9-2,8)×10 <sup>-3</sup>	2,5×10 <sup>-4</sup>		
	637	(3,6-4,2)×10 <sup>-3</sup>	5,0×10 <sup>-4</sup>		

Название	Мощность	Длина волны, нм	Уровни лазерного излучения, Вт/см <sup>2</sup>	ПДУ для глаз, Вт/см <sup>2</sup>	Длина ЛОЗ
Atom	12	445	<b>(2,8-3,4)×10<sup>-4</sup></b>	2,5×10 <sup>-4</sup>	80
		520	<b>(1,2-1,8)×10<sup>-3</sup></b>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		637	<b>(2,1-3,0)×10<sup>-3</sup></b>	5,0×10 <sup>-4</sup>	
	20	445	<b>(3,6-4,1)×10<sup>-4</sup></b>	2,5×10 <sup>-4</sup>	87
		520	<b>(1,6-2,1)×10<sup>-3</sup></b>	2,5×10 <sup>-4</sup>	
		637	<b>(3,4-4,0)×10<sup>-3</sup></b>	5,0×10 <sup>-4</sup>	

*Примечание:* жирным шрифтом обозначены величины энергетической освещенности, превышающие предельно допустимые уровни.

**Обсуждение.** Данные измерений свидетельствуют о том, что при максимальной мощности у всех установок наблюдается превышение ПДУ для глаз на расстоянии 7 м для всех длин волн. Размер лазероопасных зон составляет от 62 до 100 м. Из таблицы видно, что прямая корреляция между выходной мощностью и длиной лазероопасной зоны отсутствует. Так, например, установки Spectrum и Atom мощностью 12 Вт, при одной и той же мощности дают разные длины лазероопасных зон (62 м), и при этом разные мощности могут давать одну и ту же длину: установки Spectrum 12 и 14 Вт имеют длину ЛОЗ 62 м. Однако есть тенденция к увеличению длины лазероопасной зоны при увеличении мощности.

**Выводы.** Вероятность превышения предельно допустимых уровней лазерного излучения на доступных для использования мощностях ставит под угрозу безопасность мероприятия как для посетителей, так и для актеров и операторов проекторов. Данный вопрос требует более глубокой проработки защитных мероприятий на всех уровнях: как на организационном, так и на бытовом. Повышение осведомленности граждан о принципах биологического действия лазерного излучения позволит гражданам самостоятельно оценить риски и проявить осторожность во время просмотра лазерных шоу.

### Список литературы:

1. Малькова Н.Ю. Оценка риска неблагоприятного действия лазерного излучения на орган зрения при проведении культурно-массовых мероприятий. // Мед.труда и пром. экол. №5.-2018. -С.54–57.
2. Малькова Н.Ю., Ушкова И.Н., Романенко Е.И. Влияние лазерного излучения от проекторов на орган зрения. // Медицина труда и промышленная экология, 2014.- №9.-С.37-40.
3. Омеляненко Л.М., Комарова А.А. Состояние здоровья работающих с твердотельными лазерами // Клиника и вопросы экспертизы трудоспособности при заболеваниях, вызванных воздействием физических факторов. М., 1971 С. 99-103.
4. Куликов А.Н., Власенко А.Н., Мальцев Д.С., Коваленко А.В., Коваленко И.Ю. Клинические случаи повреждения глаз излучением лазерных указок // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019., № 3 (67). С. 103-106.

5. Желтов, Г.И. Нормативы по лазерной безопасности: истоки, уровень, перспективы. Фотоника. 2017 (1):10-35.
6. Халимов Ю.Ш., Власенко А.Н., Цепкова Г.А., Сосюкин А.Е. Профессиональные заболевания, вызванные воздействием лазерного излучения // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019 Т. 21 № 2 С. 209–214. doi: 10.17816/brmma25946.
7. Черепнин А.И., Цыганкова А.И., Сипина Ю.В., Елсакова Н.В. Клинические случаи повреждения сетчатки в быту инфракрасным излучением лазерной указки // Современные технологии в офтальмологии. 2018 № 2 С. 280–282.
8. Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. “К вопросу о пересмотре гигиенического норматива лазерного излучения для населения” труды международной молодежной научной конференции «Экологические проблемы природо- и недропользования» Том XIX/ под ред.В.В.Куриленко – СПб.: СПбГУ, 2019.-С.229-232.
9. Boosten K, Van Ginderdeuren R, Spileers W, et al. Laser-induced retinal injury following a recreational laser show: two case reports and a clinicopathological study. Bull Soc Belge Ophtalmol. 2011; (317):11-6.
10. Мирошниченко А.Б., Кроз С.Ф. О некоторых изменениях функционального состояния организма при обслуживании оптических квантовых генераторов // Гигиена труда. 1974 № 4 С. 44-45.
11. Mtanes, Kamal & Mimouni, Michael M, & Zayit-Soudry, Shiri. Laser Pointer–Induced Maculopathy: More Than Meets the Eye. Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus. 2018. 55(5):312–318. doi:10.3928/01913913-20180405-01
12. Raouf N, Chan TK, Rogers NK, et al. ‘Toy’ laser macular burns in children. Eye (Lond). 2014; 28:231-234.
13. Raouf N, O’Hagan J, Pawlowska N, Quhill F. ‘Toy’ laser macular burns in children: 12-month update. Eye (Lond). 2016;30:492-496.
14. МР 2.2.4.0115-16 Оценка безопасности использования лазерных проекторов: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2017 – 12 с.
15. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

#### **Сведения об авторах:**

**Малькова Наталья Юрьевна**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: lasergmal@mail.ru.

**Петрова Милена Дмитриевна**, младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; Санкт-Петербург, Россия; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru.

УДК 581.151:582.912.46:621.039 (470.21)

*Никанов А.Н., Катаев Г.Д.*

## **ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

**Аннотация.** Проанализированы данные химического анализа проб органов и тканей (морфологические и генетические характеристики) фоновых видов лесных грызунов *Myomorpha*, проживающих на территории в непосредственной близости от металлургического предприятия, осуществляющего переработку медно-никелевых руд. По результатам проведённых исследований установлено, что животные в зоне воздействия повышенных концентраций поллютантов имели биологические показатели, отклоняющиеся от контрольного уровня. Апробированный метод биотестирования может быть применён при разработке критериев экологически безопасного уровня на арктических территориях с высоким промышленным потенциалом.

**Ключевые слова:** Арктическая зона Российской Федерации, поллютанты, млекопитающие, морфологические и генетические характеристики.

*Nikanov A.N., Kataev G.D.*

## **INFLUENCE OF INDUSTRIAL POLLUTANTS ON BIOLOGICAL INDICATORS OF MAMMALS IN THE RUSSIAN ARCTIC**

**Abstract.** The data of chemical analysis of samples of organs and tissues (morphophysiological and genetic characteristics) of background species of forest rodents «*Myomorpha*» living in the territory in the immediate vicinity of the metallurgical enterprise carrying out processing of copper-nickel ores are analyzed. According to the results of the studies, it was established that animals in the zone of high concentration of pollutants had biological indicators that deviate from the control level. The proven method of biotesting can be applied in the development of criteria for an environmentally safe level in the Arctic territories with high industrial potential.

**Keywords:** Arctic zone of the Russian Federation, pollutants, mammals, morphophysiologicals and genetics characteristics.

Интенсивное развитие промышленности в европейской части Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) сопряжено с формированием обширных зон антропогенных загрязнений окружающей природной среды. Мурманская область – один из наиболее индустриально развитых регионов на территории АЗРФ. Здесь расположены крупнейшие предприятия горнодобывающей (города Кировск, Апатиты, Оленегорск, Ковдор) и металлургической промышленности (Никель, Заполярный, Мончегорск, Кандалакша), ежегодно извлекающие на поверхность земли миллионы тонн горных пород и выбрасывающие в окружающую среду тысячи тонн загрязняющих веществ (поллютантов), среди которых наиболее опасными для окружающей природной среды и здоровья человека являются тяжелые металлы, диоксид серы и фтор. Интенсивное развитие промышленности на территории Мурманской области сопряжено с загрязнением окружающей

природной среды. В окрестностях металлургических предприятий многие виды животных реагируют на техногенное воздействие, но несомненный приоритет в изучении экологических последствий принадлежит популяциям млекопитающих [1, 3, 4, 9]. Исследования, проведенные специалистами ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» в течение 1995–2014 гг. установили наличие нарушений здоровья, в том числе репродуктивного, среди населения, работающих на металлургических предприятиях и проживающих в населенных пунктах в непосредственной близости [2, 7, 8, 11, 12]. Большинство видов мелких млекопитающих являются фитофагами и потребляют до 30-40% первичной продукции травянистой растительности и, таким образом, обеспечивают транспорт токсичных элементов в наземных экосистемах от почвы и растительности к хищным животным. Региональные загрязнители воздействуют на млекопитающих как опосредованно через состояние растений, почву и кормовые ресурсы, так и непосредственно, в качестве биохимических агентов нарушающих структуру клеток, физиологический процесс и жизнедеятельность организма [1, 5, 6, 10].

**Материал и методы.** Выбор районов для проведения исследований по оценке влияния техногенных поллютантов на мелких млекопитающих *Myomorphа* (полевок) осуществлён на основе аналогичности ландшафтных, почвенных и геоботанических характеристик – они представлены северо-таёжными елово-берёзовыми кустарничково-зеленомошными лесами. Учёт численности мелких млекопитающих проводили стандартным методом ловушко-линий. Проведено изучение демографических параметров и потенциал размножения красно-серых полевок, обитающих по градиенту загрязнения. Проведен сравнительный анализ между собой данных полученных в пунктах 1 (29 км на юг) и 2 (в 30 км на запад от металлургического предприятия). Материалы получены на территории Лапландского заповедника и охранной зоны по восточной его границе. Место расположения пункта 1 находится на территории частично нарушенных экосистем, пункта 2 – на территории ненарушенных экосистем (контроль). Эффект токсического влияния поллютантов исследовали на уровне популяций млекопитающих по их структуре и особенностям функционирования и на уровне организма по совокупности физиологического состояния и содержания техногенных загрязнителей в тканях и органах. Всего было проанализировано 68 проб органов и тканей красно-серой полёвки. Определение концентраций металлов-загрязнителей меди (Cu) и никеля (Ni) проводилось с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра (AAS Perkin Elmer Model 560).

Анализ состояния природных популяций красно-серой полёвки, по морфофизиологическим показателям, выявил различия в относительном весе печени и селезёнки. У взрослых самцов (пункт 1) по сравнению с особями, обитающими значительно дальше от него (пункт 2), индекс печени был ниже, а индекс селезёнки, наоборот, выше, что следует считать наиболее выраженными показателями патологий.



**Результаты.** Установлено, что в районе наблюдения на протяжении 5 км на север и 7 км на юг от металлургического предприятия численность видов мелких млекопитающих достигает минимальных величин. В зависимости от степени техногенного влияния изменяется соотношение полов и поколений, происходят адаптационные перестройки в воспроизводстве и скорости развития животных. У красно-серой полёвки, с приближением к источнику выбросов промышленных поллютантов, меняется возрастная структура – меньше становится доля сенильных и субсенильных особей в популяции, уменьшается продолжительность жизни особей, сокращается количество выводков за сезон. Потенциал воспроизводства у полёвок, обитающих в пунктах 1 и 2 почти одинаков, но фактическая плодовитость полевок, обитающих вблизи металлургического предприятия в 1,4 раза ниже. Половой состав оказался слабо нарушенным – по мере удаления от источника загрязнения растёт доля самцов.

При изучении характера распределения различных элементов в организме красно-серой полёвки выяснилось, что наибольшие концентрации основных загрязняющих веществ (Cu и Ni) оказались сосредоточенными в селезёнке, желудке с кормом, печени и почках, а меньше всего металлов содержали семенники, железы поднижнечелюстного треугольника и мышечная ткань. Загрязнение окружающей природной среды промышленными поллютантами сопровождается накоплением металлов-загрязнителей в растениях, произрастающей в непосредственной близости от металлургического предприятия, в том числе и в кормовых растениях грызунов. Этим обстоятельством объясняется максимальное количество таких металлов-загрязнителей как медь и никель, обнаруженные в желудках с кормом у красно-серых полевок – 86,7 и 3,1 мг/кг абсолютно сухого вещества (табл.1).

Таблица 1 – Содержание металлов меди и в органах и тканях красно-серой полёвки на различном удалении от источника выбросов, мг/кг

№ п/п	Органы и ткани	Расстояние до источника выбросов (км)							
		30,0		29,0		19,0		4,0	
		Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni
1	Семенники	1,6	0,1	н/д	н/д	н/д	н/д	5,1	0,4
2	Мышцы	1,3	0,0	н/д	н/д	н/д	н/д	7,4	0,9
3	Железы	11,1	1,0	10,3	0,5	16,9	0,3	16,0	2,0
4	Селезенка	0,0	0,0	н/д	н/д	н/д	н/д	16,6	0,5
5	Почки	24,0	0,3	19,4	0,3	28,1	0,4	27,4	1,1
6	Печень	14,3	0,6	16,9	0,3	18,7	0,4	28,9	2,9
7	Кости черепа	21,8	0,4	24,0	0,5	19,4	1,5	72,0	4,9
8	Желудок с кормом	24,9	0,4	13,3	0,6	18,5	1,2	86,7	3,1

Примечание. н/д – нет данных

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено, что животные в зоне повышенных концентраций поллютантов имели биологические показатели, отклоняющиеся от контрольного уровня. Апробированный метод биотестирования, где в качестве объектов исследования использовались млекопитающие, может быть применён при разработке критериев экологически безопасного уровня на арктических территориях с высоким промышленным потенциалом.

### Список литературы

1. Большаков В.Н., Пястолова О.А., Вершинин В.А. 2001. Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах // Экология. 2001. № 5. С. 343–354.
2. Горбанев С.А., Никанов А.Н., Чащин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 50–51.
3. Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А., Богданов М.Ю. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы // Морская медицина. 2017. Т. 3. № 1. С. 7–13.
4. Кизеев А.Н., Жиров В.К., Ушамова С.Ф., Коклянов Е.Б., Никанов А.Н., Кульнев В.В., Базарский О.В. Экогеосистемы горнодобывающего класса северо-запада Восточно-Европейской платформы (Мурманская область) // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии. Коллективная монография. Под ред. проф. И.И. Косиновой. Воронеж. 2015. С. 282–326.
5. Куперман Р.Г., Катаев Г.Д. Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб.: Наука, 1995. 253 с.
6. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. Популяции (рыжая полёвка как модель) // Успехи современной биологии. 1998. Т. 118, Вып. 5. С. 694–707.
7. Никанов А. Н., Чащин В.П., Горбанев С.А., Дардынская И., Гудков А.Б., Лагхайн Б., Попова О.Н., Дорофеев В.М. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 2. С. 12–20.
8. Талыкова Л.В., Быков В.Р., Никанов А.Н. Окружающая среда как фактор риска для состояния репродуктивного здоровья населения европейской части Арктической зоны РФ // Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017», Севастополь: СевГУ, 2017. С. 1308–1311.
9. Чащин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.
10. Черненко Т.В., Бутусов О.В., Сычёв В.В., Конева Г.Г., Кабилов Р.Р.,

Степанов А.М., Куперман Р.Г., Катаев Г.Д. Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб.: Наука, 1995. 253 с.

11. Chashchin V.P., Gorbanev S., Syurin S., Nikanov A., Chashchin M., Thomassen Y., Ellingsen D.G., Nieboer E., Odland J.Ø. Occupational medicine and environmental health in the border areas of Euro-Arctic Barents region: A review of 30-year Russian-norwegian research collaboration outcomes. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. Vol. 17. № 11. P.3879

12. Nieminen P., Panychev D., Lyalyushkin S., Komarov G., Nikanov A., Borisenko M., Kinnula V. L., Toljamo T. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia // International Journal of Circumpolar Health. 2013. Vol. 72. № 1. P. 19742.

#### **Сведения об авторах**

*Никанов Александр Николаевич*, кандидат медицинских наук, руководитель отдела клинических исследований, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

*Катаев Геннадий Дмитриевич*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Лапландский государственный природный биосферный заповедник», г. Мончегорск, Мурманская обл., Россия; e-mail: kataev105@yandex.ru

УДК 613.648.2/613.6.02

*Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н.,  
Ляшко Г.Г., Плеханов В.П.*

### **НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Аннотация.** Среда обитания человека загрязнена антропогенными электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Самыми распространенными и быстро развивающимися источниками ЭМИ РЧ являются сети сотовой подвижной радиосвязи. Целью исследования являлся анализ современного состояния нормативно-методического и инструментального контроля уровней электромагнитных излучений, создаваемых базовыми станциями (БС) сотовой связи на селитебных территориях. В исследовании были использованы материалы статей отечественных и зарубежных авторов, информационных Интернет-ресурсов. Выполнен анализ национальных и международных нормативно-методических документов, а также результатов рассмотрения проектных материалов и инструментальных исследований уровней электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых базовыми станциями. В результате исследования установлено, что гигиенические нормативы ЭМП

РЧ принятые в разных странах существенно отличаются. Результаты измерений свидетельствуют, что в большинстве случаев ЭМП не превышают предельно допустимый уровень (ПДУ)  $10 \text{ мкВт/см}^2$ . Методические подходы к измерению уровней ЭМП в России и за рубежом различны. Актуальна разработка вопросов методического и аппаратного обеспечения определения уровней ЭМП РЧ, воздействующих на население.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, сотовая связь, базовые станции, нормативные документы.

*Nikitina V.N., Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N.,  
Lyashko G.G., Plekhanov V.P.*

## REGULATORY AND METHODOLOGICAL SUPPORT AND INSTRUMENTAL CONTROL OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS OF CELLULAR BASE STATIONS IN RESIDENTIAL AREAS

**Abstract.** The human habitat is polluted by anthropogenic electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMR RF). The most common and rapidly developing sources of RF EMR are cellular mobile radio networks. The purpose of the study was to analyze the current state of regulatory, methodological and instrumental control of electromagnetic radiation levels created by cellular base stations in residential areas. The materials of articles by domestic and foreign authors, information Internet resources were used in the study. The analysis of national and international regulatory and methodological documents, as well as the results of the review of design materials and instrumental studies of the levels of electromagnetic fields (EMF) created by base stations (BS) is carried out. As a result of the study, it was found that the hygienic standards of RF EMF adopted in different countries differ significantly. The measurement results indicate that in most cases the EMF does not exceed the remote control ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ). Methodological approaches to measuring EMF levels in Russia and abroad are different. The development of issues of methodological and hardware support for determining the levels of RF EMF affecting the population is relevant.

**Keywords:** electromagnetic fields, radio frequency range, cellular communications, base stations, regulatory documents.

### Введение

Загрязнение среды обитания человека антропогенными электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона является характерным для современного этапа развития научно-технического прогресса. Особенно сложная электромагнитная обстановка складывается в крупных городах. Источниками ЭМИ РЧ на селитебных территориях могут быть антенны объектов радиосвязи, радиовещания, телевидения. Но самыми распространенными и быстро развивающимися источниками ЭМИ РЧ являются сети сотовой подвижной радиосвязи. За последние 15 лет сменились несколько поколений сотовой связи (2G, 3G, 4G). На пороге внедрение сетей мобильной связи пятого поколения. Элементами системы сотовой связи являются базовые станции и абонентские терминалы (АТ), далее мобильные

телефоны. От антенн БС на человека воздействуют ЭМП РЧ дальней зоны излучения. При использовании мобильных телефонов человек подвергается ЭМП ближней зоны. При воздействии ЭМП на людей различают осознанный, добровольный и вынужденный риск здоровью человека. Осознанный риск здоровью рассматривается в условиях воздействия ЭМП в профессиональной деятельности. Добровольный риск человек принимает на себя, используя источники ЭМП для создания комфортной среды, примером этому является АТ мобильной связи. И, наконец, вынужденный риск – это когда человек не может повлиять на размещение источника электромагнитного излучения и это вызывает наибольшую обеспокоенность населения. Именно к таким источникам относятся базовые станции сотовой связи, установленные на зданиях, антенн-мачтовых сооружениях, опорах двойного назначения.

**Цель исследования:** Анализ современного состояния нормативно-методического и инструментального контроля уровней электромагнитных излучений, создаваемых базовыми станциями сотовой связи на селитебных территориях.

**Материалы и методы.** Информационной базой исследования были статьи, напечатанные в отечественных и иностранных журналах, имеющих квартиль Q1, Q2 в базе данных Scopus. Используются материалы зарубежных информационных Интернет-ресурсов, статьи Российской электронной библиотеки научных публикаций ELIBRARY.RU. Анализировались отечественные и зарубежные подходы к нормированию ЭМП РЧ, методикам измерения и результаты измерения уровней электромагнитных полей создаваемых БС на открытой территории и внутри зданий. В исследовании учитывался наш опыт рассмотрения проектных материалов на размещение базовых станций (более 50 проектов) и проведения измерений уровней ЭМП при вводе базовых станций в эксплуатацию (более 300).

**Результаты.** В Российской Федерации принят ряд документов санитарного законодательства, направленных на защиту населения от неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ, создаваемых радиоэлектронными средствами (РЭС), в том числе базовыми станциями подвижной радиосвязи.

Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» устанавливают предельно допустимый уровень ЭМП на территории жилой застройки, в местах, связанных с пребыванием людей, внутри жилых, общественных зданий в диапазоне частот 0,3 – 300 ГГц 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» устанавливает

санитарно-эпидемиологические требования к размещению и эксплуатации радиоэлектронных средств, к которым относятся базовые станции сотовой связи. Согласно документу, перед размещением, реконструкцией, техническим перевооружением (модернизацией) РЭС, правообладателем радиоэлектронных средств должна разрабатываться проектная документация на условия размещения радиоэлектронного средства, на которую должно оформляться санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии санитарным правилам и гигиеническим нормативам. При решении вопросов размещения объектов гражданского назначения, а также при проектировании, реконструкции, техническом перевооружении объектов инженерной инфраструктуры уровня ЭМП, создаваемых РЭС в зонах рекреационного назначения, на территории жилой застройки и в местах, связанных с пребыванием людей, внутри жилых, общественных зданий, не должны превышать гигиенические нормативы. Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты представлен в методических указаниях МУ 4.3.2320-08 «Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты».

В санитарных правилах СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (п.3.5.3) прописано: «Размещение базовых станций подвижной сотовой связи на собственной территории образовательных организаций не допускается». До 01.10.22 г. действует СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной связи», согласно которого антенны базовых станций рекомендуется размещать на отдельно стоящих опорах и мачтах. Допускается размещение передающих антенн базовых станций на крышах жилых, общественных и других зданий и в иных местах при условии соблюдения предельно допустимых уровней ЭМП, создаваемых антеннами базовых станций на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений. Определение уровней электромагнитных полей от БС в окружающей среде проводится расчетными и инструментальными методами в соответствии с методическими указаниями МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи». На обеспечение электромагнитной безопасности населения направлены также требования ГОСТ 55815-2013 «Безопасность объектов и средств связи».

Анализ национальных и международных нормативов электромагнитных полей радиочастотного диапазона показал, что существует существенное расхождение в значениях предельных уровней ЭМП радиочастот, приня-



тых в разных странах и разнообразие вариантов установления нормативов [1]. Выявлено, что в различных странах мира нормативные документы имеют различные юридические статусы и относятся к разным отраслям регулирования – здравоохранению, окружающей среде и телекоммуникациям. Исследование показало, что при нормировании данного физического фактора страны используют результаты собственных исследований, нормативы других стран, регламенты воздействия ЭМП, рекомендуемые Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) [2]. В Руководстве ICNIRP представлены уровни плотности потока энергии ЭМП ( $1000 \text{ мкВт/см}^2$ ), рекомендуемые для кратковременных воздействий и направлены на защиту населения от острых поражений. Ограничения установлены путем теоретических расчетов и экспериментов на фантомах. Нормативы не имеет медико-биологического обоснования. В них учитываются только тепловые эффекты и не принимается во внимание длительное (хроническое) воздействие ЭМП нетепловой интенсивности.

Интенсивность ЭМП РЧ, создаваемые БС на открытой территории и внутри зданий, зависит от многих факторов: мощности БС, высоты установки, диаграммы направленности и угла наклона секторных антенн, интенсивности трафика и других. Нами проводились измерения ЭМП РЧ БС на открытых территориях и прилегающих зданиях при различных вариантах размещения БС. Измерения выполнялись измерителем уровней электромагнитных излучений ПЗ-42. Прибор внесен в Государственный реестр средств измерения и проходит ежегодную поверку. Наш опыт инструментальных измерений уровней ЭМП, создаваемых антеннами базовых станций стандартов сотовой связи 2G, 3G, 4G, показал, что при всех вариантах размещения БС на открытых территориях, значения плотности потока энергии (ППЭ) не превышают ПДУ. Не регистрируются превышения ПДУ ЭМП в помещениях зданий, на крыше которых установлены БС. При сопоставлении расчетных величин и измеренных уровней ППЭ ЭМП в контрольных точках на крыше зданий и внутри помещений установлено, что измеренные величины ППЭ в одних случаях были ниже расчетных значений, в других – превышали расчетные уровни ЭМП. Встречаются условия, при которых регистрируются превышения плотности потока энергии ЭМП на крышах зданий, на которых они установлены. Однако, на территории, прилегающей к БС, превышение ПДУ ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ) не зарегистрировано. Аналогичные данные получены и другими авторами [3-5]. В единичных случаях, в помещениях зданий, расположенных напротив БС, регистрируются превышения ПДУ. Так, при измерениях ЭМП от БС, расположенных на учебных и жилых корпусах Дальневосточного федерального университета на о. Русском, значения плотности потока энергии внутри некоторых зданий достигали  $12-14 \text{ мкВт/см}^2$  [6]. Это возможно обусловлено вторичным ЭМП, переизлучаемым элементами конструкций зданий, коммуникациями и внутренней проводкой и т.д.

Характеризуя ЭМП РЧ, создаваемыми антеннами БС, нельзя не отметить высокую нестабильность электромагнитных полей радиочастот, что связано с изменениями трафика. Регистрируются существенные колебания уровней ЭМП в течение часов, суток, дней недели. Измерения носят кратковременный характер. Следует отметить, что абсолютное большинство инструментальных измерений ЭМП БС в России проведено с использованием широкополосных средств измерения. В тоже время, в условиях современной сложной электромагнитной обстановки в среде обитания человека крайне необходимы селективные средства измерения электромагнитных полей радиочастотного диапазона, поскольку широкополосные приборы – измерители ЭМП не всегда позволяют идентифицировать источники электромагнитных полей.

Анализ зарубежного опыта определения уровней ЭМП РЧ БС показывает, что как и в России при определении уровней ЭМП в окружающей среде применяются расчетные и инструментальные методы и выполняются кратковременные измерения уровней ЭМП РЧ. Измерения проводятся преимущественно селективными приборами – измерителями ЭМП. Предпочтение в оценке ЭМП дается расчетным методам и приборам, установленным на автомобиле. Сравнительные измерения уровней ЭМП РЧ проводятся на открытых территориях в различные дни недели, время суток, в том числе в час пик. При кратковременных измерениях с использованием селективных приборов на открытой территории уровни плотности потока энергии от антенн БС составляли от 0,32 мкВт/см<sup>2</sup> до 10,1 мкВт/см<sup>2</sup> [7 – 9]. За рубежом активно изучаются возможности применения персональных дозиметров различных типов для установления индивидуального облучения ЭМП от антенн БС. Измерения ЭМП с использованием индивидуальных дозиметров преследуют две основные цели: во-первых, охарактеризовать индивидуальное облучение человека, во-вторых, измерить типичные уровни воздействия в различных микросредах, таких как общественный транспорт, открытые городские районы, внутри домов и других зонах пребывания людей. При индивидуальной дозиметрии применяются различные варианты размещения антенн и приборов (на теле человека, на велосипеде, в рюкзаке) [10-12]. Проводились сравнения результатов измерения ЭМП РЧ, выполненных различными типами дозиметров [13]. Авторы указывают, что до конца не ясно, как сравнивать разные устройства в реальной среде, где имеются сложные сочетания сигналов со всех направлений. Вызывает опасение искажение ЭМП, падающего на антенну прибора, размещенную непосредственно на теле или вблизи тела человека. Рассматривается возможность использования в измерениях радиочастотного электромагнитного поля в реальных условиях беспилотных летательных аппаратов. Авторы метода считают, что это позволит точно измерить трехмерные диаграммы воздействия ЭМП РЧ на население, в том числе в труднодоступных местах. Измерения на открытом воздухе могут

выполняться на высоте до 60 м [14]. Анализируются результаты различных методик оценки воздействия на население уровней радиочастотного электромагнитного поля в повседневной среде. Авторы констатируют значительные различия между исследованиями в зависимости от вида процедуры измерения, что исключает межгосударственное сравнение результатов. Для точного определения типичных уровней воздействия РЧ ЭМП в повседневной среде необходима сопоставимая концепция мониторинга ЭМП [15].

Обсуждение. Актуальность разработки вопросов методического и аппаратного обеспечения определения уровней ЭМП РЧ, воздействующих на человека, понятна. Информация о параметрах ЭМИ РЧ необходима для оценки интенсивности ЭМИ (сравнения с допустимыми уровнями воздействующего фактора), разработки мероприятий по защите. Данные об интенсивности излучения используются для установления причинно-следственных связей между воздействием ЭМИ РЧ и нарушением здоровья. Инструментальные измерения параметров ЭМИ РЧ являются важнейшим этапом исследований в области электромагнитной безопасности. Для гигиенической оценки реальных параметров электромагнитных полей радиочастотного диапазона, создаваемых базовыми станциями подвижной радиосвязи и другими техническими средствами в окружающей среде, требуются селективные средства измерения, которые, к сожалению, в России не выпускаются. Анализ материалов показал, что за рубежом существует многовариантность методических подходов к измерению уровней ЭМП, особенно при индивидуальной дозиметрии. По нашему мнению, применяемое за рубежом при измерении ЭМП РЧ размещение индивидуальных дозиметров непосредственно на теле человека, в рюкзаках, в пластиковых корзинах на велосипедах, может вносить существенные погрешности в результаты измерений. Требуется обсуждение специалистами принципиальных подходов к определению индивидуальной дозы ЭМИ РЧ в условиях сложной электромагнитной обстановки в городской среде. В России ведутся исследования по разработке индивидуальных дозиметров, однако они еще не получили широкого распространения.

#### **Выводы:**

1. Дальнейшее развитие сотовой мобильной радиосвязи и внедрение цифровых технологий будет сопровождаться увеличением загрязнения среды обитания человека электромагнитными полями радиочастотного диапазона особенно в условиях мегаполисов.
2. Можно констатировать, что определение уровней ЭМП РЧ в условиях сложной электромагнитной обстановки, создаваемой излучениями радиоэлектронных средств различного назначения, является сложной проблемой.
3. На сегодня является актуальной научная разработка методических вопросов определения уровней ЭМП радиочастот, воздействующих на человека и создание соответствующих селективных средств измерения электромагнитных полей.

## Список литературы

4. Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Панкина Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона. // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2020. №10 (333). – С.28-33. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33.
5. ICNIRP GUIDELINES for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) // *Health Phys.* – 2020. – Vol. 118, № 5. P. 483-524.
6. Луценко Л.А., Гвоздева Л.Л., Турдыев Р.В. Вопросы гигиенической безопасности при размещении и введении в эксплуатацию базовых станций сотовой связи // *Медицина труда и экология человека*. –2019. – №1 (17). – С.11-15.
7. Кордюков Н.М. Оптимизация контроля за электромагнитными полями от базовых станций сотовой связи // *Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина-2020»*, 18-19 ноября 2020, Санкт-Петербург. СПб. – 2020. – С.212-217.
8. Высотин С.А., Сайфитова А.Т., Рязанова Е.А. Гигиеническое значение электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи // *Международный студенческий научный вестник*. –2019. – №5-1. – С. 9-16.
9. Стаценко Л.Г., Бахвалова А.А., Жмакина И.Д. Электромагнитный фон на территории кампуса ДВФУ на о. Русский: инструментальные измерения // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. – 2021. – №3(48). – С. 124-132.
10. Sagar S., Adem S. M., Struchen B., Loughran S. P., Brunjes M. E., Arangua L., Dalvie M. A., Croft R. J., Jerrett M., Moskowitz J. M., Kuo T., Röösi M. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday micro-environments in an international context // *Environ Int.* – 2018. – No. 114. P. 297-306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036.
11. Thielens A., Vanveerdeghem P., Van Torre P., Gängler S., Röösi M., Rogier H., Martens L., Joseph W. A Personal, Distributed Exposimeter: Procedure for Design, Calibration, Validation, and Application // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 2. P. 180. doi: 10.3390/s16020180.
12. Cansiz M., Abbasov T., Kurt M. B., Celik A. R. Mapping of radio frequency electromagnetic field exposure levels in outdoor environment and comparing with reference levels for general public health // *J Expo Sci Environ Epidemiol.* – 2018. – Vol. 28, No. 2. P. 161-165. doi: 10.1038/jes.2016.64.
13. Gryz K., Zradziński P., Karpowicz J. The role of the location of personal exposimeters on the human body in their use for assessing exposure to the electromagnetic field in the radiofrequency range 98-2450 MHz and compliance analysis: evaluation by virtual measurements // *Biomed Res Int.* – 2015. – No. 2015. P. 272460. doi: 10.1155/2015/272460.
14. Gonzalez-Rubio J., Najera A., Arribas E. Comprehensive personal RF-EMF exposure map and its potential use in epidemiological studies // *Environ Res.* – 2016. – No. 149. P. 105-112. doi: 10.1016/j.envres. 2016.05.010.

15. Sagar S., Struchen B., Finta V., Eeftens M., Rösli M. Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment // Environ Res. – 2016. – No. 150. P. 289-298. doi: 10.1016/j.envres.2016.06.020.

16. Eeftens M., Dongus S., Bürgler A., Rösli M. A real-world quality assessment study in six ExpoM-RF measurement devices //ACCEDERA team. Environ Res. – 2020. – No. 182. P. 109049. doi: 10.1016/j.envres. 2019.109049.

17. Joseph W., Aerts S., Vandenbossche M., Thielens A., Martens L. Drone based measurement system for radiofrequency exposure assessment// Bioelectromagnetics. – 2016. – Vol. 37, No. 3. P. 195-199. doi: 10.1002/bem.21964.

18. Sagar S., Dongus S., Schoeni A., Roser K., Eeftens M., Struchen B., Foerster M., Meier N., Adem S., Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review // J Expo Sci Environ Epidemiol. – 2018. – Vol. 28, No. 2. P 147-160. doi: 10.1038/jes.2017.13.

#### **Сведения об авторах:**

**Никитина Валентина Николаевна**, доктор медицинских наук, заведующая отделением изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: v.nikitina@s-znc.ru.

**Калинина Нина Ивановна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru.

**Ляшко Галина Григорьевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: g.lyashko@s-znc.ru.

**Дубровская Екатерина Николаевна**, научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: nikanorushka@mail.ru.

**Плеханов Владимир Павлович**, научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: wplekhanov@bk.ru.

УДК 613.11

*Носков С.Н., Головина Е.Г., Гончик К.Р., Степанян А.А.***ВКЛАД ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ОЦЕНКУ  
БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**Аннотация.** Биометеорологические параметры атмосферы (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность, интенсивность солнечной радиации, состояние электрического поля атмосферы и их временной изменчивости), в условиях повышенного содержания твердых и газообразных примесей в атмосферном воздухе населенных мест могут оказывать существенное влияние на качество жизни и здоровье населения в связи с чем учет их вклада в формирование бронхолегочной заболеваемости имеет важное значение. В настоящей работе установлено что заболеваемость верхних дыхательных путей обследуемого населения находится в определенной зависимости от всех, рассматриваемых факторов: эффективной температуры воздуха, весового содержания взвешенных веществ и формальдегида. Рост заболеваемости наблюдается весной, что обусловлено сезонной изменчивостью метеорологических величин и ростом концентрации взвешенных веществ.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, метеорологический режим, биометеорологические параметры, здоровье населения, качество жизни

*Noskov S.N., Golovina E.G., Gonchik K.R., Stepanyan A.A.***CONTRIBUTION OF AIR POLLUTION TO THE ASSESSMENT OF  
THE BIOMETEOROLOGICAL REGIME OF ST. PETERSBURG**

**Abstract.** Biometeorological parameters of the atmosphere (air temperature and humidity, wind speed and direction, cloudiness, solar radiation intensity, the state of the electric field of the atmosphere and their temporal variability), in conditions of increased content of solid and gaseous impurities in the atmospheric air of populated areas can have a significant impact on the quality of life and health of the population, therefore, taking into account their contribution to the formation of bronchopulmonary morbidity is important. In this work, it was found that the incidence of the upper respiratory tract of the surveyed population is in a certain dependence on all the factors under consideration: the effective air temperature, the weight content of suspended solids and formaldehyde. The increase in morbidity is observed in spring, due to seasonal variability of meteorological values and an increase in the concentration of suspended solids.

**Keywords:** atmospheric air pollution, meteorological regime, biometeorological parameters, public health, quality of life

Биометеорологические параметры атмосферы (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность, интенсивность солнечной радиации, состояние электрического поля атмосферы и их временной изменчивости), в условиях повышенного содержания твердых и газообразных примесей в атмосферном воздухе населенных мест могут оказывать существенное влияние на качество жизни и здоровье населения в связи с чем учет их вклада в формирование бронхолегочной заболеваемости имеет важное значение [1-10]. Целью настоящей работы является изучение



влияния биометеорологических параметров и концентрации основных загрязняющих веществ на заболеваемость бронхолегочной системы населения Калининского района г. Санкт-Петербург. В качестве индикаторного биометеорологического параметра выбрана эффективная температура по Миссенарду [11,12], данный показатель учитывает одновременное влияние температуры и влажности воздуха, на температуру ощущаемую одетым человеком во внешней среде. В работе использованы метеорологическая информация и данные о загрязнении атмосферного воздуха и данные по обращаемости за медицинской помощью за исследуемый период с 2008 по 2019 гг.[13,14,15]

Изучение годовой динамики исследуемых показателей за период с 2008 по 2019 гг., суммы бронхолегочных заболеваний населения (N, относительные единицы), среднегодовых значений эффективной температуры (ЭТ), весового содержания формальдегида (F, мг/м<sup>3</sup>) и взвешенных вещества (P, мг/м<sup>3</sup>) (рис.1) за исследуемый период показывает:

- общую тенденцию незначительного роста заболеваемости бронхолегочной системы жителей Калининского района г. Санкт-Петербурга;
- пиковый рост среднегодового содержания взвешенных веществ в 2011-2016 гг.;
- рост среднегодового весового содержания формальдегида, значение которого понижается при росте эффективной температуры воздуха.

Кроме того, следует отметить, что после 2018 года начинает понижаться содержание формальдегида и взвешенных веществ, что, возможно, приводит к остановке роста заболеваемости.

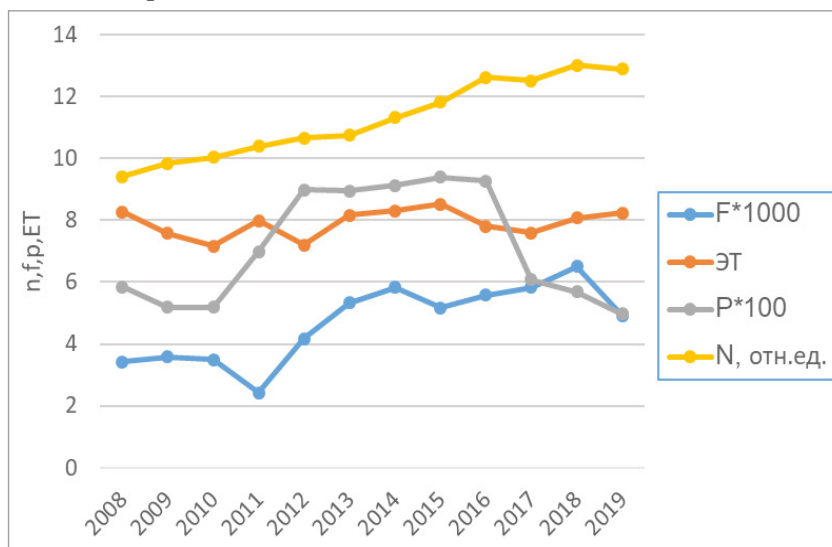


Рисунок 1 – Изменение среднегодовых значений эффективной температуры (ЭТ), весового содержания формальдегида (F, мг/м<sup>3</sup>) и взвешенного вещества (P, мг/м<sup>3</sup>) и заболеваемость бронхолегочной этиологии населения Калининского района г. Санкт-Петербург (N), за период с 2008 по 2019 гг.

Оценка среднегодовой динамики заболеваемости проведена на основании ежедневных обращений населения за медицинской помощью бронхолегочной этиологии (как наиболее чувствительные к загрязнению атмосферного воздуха) в амбулаторно-поликлиническое учреждение за 2008 год. Кроме того, в настоящей работе нами учтена повторяемость наихудших метеорологических условий приземного слоя атмосферы: случаи застоя воздуха, дни со скоростью ветра меньше 0,1 м/с (штиль), приземные и приподнятые инверсии температуры, повторяемость туманов.

Установлено, что заболеваемость верхних дыхательных путей обследуемого населения находится в определенной зависимости от всех, рассматриваемых факторов: эффективной температуры воздуха (рис.2), весового содержания взвешенных веществ и формальдегида. В 2008 году рост заболеваемости наблюдается весной, что обусловлено сезонной изменчивостью метеорологических величин и ростом концентрации взвешенных веществ. При росте эффективной температуры наблюдается снижение заболеваемости и увеличение концентрации формальдегида (Рис. 3) Минимальные уровни заболеваемости отмечались в летнее время, при комфортной эффективной температуре, при понижении содержания пыли и концентрации формальдегида. В зимнее время года в воздухе снижается содержание взвешенных веществ и формальдегида, начинает уменьшаться число заболеваний верхних дыхательных путей.

При дальнейшем рассмотрении характеристик состояния атмосферы (Рис. 4), влияющих на содержание примесей в атмосфере установлено, что рост повторяемости приземных инверсий приводит к росту концентрации формальдегида. В мае отмечается малая повторяемость приподнятых

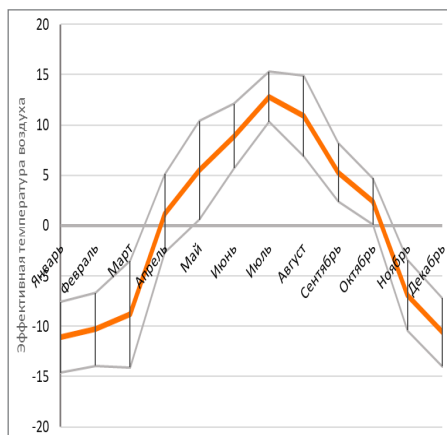


Рисунок 2 – Годовой ход ЭТ с учетом стандартного отклонения, 2008 г

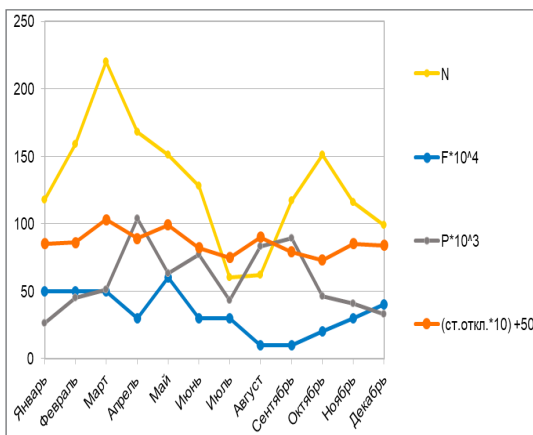


Рисунок 3 – Годовой ход заболеваемости верхних дыхательных путей (N), весового содержания формальдегида (F, мг/м<sup>3</sup>), и взвешенного вещества (P мг/м<sup>3</sup>), стандартное отклонение среднемесячного значения эффективной температуры воздуха (ст.откл) 2008г

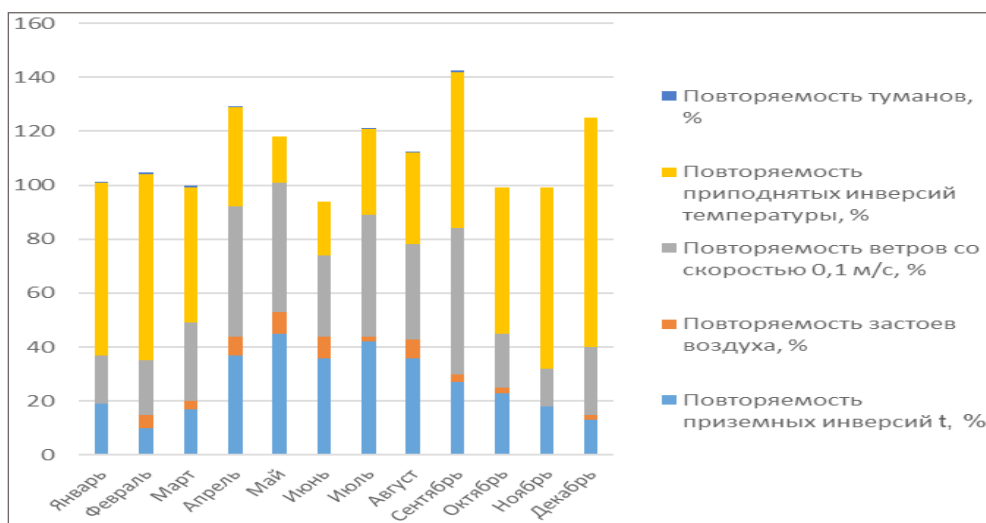


Рисунок 4 – Общая повторяемость метеорологических факторов формирующих изменение концентрации примесей в атмосфере, 2008

инверсий, рост слабых ветров и снижение относительной влажности воздуха, что способствует снижению заболеваемости. Минимальная заболеваемость верхних дыхательных путей регистрируется в июле (при снижении содержания взвешенных веществ и формальдегида в воздухе) и в августе (при росте эффективной температуры и повышению содержания пыли в воздухе, и снижению концентрации формальдегида). Рост скорости ветра в сентябре-октябре приводит к резкому снижению эффективной температуры, что вызывает рост заболеваемости. В декабре наблюдается снижение среднемесячного значения относительной влажности и росту содержания формальдегида в воздухе, снижение заболеваемости верхних дыхательных путей. Заболеваемость человека имеет нелинейную зависимость от всех, рассматриваемых нами факторов – состояния атмосферы и концентрации примесей в воздухе, которые, в свою очередь, зависят от метеорологического режима атмосферы, что необходимо учитывать при прогнозировании влияния погоды на здоровье населения.

### Список литературы

1. Головина Е.Г., Носков С.Н. Подгайский Э.В., Ступишина О.М., Тенилова О.В., Черемных А.В. Возможности использования метеорологической информации в здравоохранении //Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 года. Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет. – 2020. – С. 141-142.

2. Носков С.Н., Карелин А.О., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б. Оценка взаимосвязи обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды // Гигиена и санитария. – 2021. Т. 100. № 8. – С. 775–781. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781
3. Метелица Н.Д., Носков С.Н. Мероприятия по адаптации к изменению климата в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, 21–22 октября 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, А.К. Носкова. Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Мини Тайп». – 2020. – С. 216–218.
4. Карелин А.О., Гедерим В.В., Соколовский В.В. О влиянии космогеофизических и метеорологических факторов на показатели неспецифической резистентности организма. Гигиена и санитария. – 2008; № 1. – С. 29–33.
5. Диханова З.А., Мухаметжанова З.Т., Искакова А.К., Алтаева Б.Ж., Мукашева Б.Г. Влияние климата на организм человека. Гигиена труда и медицинская экология. – 2017; № 1. – С. 11-16.
6. Хаснулин В. И., Гафаров В. В., Воевода М. И., Разумов Е. В., Артамонова М. В. Влияние метеорологических факторов в различные сезоны года на частоту возникновения осложнений гипертонической болезни у жителей г. Новосибирска. // Экология человека. – 2015; № 7. – С. 3–8.
7. Соколовский В.В., Карелин А.О., Гедерим В.В., Шаповалов С.Н. О влиянии космогеофизических и метеорологических факторов на показатели неспецифической резистентности организма. Гигиена и санитария. – 2008; № 1. – С. 29-33.
8. Носков С. Н. Влияние растворимых и нерастворимых неорганических соединений никеля на репродуктивную функцию: специальность 14.00.07: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Носков Сергей Николаевич. – Санкт-Петербург. – 2007. – 24 с.
9. Носков С. Н., Мозжухина Н. А., Калинина Н. И. Об актуализации гигиенических требований к естественному, искусственному и совмещенному освещению помещений жилых зданий / Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 10 (319). – С. 40-45. – DOI 10.35627/2219-5238/2019-319-10-40-45.
10. Мироненко О. В., Киселев А. В., Носков С. Н. Прогнозирование заболеваемости и оценка риска здоровью при выполнении гигиенических исследований, связанных с химическими факторами воздействия / [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 419-428. – DOI 10.21638/11701/spbu11.2017.410.
11. Исаев А.А. Экологическая климатология. Учебное пособие – М., изд. Научный мир. – 2001. – С. 438.
12. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. Учебное пособие – СПб, РГГМУ. – 1993. – С. 90.

13. Копытенкова О.И., Носков С.Н., Еремин Г.Б. Научное обоснование учета природных факторов, влияющих на здоровье населения в формировании причинно-следственных связей «среда – здоровье» в системе социально-гигиенического мониторинга // Отчет о НИР (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). – 2020. № АААА-А20-120021090061-2. – С. 90.

14. Носков С.Н., Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б., Головина Е.Г., Ступишина О., Метелица Н.Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622028 Российская Федерация. База данных «Взаимосвязь обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды»: № 2020621900: заявл. 15.10.2020: опублик. 26.10.2020; заявитель ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ».

15. Копытенкова О.И., Ерёмин Г.Б., Носков С. Н., Рябец В.В., Шилова Е.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666244 Российская Федерация. Программа прогнозирования уровней заболеваемости в зависимости от климатических условий и антропогенного загрязнения атмосферы: № 2020661948: заявл. 08.10.2020: опублик. 08.12.2020; заявитель ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ».

#### **Сведения об авторах**

**Носков Сергей Николаевич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: sergeinoskov@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org//0000-0001-7971-4062>.

**Головина Елена Георгиевна**, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: goloveg@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org//0000-0001-8080-5711>.

**Гончик Ксения Романовна**, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия

**Степанян Алекс Артурович**, младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.stepanian78@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org//0000-0002-8153-1131>.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ РАБОТНИКОВ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

**Аннотация.** Активное освоение Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) повышает важность сохранения здоровья работающего населения, включая непроизводственную сферу экономики. *Цель исследования* состояла в изучении причин развития, структуры и распространенности профессиональной патологии в непроизводственной сфере экономики в АЗРФ. *Материалы и методы.* Проведен анализ результатов социально-гигиенического мониторинга «Условия труда и профессиональная заболеваемость населения» в 2007-2020 гг. *Результаты.* В 2007–2020 гг. выявлены впервые 87 заболеваний, в том числе 76 случаев у медицинских работников и 9 случаев у работников образования. У лиц, занятых в здравоохранении преобладали инфекционные болезни (60,5%), а в образовании – болезни органов дыхания (55,6%). В 2020 году у работников здравоохранения впервые зарегистрированы 10 случаев COVID-19 профессиональной этиологии. В 2007-2020 гг. средняя годовая профессиональная заболеваемость в непроизводственной сфере составила 0,55 на 10000 работников и была в 12-25 раз ниже региональных показателей для всех видов экономической деятельности. *Заключение.* В непроизводственной сфере профессиональные болезни развиваются преимущественно в здравоохранении, в 8-10 реже – у работников образования и в единичных случаях – в других видах деятельности. В развитии патологии у медицинских работников основную роль играет инфекционный фактор, а в ее структуре – туберкулез, вирусный гепатит и с 2020 г. – COVID-19.

**Ключевые слова:** работники непроизводственной сферы, условия труда, профессиональная патология, COVID-19, Арктика.

Syurin S.A.

## OCCUPATIONAL RISKS AND DISEASES OF NON-PRODUCTION WORKERS IN THE RUSSIAN ARCTIC

**Abstract.** The active development of the Russian Arctic increases the importance of preserving the health of the working population, including the non-production sector of the economy. *The aim of the study* was to assess the causes, structure and prevalence of occupational pathology among workers in the non-production sector of the economy in the Russian Arctic. *Materials and methods.* We carried out the analysis of the results of social and hygienic monitoring “Working conditions and occupational morbidity of the population” in 2007-2020. *Results.* In 2007–2020, 87 new occupational diseases were detected among workers in the non-production sector, including 76 cases among medical workers and 9 cases among educational workers. Infectious diseases prevailed (60.5%) in the structure of occupational pathology of health workers while respiratory diseases were most prevalent (55.6%) in pedagogical workers. In 2020, 10 cases of COVID-19 of occupational etiology were registered in healthcare workers. In 2007-2020, the average annual occupational morbidity rate in the non-production sphere in the Russian Arctic was 0.55 per 10,000 employees being 12-25 times lower than regional indicators for all types of economic activity. *Conclusion.* Of the people employed in the non-production sphere, occupational pathology develops mainly in healthcare workers. It was registered 8-10 times less often in education workers and, in isolated cases, in other types of



economic activity. In medical workers, occupational diseases are mainly caused by the infectious factor including tuberculosis, hepatitis viruses and COVID-19 since 2020.

**Keywords:** non-production workers, working conditions, occupational diseases, COVID-19, Arctic.

## Введение

Известно, что, условия труда в производственных отраслях, как правило, хуже, а риски развития профессиональной патологии – выше, чем в непроизводственной сфере экономики [1]. В Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), в которую полностью или частично входят 9 северных субъектов федерации<sup>1</sup>, основу хозяйственной деятельности составляет добыча и переработка природных ресурсов, осуществляемых в неблагоприятных климатических [2, 3] и вредных условиях труда [4, 5].

В отличие от промышленных предприятий, данные о профессиональной патологии в непроизводственном секторе экономики АЗРФ крайне ограничены и представлены исследованием состояния профессионального здоровья работников здравоохранения в регионе в 2007-2017 годах [6]. Сведений о профессиональной патологии лиц, занятых в таких видах непроизводственной экономической деятельности, как «Образование», «Финансовая деятельность», «Гостиницы и рестораны», «Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг», «Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг», «Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение» в научной литературе не представлены. Однако во время все более активного и разнопланового освоения природных богатств Арктики повышаются требования к условиям труда и мероприятиям по сохранению здоровья и предупреждению развития профессиональных заболеваний работающего населения, включая непроизводственную сферу экономической деятельности<sup>2</sup>.

**Материалы и методы.** Проведен анализ условий труда и первичной профессиональной заболеваемости в АЗРФ в 2007-2020 годах (данные предоставлены ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва).

Результаты исследований обработаны с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и программы Epi Info, v. 6.04d. Определялись t-критерий Стьюдента для независимых выборок, критерий согласия  $\chi^2$ ,

<sup>1</sup> Указ президента Российской Федерации от 2 мая 2014 года № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» с изменениями и дополнениями и в соответствии с Федеральным законом от 13 июля 2020 года № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации»

<sup>2</sup> Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 484 от 30 марта 2021 года).

относительный риск (ОР) и 95% доверительный интервал (ДИ). Числовые данные представлены в виде абсолютных значений, процентной доли, среднего арифметического и стандартной ошибки среднего арифметического ( $M \pm m$ ). Критический уровень значимости нулевой гипотезы соответствовал 0,05.

**Результаты исследования.** В АЗРФ в 2007–2020 годах 87 профессиональных заболеваний (0,89% их общего числа в регионе) были впервые диагностированы у 80 работников непромышленной сферы. Из них в здравоохранении были заняты 70 (87,5%) человек, в образовании – 8 (10,0%) человек, в гостиничном бизнесе и оказании персональных услуг – по одному человеку (по 1,3%). Профессиональные заболевания развивались у медицинских сестер ( $n=25$ ), врачей ( $n=18$ ), санитарок ( $n=13$ ), фельдшеров ( $n=7$ ), учителей ( $n=5$ ), музыкальных руководителей ( $n=3$ ), буфетчиков, водителей скорой помощи, тренеров (по 2 случая), дезинфектора, кастелянши, парикмахера, зубного техника (по одному случаю).

Структура вредных производственных факторов в 4 видах непромышленной экономической деятельности имела значительные различия (табл. 1). У работников здравоохранения важнейшим фактором был инфекционный, доля которого превышала показатели в трех других группах ( $p<0,001$ ). У работников образования в структуре вредных воздействий преобладала повышенная напряженность трудового процесса, которая была выше, чем в сферах здравоохранения, гостиничного бизнеса и оказания персональных услуг ( $p<0,001$ ). Также у работников образования доли химических факторов и сочетанного действия вредных производственных факторов была ниже, чем в остальных 3 группах. У работников сферы «Гостиницы и рестораны» и «Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг» наиболее распространенным был химический фактор. Группа работников сферы «Гостиницы и рестораны» отличалась от других групп большей долей неионизирующих электромагнитных полей и излучений, а сферы «Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг» – большей долей сочетанного действия вредных производственных факторов ( $p<0,001$ ). Общей чертой для 4 групп работников была высокая доля такого фактора как неионизирующие электромагнитные поля и излучения, а также сочетанное воздействие двух и более вредных производственных факторов.

Из 13 вредных производственных факторов, контакт с которыми отмечался у работников непромышленной сферы, развитие профессиональных заболеваний вызывали только четыре. Биологические факторы были связаны с возникновением 46 (52,9%), повышенная тяжесть труда – с 20 (23,0%), химические факторы – с 16 (18,4%) и физические факторы – с 4 (4,6%) случаями заболеваний. Наиболее распространенные профессиональные заболевания имели инфекционную этиологию ( $n=46$ ), в том числе туберкулез органов дыхания ( $n=32$ ), новая коронавирусная инфекция ( $n=10$ ) и хрони-

Таблица 1 – Структура вредных производственных факторов у работников непромышленной сферы, абс.(%)

Вредный производственный фактор	Вид экономической деятельности			
	Здравоохранение	Образование	Гостиницы и рестораны	Предоставление персональных услуг
Фиброгенные аэрозоли	137 (0,4%)	11 (0,04%)	0	112 (2,8%)
Химические факторы	4347 (14,0%)	1524 (6,0%)*	213 (16,2%)	643 (16,0%)
Тяжесть труда	1434 (4,6%)	1360 (5,4%)	175 (13,3%)	195 (4,9%)
Напряженность труда	1642 (5,3%)	14586(57,4%)*	129 (9,8%)	772 (9,3%)
Биологические факторы	6640 (21,4%)*	477 (1,9%)	0	283 (7,1%)
Шум	978 (3,1%)	205 (0,8%)	123 (9,4%)	330 (8,2%)
Инфразвук	47 (0,2%)	26 (0,1%)	0	0
Вибрация общая	368 (1,2%)	95 (0,4%)	6 (0,5%)	72 (1,8%)
Вибрация локальная	565 (1,8%)	21 (0,1%)	0	23 (0,6%)
Неионизирующие электромагнитные поля и излучения	6143 (19,8%)	2770 (10,9%)	386 (29,4%)*	556 (13,9%)
Ионизирующие излучения	795 (2,6%)	2 (0,01%)	6 (0,5%)	2 (0,05%)
Освещенность	273 (0,9%)	1467 (5,8%)	58 (4,4%)	103 (2,6%)
Микроклимат	123 (0,4%)	1209 (4,8%)	74 (5,6%)	91 (2,3%)
Сочетанное действие	7572 (24,4%)	1643 (6,5%)	145 (11,0%)	1227 (30,6%)*
Всего	31064 (100,0%)	25396(100,0%)	1315(100,0%)	4009 (100,0%)

Примечание. \* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) с остальными видами экономической деятельности.

ческий инфекционный гепатит ( $n=4$ ). Значительно реже диагностировались болезни органов дыхания ( $n=15$ ), костно-мышечной системы ( $n=8$ ), кожи и подкожной клетчатки ( $n=6$ ), нервной системы ( $n=7$ ), травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин ( $n=3$ ), глаза и его придаточного аппарата ( $n=1$ ), уха и сосцевидного отростка ( $n=1$ ).

Так как у работников сфер «Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг» и «Гостиницы и рестораны» было выявлено лишь по одному случаю заболеваний, сравнение причин развития, структуры и распространенности профессиональной патологии проводилось только между работниками здравоохранения и образования (табл. 2). Установлено, что у работников здравоохранения в структуре вредных факторов большую долю занимали биологические факторы ( $p < 0,001$ ), а у работников образования – физические факторы ( $p = 0,009$ ) и повышенная тяжесть трудовых процессов ( $< 0,001$ ). Риск развития профессиональной патологии у работников здравоохранения превышал его уровень у работников образования: ОР=11,0; ДИ 5,53-22,0;  $\chi^2=73,6$ ;  $p < 0,001$ .

В структуре профессиональной патологии работников здравоохранения был выше удельный вес инфекционных заболеваний ( $p < 0,001$ ), включая туберкулез органов дыхания ( $p < 0,001$ ). У работников образования отмечалась большая доля хронического ларингита ( $p < 0,001$ ) и нейро-сенсорной тугоухости ( $p = 0,004$ ).

Таблица 2 – Профессиональная патология у работников здравоохранения и образования

<i>Показатель</i>	<i>Здравоохранение и предоставление социальных услуг</i>	<i>Образование</i>	<i>p</i>
<i>Факторы, вызвавшие развитие болезней, абс. (% в структуре факторов)</i>			
Биологические (инфекционные)	46 (60,5%)	0	<0,001
Химические	15(19,7%)	0	0,142
Тяжесть труда	13 (17,1%)	7 (77,7%)	<0,001
Физические	2 (2,6%)	2 (22,2%)	0,009
<b>Класс болезней, абс. (% в структуре болезней)</b>			
<i>Инфекционные, в том числе:</i>	<i>46 (60,5%)</i>	<i>0</i>	<i>&lt;0,001</i>
туберкулез	32 (42,1%)	0	<0,001
коронавирусная инфекция	10 (13,2%)	0	0,247
вирусный гепатит	4 (5,3%)	0	0,481
<i>Костно-мышечной системы, в том числе:</i>	<i>8 (10,5%)</i>	<i>0</i>	<i>0,307</i>
радикулпатия	4 (5,3%)	0	0,481
миофиброз предплечий	1 (1,3%)	0	0,730
тендовагинит	1 (1,3%)	0	0,730
деформирующий остеоартроз	1 (1,3%)	0	0,730
эпикондилез	1 (1,3%)	0	0,730
<i>Органов дыхания, в том числе:</i>	<i>10(13,2%)</i>	<i>5 (55,6%)</i>	<i>0,002</i>
бронхиальная астма	4 (5,3%)	0	0,481
хронический бронхит	2 (2,6%)	0	0,623
хронический ларингит	0	5 (55,6%)	<0,001
хронический ринит аллергический	1 (1,3%)	0	0,730
<i>Нервной системы, в том числе:</i>	<i>5 (6,6%)</i>	<i>2 (22,2%)</i>	<i>0,428</i>
моно-полинейропатия	1 (1,3%)	1 (11,1%)	0,067
синдром запястного канала	1 (1,3%)	1 (11,1%)	0,067
<i>Кожы и подкожной клетчатки, в том числе:</i>	<i>6 (7,9%)</i>	<i>0</i>	<i>0,382</i>
экзема	3 (3,9%)	0	0,544
дерматит аллергический	3 (3,9%)	0	0,544
Прочие	3 (3,9%)	2 (22,2%)	0,193

В течение периода наблюдения ежегодное число впервые диагностированных профессиональных заболеваний у работников непроизводственной сферы варьировало от 0 (2015 год) до 17 (2007 год) и имело тренд к снижению (нисходящая линия тренда). Такой же тренд отмечался

у работников здравоохранения (несмотря на появившиеся в 2020 году случаи COVID-19 профессиональной этиологии) и образования (рис.).

В 2007-2020 годах средняя годовая профессиональная заболеваемость в непромышленной сфере АЗРФ составила 0,55 на 10000 работников и была в 12-25 раз ниже региональных показателей для всех видов экономической деятельности [5]. Существенно выше показатели заболеваемости были у работников здравоохранения (1,38 на 10000 работников), а ниже – у лиц, занятых в сфере образования (0,12 на 10000 работников).

**Обсуждение.** Традиционно при обсуждении вопросов сохранения профессионального здоровья, внимание фокусируется на работниках промышленных предприятий, особенно горнодобывающей, металлургической, химической и некоторых других отраслей, экспонированных к комплексу вредных производственных факторов [7, 8]. Вполне обоснованно считается, что лица, занятые в непромышленной сфере, имеют более благоприятные условия труда и развитие профессиональной патологии у них значительно менее вероятно [1].

Возможно, исключением из этого правила, как минимум по двум причинам, являются работники здравоохранения и образования. Во-первых, это исключительно важная социальная роль, которую выполняют эти две группы работников: сохранение здоровья, воспитание и обучение всех членов современного общества [9, 10]. Во-вторых, при выполнении своих профессиональных обязанностей работники здравоохранения и образования подвергаются воздействию комплекса вредных факторов, повышающих риск возникновения профессиональных заболеваний [11-13]. Выполненное исследование подтвердило, что у медицинских работников наиболее

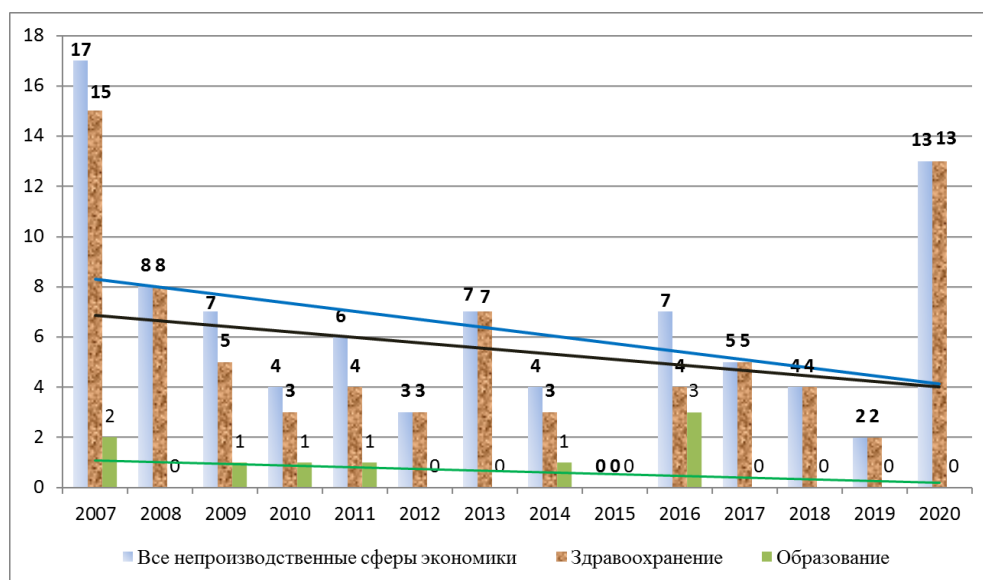


Рисунок 1 – Ежегодное число впервые выявленных случаев профессиональной патологии в непромышленной сфере АЗРФ

распространенными являются инфекционные и химические факторы [9, 12], а у педагогов – повышенная напряженность труда [10, 11]. Было также доказано, что у медицинских работников условия труда хуже, чем у педагогов и других специалистов непроеизводственной сферы. Однако, если у медицинских работников инфекционный фактор ожидаемо вызывал наибольшее число заболеваний, то у работников образования ни один случай профессиональной патологии не был связан с воздействием повышенной напряженности труда. Данный факт, а также отсутствие заболеваний, вызванных напряженностью труда и у медицинских работников, ставит под сомнение адекватность оценки воздействия этого фактора на работников, особенно после внедрения специальной оценки условий труда [14].

Выполненное исследование подтвердило данные о низких показателях профессиональной заболеваемости у работников здравоохранения и образования. Считается, что на фоне общей гиподиагностики профессиональных заболеваний в России, особенно низкая выявляемость нарушений здоровья наблюдается у медицинских работников [15]. Прежде всего, это связано с тем, что для отечественной медицины характерен приоритет заботы о пациенте, в то время как здоровье врача уходит на второй план. Кроме того, предполагается, что медицинский работник сам должен быть в состоянии оказать себе необходимую помощь [16, 17]. Доказательная база этого объяснения в настоящее время не является убедительной.

Следует обратить внимание на появление в 2020 году новой группы профессиональных заболеваний, обусловленных COVID-19. У работников здравоохранения АЗРФ, как и в других частях мира, она уже существенно влияет на показатели профессиональной заболеваемости [18-20], тогда как у работников образования таких случаев пока зарегистрировано не было.

### **Заключение**

Из числа лиц, занятых в непроеизводственной сфере в АЗРФ, профессиональная патология развивается преимущественно у работников здравоохранения, в 8-10 раз реже – у работников образования и в единичных случаях – в других видах экономической деятельности. В развитии профессиональной патологии у медицинских работников основную роль играет инфекционный фактор, а у педагогов – тяжесть трудового процесса. Профессиональная заболеваемость в непроеизводственной сфере в 12-25 раз ниже, чем у работников промышленных предприятий в АЗРФ.

### **Список литературы**

1. Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни: руководство для врачей. Издательство Бином, 2018. 422 с.
2. Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С.4-11.
3. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2015. Т. 17. № 1. С. 70-75.



4. Rubtsova N, Bukhtiyarov I. The main occupational health risks under the work in the Arctic region. Conference: Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference “Psychology of Extreme Professions” (ISPCPEP 2019). January 2019. DOI:10.2991/ispcpep-19.2019.43

5. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. №10. С.15-23. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23

6. Сюрин С.А. Профессиональные заболевания работников здравоохранения Арктической зоны России // Безопасность и охрана труда. 2019. № 1. С. 28-30.

7. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий //Горная промышленность. 2018. Т. 137. № 1. С. 92-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95>.

8. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях горнодобывающей и металлургической промышленности Мурманской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 332. № 1. С. 34- 38. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-322-1-34-38.

9. Гигиена труда медицинских работников / Е. П. Лемешевская, Г. В. Куренкова, Е. В. Жукова; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. – Иркутск: ИГМУ, 2018. – 86 с.

10. Чернышова М. Д. Профессиональное здоровье педагога //Научный лидер. 2021. №15 (17). URL: <https://scilead.ru/article/391-professionalnoe-zdorove-pedagoga>.

11. Гревцова Е.А. Результаты гигиенической оценки условий труда учителей общеобразовательных школ Центрального федерального округа Российской Федерации // Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова, Рязань. 2007. №4. С. 28-34.

12. Lin C.H., Lin Y-W, Yang C.M. et al. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies //SAGE Open Medicine. 2020; Vol. 8. P. 1–12. DOI: 10.1177/2050312120918999. Available at: <https://journals.sagepub.com>

13. Селиванова Е. А., Курышова Л. А. Диагностика и профилактика нарушений профессионального здоровья педагога // Научно-теоретический журнал. 2017. Т. 30. №1. С. 29-36

14. Кондратьева О.Е., Кравченко М.В., Петрова А.А. Специальная оценка условий труда: недостатки методики проведения и пути Совершенствования // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 12. С. 38-41

15. Сергеева И.В., Тихонова Е.П., Андропова Н.В. и др. Заболеваемость медицинских работников инфекционными болезнями, связано ли это с профессиональной деятельностью // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22914>

16. Гатиятуллина Л.Л. Состояние здоровья медицинских работников // Вестник современной клинической медицины. 2016. № 3. С.69-75.

17. Ермолина Т.А., Мартынова Н.А., Калинин А.Г., Красильников С.В. Состояние здоровья медицинских работников. Обзор литературы //Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. XIX. № 3. С.197-201.

18. Chico-Sánchez P., Gras-Valentí P., Mora-Muriel J.G. et al. Impact of the COVID-19 pandemic on health care workers in a tertiary care hospital emergency department //Emergencias. 2020. Vol. 32. № 4. P. 227-232. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32691999/>

19. El-Sadiq S.M., Fahal L.A., Abdelrahim Z.B. et al. Impact of COVID-19 on doctors and healthcare providers during the pandemic in Sudan //Trans R Soc Trop Med Hyg. 202. Vol. 115. № 6. P. 577-578. DOI: 10.1093/trstmh/tra016. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33547896/>

20. Гарипова Р.В., Стрижаков Л.А., Умбетова К.Т., Сафина К.Р. Профессиональные заболевания медицинских работников от воздействия инфекционных агентов: современное состояние проблемы //Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 6. № 1. P. 13-17. DOI: [https:// doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-1713](https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-1713).

#### **Сведения об авторе**

*Сюрин Сергей Алексеевич*, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [kola.reslab@mail.ru](mailto:kola.reslab@mail.ru); ORCID [iDhttps://orcid.org/0000-0003-0275-0553](https://orcid.org/0000-0003-0275-0553),

УДК 614.3:616(985)

*Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А.*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ**

**Аннотация.** Российская Арктика – территория перспективного развития и освоения, что требует особого внимания к проблемам сохранения санитарно-эпидемиологического благополучия населения с учетом широкого перечня специфических природно-климатических и социально-экономических факторов. Для решения задач в области охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения разработаны и используются электронные информационно-аналитические публичные ресурсы на основе геоинформационных технологий, однако, ни один из них не освещает проблемы и задачи обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

Для решения проблем сбора и анализа информации о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Арктике авторами разработан

геоинформационный портал «Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в Российской Арктике».

**Ключевые слова:** санитарно-эпидемиологическое благополучие, Российская Арктика, геоинформационная система, Геопортал, факторы среды обитания населения, здоровье населения, автоматизация, цифровизация.

*Fedorov V.N., Novikova Yu.A., Tikhonova N.A., Kovshov A.A.*

## **MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES AS AN IMPORTANT TOOL FOR ASSESSING THE SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SITUATION IN THE RUSSIAN ARCTIC**

**Abstract.** Russian Arctic is a territory of promising development, which requires special attention to the problems of preserving the sanitary and epidemiological well-being of the population, taking into account a wide range of specific climatic and socio-economic factors. To solve problems in the field of environmental protection and sanitary and epidemiological well-being of the population, electronic information and analytical public resources based on geoinformation technologies have been developed and used, however, none of them covers the problems and tasks of ensuring sanitary and epidemiological well-being.

To solve the problems of collecting and analyzing information on the state of sanitary and epidemiological well-being in Russian Arctic, the authors have developed a geoinformation portal “Sanitary and epidemiological well-being of the population in Russian Arctic.”

**Keywords:** sanitary and epidemiological well-being, Russian Arctic, geographic information system, Geoportals, population’s habitat factors, public health, automation, digitalization.

### **Введение**

Российская Арктика, или Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ), в настоящее время является территорией наиболее перспективного развития и освоения, что обуславливает повышенные требования к проблемам сохранения санитарно-эпидемиологического благополучия населения с учетом широкого перечня специфических природно-климатических и социально-экономических факторов [1, 2, 3].

Для решения задач в области охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения разработаны и активно используются различные электронные информационно-аналитические публичные ресурсы на основе геоинформационных технологий [4, 5, 6]. Преимуществом этих технологий является удобство сбора, анализа и визуального представления информации, напрямую связанной с территорией, что особенно актуально при работе с большими объемами привязанных к большим территориям данных [7, 8].

Правительством Российской Федерации принята Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных (ИПД) Российской Федерации. Активно формируются региональные и ведомственные ИПД, предусматривающие создание специализированных отраслевых

и тематических геоинформационных порталов. Созданы и активно используется различные региональные электронные ресурсы на основе ГИС-технологий (региональные геопорталы субъектов России), однако, ни один из них не освещает проблемы и задачи обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, и особенно в Арктической зоне [9, 10].

**Цели и задачи.** Для решения проблем сбора и анализа информации о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Арктике была поставлена задача создания и развития геоинформационного портала (Геопортала) «Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в Российской Арктике».

**Материалы и методы.** Концепция Геопортала построена на основе геоинформационной системы (ГИС), сервера базы данных и массива информации о факторах среды обитания человека, состояния здоровья населения, социально-экономических и медико-демографических показателей с применением информационно-аналитического инструментария и методов пространственной обработки данных.

Геопортал создается как многоуровневая система сбора, хранения и анализа данных, которая реализуется на картографической основе и включает в себя:

- собственно картографическую часть («атлас» в традиционном понимании);
- различные пространственные объекты, связанные с картой;
- набор аналитических и расчетных методов;
- управленческие и экспертные решения на основе анализа данных.

В качестве программной среды для реализации выбрано программное обеспечение ESRI ArcGis Server Advanced Enterprise 10.7. Визуальная реализация выполнена на основе веб-сайта в сети Интернет с доступом через окно веб-браузера.

В Геопортале реализованы слои (уровни представления) данных:

- Российская Арктика в целом;
- субъекты в составе Российской Арктики;
- муниципальное образование (районы) субъектов;
- населенные пункты;
- отдельные объекты: инфраструктурные, точечные и площадные (полигональные).

Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения планируется описывать по следующим данным:

- медико-демографические показатели – 19 наименований;
- состояние здоровья населения – свыше 2100 наименований;
- состояние среды обитания населения – свыше 1200 наименований;
- социально-экономические показатели территорий – более 20 наименований;
- качество продуктов питания – более 60 наименований;

– природно-климатических данные и территориально-географические показатели;

– инфраструктурные и экономические показатели развития территорий.

В качестве исходных данных для наполнения Геопортала информацией используются следующие источники информации:

– формы федерального и отраслевого статистического наблюдения за состоянием здоровья населения и среды обитания;

– шаблоны Федерального информационного фонда СГМ (ФИФ СГМ);

– данные федерального и отраслевого статистического наблюдения №№ 2, 12, 7, 18, 30;

– отчеты Федеральной службы государственной статистики (Росстат);

– информационно-аналитическая система Роспотребнадзора.

**Результаты и обсуждение.** Концептуальная схема реализации Геопортала представлена на рисунке 1 [10].

В настоящее время ведутся работы по отладке и подготовке к полноценной работе пользователей Геопортала с возможностью доступа через окно веб-браузера в сети «Интернет».

Информационный контент веб-сайта посвящен проблемам воздействия среды обитания на здоровье населения в Российской Арктике, в личном кабинете пользователя реализована возможность загрузки, выгрузки данных и просмотра истории событий.

Разработан программный модуль для формирования объединенных баз данных из множества исходных файлов (формы статистической отчетности, шаблоны СГМ), облегчающий обобщение данных и их внесение в систему [11, 12].

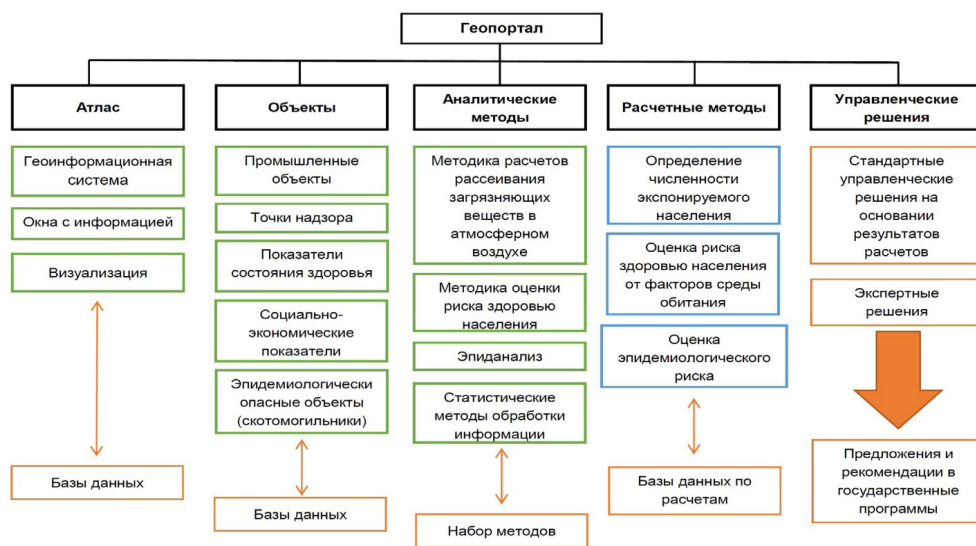


Рис. 1. Концептуальная схема реализации Геопортала.

Реализованы следующие инструменты пространственного анализа и визуализации показателей, привязанных к карте:

- Визуализация выборочных массивов пространственно-связанных данных в разрезе муниципальных районов, субъектов и Арктики в целом с возможностью цветовой индикации территорий (градиентная заливка);
- Визуализация расположения точек мониторинга, перечня контролируемых показателей и цветовая визуализация значений показателя в точках;
- Функция представления пространственно-привязанных данных в табличном виде и их фильтрации;
- Инструменты визуализации с помощью графиков, диаграмм и гистограмм с построением тренда;
- Возможность прогноза динамики показателя на основе анализа за исследуемый период.

Примеры визуализации представлены на рисунках 2, 3, 4, 5.

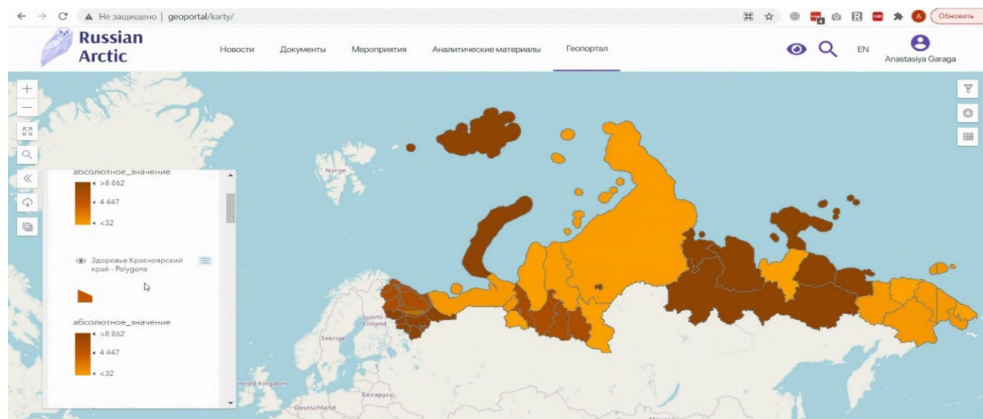


Рис. 2. Визуализация интенсивности распределения изучаемого признака в разрезе отдельных субъектов, входящих в состав Российской Арктики.

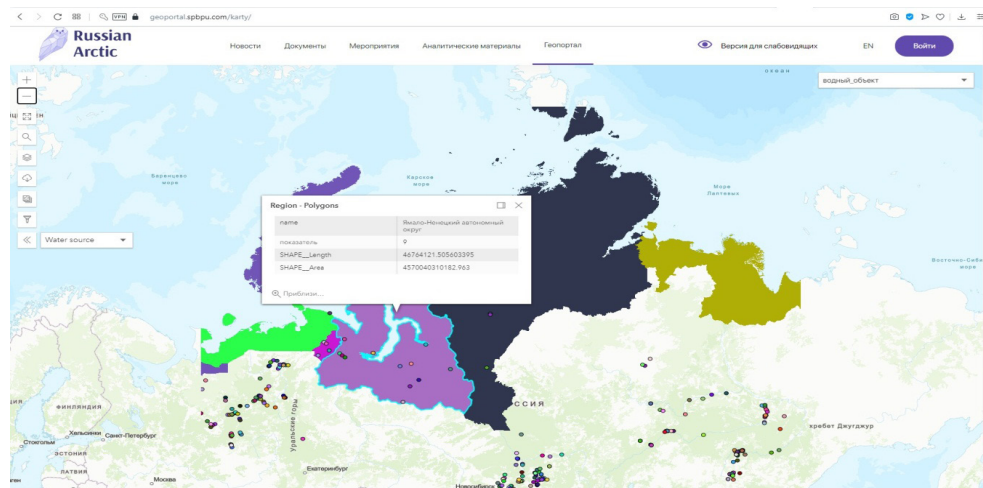


Рис. 3. Визуализация расположения точек мониторинга на территории Российской Арктики и смежных территориях Российской Федерации.



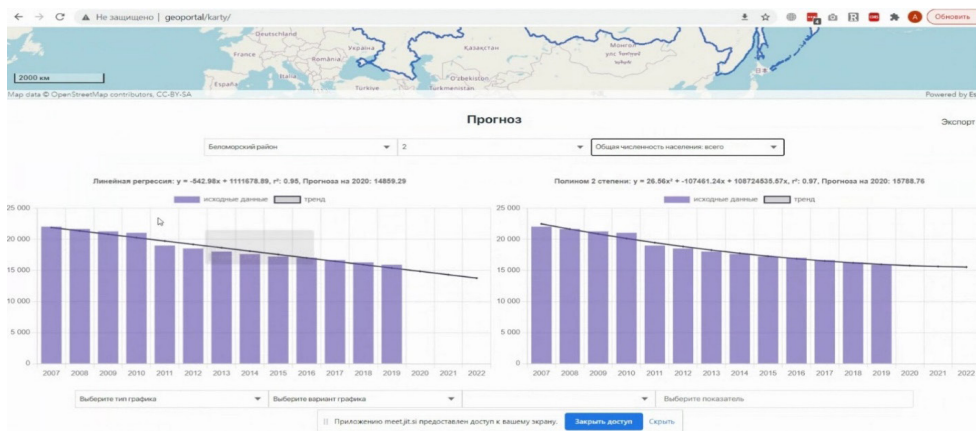


Рис. 4. Пример визуализации исследуемого показателя в виде гистограмм с линией тренда.

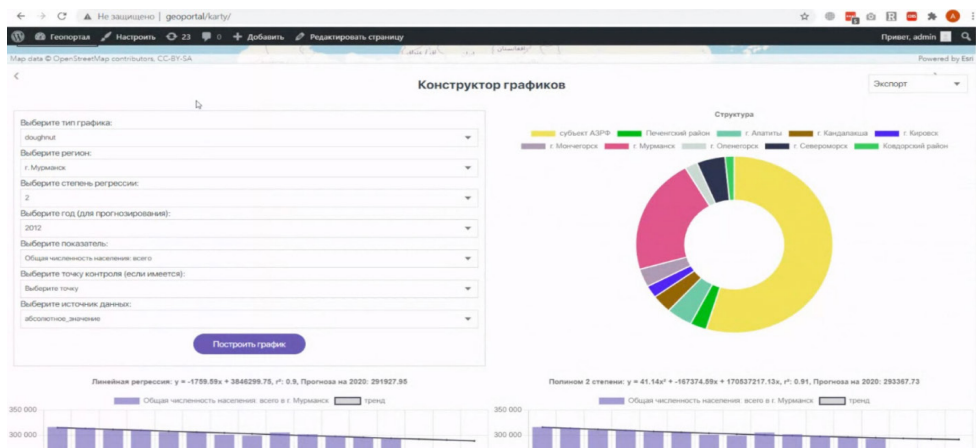


Рис. 5. Пример визуализации исследуемого показателя в виде круговой диаграммы.

В качестве инструментария для анализа внесенных данных реализованы:

- статистический анализ выборочных массивов пространственно-связанных данных;
- пространственный анализ распределения и корреляции показателей, его визуализация;
- ретроспективный корреляционный анализ для выявления причинно-следственных связей.

Проведенная работа позволила выявить ряд проблем, требующих отдельного решения при создании подобных цифровых информационно-аналитических систем на базе ГИС, а именно:

– Большой объем данных, поступающий из различных источников (органы Роспотребнадзора, Росприроднадзора, медицинские учреждения, Росстат) и различные форматы файлов с данными (MS Excel, MS Word и

др.) с принципиально различными структурами таблиц файлов данных значительно усложняют алгоритмы автоматизации и увеличивают требования к программам для формирования обобщенных баз данных;

- Широкий перечень собираемых показателей, длительный период наблюдения и суммарный объем данных, вносимых в систему создают проблемы при визуализации, поскольку существенно замедляют скорость загрузки страницы веб-сайта и визуализацию данных на карте.

Поскольку подобный информационно-аналитический ресурс, посвященный проблемам санитарно-эпидемиологического благополучия, создается впервые в отечественной практике, вышеописанные проблемы требуют индивидуального инновационного подхода.

В качестве наиболее значимых перспектив использования Геопортала можно выделить направления:

- Внедрение Геопортала АЗРФ как рабочего инструмента в практику органов и учреждений Роспотребнадзора, органов исполнительной власти

- Обеспечение автоматического обновления и подгрузки актуальных данных о факторах среды обитания и состоянии здоровья населения из различных существующих информационных систем – как Роспотребнадзора, так и в рамках межведомственного взаимодействия и интеграции (Росгидромет, Росприроднадзор, Минздрав и др.)

- Использование результатов Геопортала АЗРФ при разработке и реализации Государственных, инвестиционных и региональных проектов и программ развития АЗРФ;

### **Выводы**

Учитывая значительный объем данных, планируемых к размещению, хранению и визуализации, создание геопортала «Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в Российской Арктике» планируется как многолетняя работа, направленная на систематический сбор новых сведений, анализ имеющихся данных и расширение перечня показателей, что, по мнению авторов, должно позволить выявить причинно-следственные связи и корреляции между различными факторами (группами факторов) и состоянием здоровья населения.

Геопортал должен стать, с одной стороны, информационно-аналитической системой с обширной базой данных факторов среды обитания и состояния здоровья населения, а с другой – эффективным инструментом оценки санитарно-эпидемиологического благополучия населения АЗРФ в целом и на отдельно взятых территориях с широким перечнем функций пространственного анализа, что в совокупности будет служить инструментом для обоснования принятия управленческих решений.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность за помощь технической реализации создаваемого Геопортала специалистов Научно-исследовательской лаборатории «Промышленные системы потоковой

обработки данных» Центра НТИ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Болсуновскую М.В, Ракову В.В., Кузьмичева А.А, Гинцяк А.М., Ивашкевич О.А., Щербакову А.В.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»
2. Научно-технические проблемы освоения Арктики. Доклад Министра природных ресурсов и экологии РФ С.Е. Донского. М.: Наука, 2015. 490 с.
3. Горбанев С.А. Основные направления и задачи научных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на территории Арктической зоны Российской Федерации. // «Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике». Материалы научно-практической конференции с международным участием. 2017 – Издательство: ООО «ИПК «Коста». С. 8-13.
4. Д.В. Яковлев. Геопортал Воронежской области – инструмент повышения эффективности обращения региональных пространственных данных // Вестник Воронежского государственного университета. 2012 Т. 8 № 1. С. 41-45.
5. А.П. Декстер, Д.Р. Струков. Геопортал «Геоинформационная система здравоохранения Санкт-Петербурга» в сети Интернет как пример системы для управления территорией здравоохранения. // Врач и информационные технологии. 2012 № 3 С. 58-63.
6. Чепиков Н.А. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга региона с использованием геоинформационных технологий. // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-sotsialno-gigienicheskogo-monitoringa-regiona-s-ispolzovaniem-geoinformatsionnyh-tehnologiy>(26.08.2018).
7. Ю.А. Новикова. Межрегиональный социально-гигиенический мониторинг – перспективное направление обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия // Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее. Материалы XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. 2017. Москва. – С. 140-143
8. Токарчук С. М., Токарчук О. В., Трофимчук Е. В. Методические основы создания региональных электронных эколого-географических атласов. Псковский региональный журнал. 2015 № 22 // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osnovy-sozdaniya-regionalnyh-elektronnyh-ekologo-geograficheskikh-atlasov>.
9. Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Ковшов А.А. Актуальные вопросы практического применения ГИС-технологий в деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая Медицина-2017». Т. 3. С. 225-230.

10. Горбанев С.А., Куличенко А.Н., Федоров В.Н., Дубянский В.М., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Тихонова Н.А, Шаяхметов О.Х. Организация межрегиональной системы мониторинга с использованием ГИС-технологий на примере арктической зоны российской федерации. // Гигиена и санитария. 2018. 97;12:1133-1140.

11. Горбанев С.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Ракова В.В., Болсуновская М.В. Проблемы создания информационной системы для анализа факторов среды обитания населения в Российской Арктике. // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 858-862.

12. Федоров Владимир Николаевич, Новикова Юлия Александровна, Тихонова Надежда Андреевна, Ковшов Александр Александрович, Кузьмичев Андрей Алексеевич, Ракова Валерия Владимировна Программа обработки данных среды обитания регионов РФ для автоматизированного формирования отчетных форм. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021619830, 17.06.2021. Заявка № 2021619069 от 09.06.2021.

#### **Сведения об авторах:**

**Федоров Владимир Николаевич**, старший научный сотрудник, Отдел исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: vf1986@mail.ru;

**Новикова Юлия Александровна**, старший научный сотрудник, И.о. руководителя отдела, Отдел исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: j.novikova@s-znc.ru;

**Ковшов Александр Александрович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Отдел исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru;

**Тихонова Надежда Андреевна**, младший научный сотрудник, Отдел исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: n.tihonova@s-znc.ru.

УДК:613.5: 625

*Леванчук А.В., Шилова Е.А., Петрова М.Д., Ганичев П.А.*

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ЗДОРОВЬЕ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

**Аннотация.** интенсивная автомобилизация оказывает комплексное негативное воздействие, формируя зоны с устойчивым превышением загрязнения санитарно-гигиенических нормативов атмосферного воздуха, в том числе и за счет влияния ранее не учитываемых факторов; определены направления оптимизации оценки воздействия процесса эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса (ДАК) на окружающую среду и здоровье населения городских поселений. Выявлена недостаточность нормативно-документальной базы, регламентирующей оценку влияния ДАК в области оценки влияния процесса эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса.

**Ключевые слова:** дорожно-автомобильного комплекса, городская среда

*Levanchuk A.V., Shilova E.A., Petrova M.D., Ganichev P.A.*

## AN INTEGRATED APPROACH TO ASSESSING THE IMPACT OF THE ROAD-CAR COMPLEX ON THE HEALTH OF RESIDENTS OF URBAN SETTLEMENTS

**Abstract.** Intensive motorization has a complex negative impact, forming zones with a steady excess of pollution of sanitary and hygienic standards of atmospheric air, including due to the influence of previously ignored factors; directions for optimizing the assessment of the impact of the operation of the road-automobile complex (RAC) on the environment and the health of the population of urban settlements are determined. The insufficiency of the regulatory and documentary framework regulating the assessment of the impact of the DAC in the field of assessing the impact of the operation of the road-automobile complex has been revealed.

**Keywords:** road-automobile complex, urban environment

Одним из главных национальных приоритетов России является обеспечение экологической безопасности, охрана окружающей среды и здоровья граждан, что отражено в «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года», которая утверждена Указом Президента Российской Федерации №176 от 19 апреля 2017 года. Определенные в этом документе цели и задачи, направления и инструменты государственной политики, планируемые результаты находятся в неразрывном единстве с решением вопросов социального и экологического благополучия населения [1].

В связи с этим интенсивное развитие процесса автомобилизации во всем мире, увеличение численности автомобилей и автомобильных дорог, грузоподъемности и скорости передвижения транспортных средств, рост интенсивности движения автотранспорта увеличивающие негативное воздействие на качество атмосферного воздуха на урбанизированных терри-

ториях, выдвигает в число первоочередных задач вопрос снижения уровня неблагоприятного воздействия процесса эксплуатации автомобильного транспорта на качество жизни и здоровье человека за счет нормирования его допустимой нагрузки на атмосферный воздух мегаполисов [2]. Только условия, обеспечивающие гармоничное равновесие между динамикой развития автомобильного транспорта и сохранением здоровья населения, могут способствовать устойчивому развитию общества [620]. Однако единого подхода к данной проблеме, как показывает анализ, до сих пор нет. Так в научной и специальной технической литературе нет даже однозначного толкования термина «автотранспортный комплекс», а также общепринятого перечня всех его составляющих и структуры. Это, естественно, не позволяет всесторонне и системно оценить степень негативного воздействия на окружающую среду при эксплуатации элементов автотранспортного комплекса [3].

По данным научной литературы автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха мегаполисов [4-8].

Как показал анализ литературных источников Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова [9-11], в Российской Федерации насчитывается более 150 городов с преобладающим вкладом выбросов автотранспорта в валовые выбросы (более 50%) [10]. Более 75% городского населения находятся в зоне действия высокого и очень высокого загрязнения (Москва, Санкт-Петербург, города Камчатской, Новосибирской, Омской и др. областей) [9]. В городах России с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 58,8 млн человек, что составляет 57 % городского населения [11].

Вредное воздействие автотранспортного комплекса на природные среды (атмосферный воздух, воду, почву) определяется действием токсичных компонентов отработавших газов, продуктов истирания деталей, дорожного полотна, отходов производственно-эксплуатационной деятельности, технического обслуживания и ремонта автомобилей [12-19].

Достигнутый уровень автомобилизации превышает критический для городов со сложившейся градостроительной ситуацией. По данным [21] дорожно-транспортная инфраструктура крупных городов России соответствует уровню автомобилизации 60–100 автомобилей на 1000 жителей. Критический считается уровень 170–180 авт. на 1000 жителей [22,23].

Причиной увеличения числа собственных автотранспортных средств является возрастание социальных потребностей населения в передвижении и недостатки в организации пассажироперевозок общественным транспортом.

Подвижность населения России растет параллельно росту автомобилизации населения. Среднедушевая подвижность населения России остается крайне низкой (6300 пасс-км в год), это в 4,1 раза меньше, чем США, Канаде, Австралии и примерно в 3,0 раза меньше, чем в странах ЕС [24]. Транспортная подвижность населения России с учетом использо-



вания личного легкового автотранспорта увеличится к 2030 году по сравнению с 2011 годом более чем в 2 раза [24].

По данным международной аудиторской компании PwC, к 2035 году число автомобилей в мире увеличится вдвое и достигнет 1,7 млрд штук [25], к 2025 году Россия по уровню автомобилизации достигнет показателей таких стран, как Япония, Франция и Великобритания: по прогнозу, количество автомобилей на тысячу человек достигнет 400 единиц на 1000 населения [25].

При этом потенциал автомобильных дорог и городских улиц, сооруженных в советскую эпоху, был рассчитан на уровень автомобилизации населения в 60 автомобилей на 1000 жителей. Сегодня автомобилей в городах и регионах страны в 4–6 раз больше. Накопленный ранее потенциал дорожной сети полностью исчерпан [26].

Дорожно-автомобильный комплекс является крупнейшим загрязнителем воздушной среды [27-32]. В стесненных условиях движения интенсивных транспортных потоков на городской УДС особое значение приобретает установление допустимых границ опасности их воздействия на окружающую среду территорий. Фундаментом для обоснования подобных границ должны служить количественная мера риска для здоровья населения, проживающего в зоне влияния ДАК и критерии его оценки. Особое значение приобретает системный подход к определению понятия опасности ДАК, когда его различные компоненты рассматриваются в неразрывной взаимосвязи между собой.

Для определения направления исследований с позиции системного подхода представляется целесообразным ввести понятие опасности ДАК, которая включает в себя главный аспект опасности – уровень загрязнения атмосферного воздуха.

Однако рамочный характер ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», отсутствие координации между законодательными актами, регламентирующими проектирование и эксплуатацию компонентов ДАК (дорожного полотна и автомобильного транспорта) затрудняет надзор и контроль в области охраны окружающей среды. Технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техники, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ» № 609 от 12.10.2005 г. (с изменениями 2010 г.) касается только отработавших газов и не регулирует процесс при эксплуатации тормозной системы и шин автомобилей.

По данным химического анализа отработавших газов в их составе идентифицировано более 300 химических соединений [33-35].

Анализ статистических сведений РОССТАТ указывает на снижение количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух Российской Федерации на протяжении последних восьми лет (за исключением аммиака). Вместе с тем, количество автомобилей увеличилось практически в 1,5 раза, доля передвижных источников загрязнения атмосферы также увеличилась и достигла в крупных городах 80–95%. Данное

обстоятельство указывает на то, что количество выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в атмосферный воздух учитывается не в полной мере.

ДАК является мощным источником выделения аэрозолей, которые формируются, различными механизмами [35-42]:

- аэрозоли конденсации в результате выделения отработавших газов;
- аэрозоли дезинтеграции в результате взаимодействия протекторов шин автомобиля с поверхностью дороги;
- аэрозоли дезинтеграции в результате эксплуатации тормозной системы автомобиля при торможении;
- аэрозоли дезинтеграции в результате эксплуатации дорожного покрытия.

ДАК можно рассматривать в качестве источника эмиссии в атмосферный воздух сложной смеси химических соединений в форме твердых пылевых частиц, состав TSP зависит от вида топлива, характера дорожного покрытия, типа автомобильных шин и условий эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса [43].

В научной литературе ДАК принято считать источником вторичного пылеобразования. Процессы же дезинтеграции и конденсации характеризуют ДАК как источник первичного пылеобразования [42].

Так как, при изготовлении дорожных покрытий в ряде случаев применяют асбестовые отходы, это ведет к выделению асбестовой пыли. Твердые пылевые частицы, содержащие асбест и частицы вяжущих материалов из дегтей и каменноугольных смол канцерогенны [35].

Твердые пылевые частицы, образовавшиеся при эксплуатации ДАК, могут подниматься на высоту до 50 м и переноситься на расстояния до нескольких километров [32].

Автотранспорт создает на урбанизированных территориях зоны с устойчивым превышением загрязнения санитарно-гигиенических нормативов атмосферного воздуха.

Загрязнители атмосферного воздуха, непосредственно из него и опосредовано через другие природные среды, попадают в организм человека и оказывают на него неблагоприятное воздействие [43-48].

Как указывалось выше, на качество атмосферного воздуха вдоль автомобильных дорог оказывает влияние эксплуатационный износ автомобилей, в том числе, истирание деталей тормозной системы. Образованию твердых пылевых частиц, поступающих в атмосферу в результате эксплуатационного износа тормозной системы автомобилей, посвящены работы А.А. Ревина, С. В.Тюрина, В.Н. Федотова, А. В.Дроздова (2009) и др. [49].

По данным [19,49] в результате истирания тормозной системы автомобиля в атмосферный воздух поступают цинк, медь, молибден, ванадий, никель, хром [16,42].

При анализе литературы, освещающей вопросы загрязнения атмосферного воздуха вдоль автомобильных дорог в результате эксплуатационного

износа протекторов шин, установлено, что в окружающей среде выделяют летучие вещества и аэрозоли, в состав которых входят соединения металлов (кадмия, свинца, цинка, молибдена) [9,50,51]. На асфальтобетонных покрытиях процесс эксплуатационного износа протекторов шин происходит более интенсивно, чем на бетонных [52]. Анализ дисперсного состава твердых пылевых частиц, загрязняющих атмосферный воздух вдоль автомобильных дорог с умеренным движением автотранспорта, показал, что в каждом кубическом метре воздуха обнаружено до 6900 фрагментов материала протекторов шин, около 60% из них составляют частицы размером менее 10 микрон. Такие пылевые частицы способны глубоко проникать в дыхательную систему человека [53, 54]. Фрагменты шин состоят из веществ, которые при контакте со слизистой оболочкой и кожным покровом способны вызывать конъюнктивит и ринит, бронхиальную астму, онкологические заболевания, а также аллергические реакции [16].

По данным Л. А. Ахметова [55], при полном эксплуатационном износе рисунка протектора шин легкового автомобиля в атмосферный воздух в среднем поступает 14,2 кг твердых пылевых частиц, грузового автомобиля или автобуса – 92,2 кг.

По данным [16], из каждой шины при ее эксплуатации в течение года, в среднем, выделяется 1,14 кг мелкодисперсного аэрозоля. Исследования химического состава шинной пыли [19] позволили установить, что количество летучих N-нитрозаминов в каждом килограмме мелкодисперсного аэрозоля достигает 70 мкг [57, 58].

В последнее десятилетие при гигиенической оценке качества воздушной среды среди взвешенных веществ выделяют частицы диаметром 10 мкм ( $PM_{10}$ ), и более мелкие – диаметром менее 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ). В книге «Мониторинг...», изданной Европейским отделением ВОЗ [59], содержится определение понятий этих частиц: « $PM_{10}$  в основном составляют респираторную фракцию общих взвешенных частиц, т.е. ту их часть, которая попадает в организм, минуя гортань» [59].

Более мелкие частицы –  $PM_{2,5}$  – определены как: «Частицы  $PM_{2,5}$ , которые составляют респираторную часть общих взвешенных частиц, проникающих в глубокие области дыхательных путей у лиц из групп высокого риска (дети и взрослые с определенными легочными заболеваниями)» [60].

Мелкодисперсные частицы могут быть естественного и антропогенного происхождения. Их естественными источниками являются измельченные частицы почвы, поднимаемые в процессе движения воздушных масс, в том числе при движении автомобилей, частицы микроорганизмов, растений, насекомых, морские аэрозоли. Антропогенный источник частиц – процесс сгорания различных видов топлива, а также фотохимические и химических реакции, протекающие в атмосфере. Так, в результате трансформации диоксида серы образуются частицы серной кислоты, сульфата и бисульфата аммония и сульфаты. В результате трансформации диоксида азота в азотную кислоту и дальнейшего преобразования в нитриты также обра-

зуются мелкодисперсные твердые частицы. По этой причине РМ относят к вторичным продуктам реакций [54, 55].

В России, в основном, имеется информация о суммарной концентрации пыли в атмосферном воздухе, а не о фракционной. Поэтому для оценки величины валового выброса измеренные или вычисленные при расчёте рассеивания суммарные концентрации пыли в целом необходимо пересчитать в концентрации  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  [54]. В 2010 году в России введено в действие Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест», согласно которого определены ПДК взвешенных частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ .

С вводом в действие ПДК для РМ декларирована необходимость обеспечить качество атмосферного воздуха населенных мест по показателям –  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ .

При этом возникают, следующие задачи контроля загрязнения атмосферного воздуха, которые необходимо решить:

- инвентаризация источников выделения взвешенных веществ с содержанием мелкодисперсных частиц ( $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ ) с определением величины их валового выброса (г/с, т/год);
- выполнение расчётов загрязнения атмосферы от выбросов мелкодисперсных частиц.

Средние концентрации взвешенных веществ в городах различной численности населения различаются довольно существенно. Наибольшие концентрации отмечаются в крупных городах с населением более 250 тыс. жителей [61].

За последнее время среди жителей крупных промышленных городов участились заболевания присущие работникам строительной отрасли (бронхит пылевой этиологии и пневмокониоз, дерматозы, злокачественные новообразования (преимущественно легких, желудка)) [62].

Причиной сложившейся обстановки можно считать отсутствие контроля за пылевой обстановкой селитебных зон населенных пунктов. Если на самих предприятиях для защиты рабочих предусмотрено использование средств защиты от воздействия пыли и осуществляется контроль качества воздуха рабочей зоны, то на территории жилой застройки подобный мониторинг проводится не в полной мере.

В проведенных на сегодняшний день исследованиях не удалось определить пороговый уровень загрязнения воздуха, ниже которого  $PM_{10}$  не оказывают воздействия на здоровье. Однако, после тщательного изучения новых научных данных рабочая группа ВОЗ пришла к выводу, что если пороговая концентрация  $PM_{10}$  существует, то она располагается в нижней части диапазона наблюдаемых в настоящее время концентраций  $PM_{10}$  в Европейском регионе [53, 54].

Таким образом, атмосферный воздух городов содержит большое количество загрязнителей, сложную смесь веществ, находящихся в газообразном, жидком и твердом состоянии. Твердые компоненты загрязнителей

состоят из органических и неорганических веществ. В составе твердых загрязнителей в атмосферном воздухе содержатся бенз(а)пирен, соединения металлов, а также многие вторичные продукты химических реакций.

В последние годы ведутся интенсивные исследования влияния мелкодисперсной пыли на здоровье населения. Полагают, что мелкие частицы биологически более активны, чем крупные, поэтому оказывают более негативное воздействие на здоровье населения.

Здоровье населения является системообразующим фактором в управлении качеством окружающей среды в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и рассматривается как интегральный показатель качества жизни [44].

Также здоровье на современном этапе рассматривается как комплекс демографических показателей, показателей заболеваемости, физического и психологического состояния населения [63, 64]. При оценке здоровья используют агрегированный показатель – число потерянных лет потенциальной жизни населения [65]. При этом здоровье детей – особенно качественно важная социальная ценность. Поэтому неблагоприятные сдвиги в состоянии здоровья подрастающего поколения признаются ведущими индикаторами риска.

Среди показателей, характеризующих состояние здоровья на популяционном уровне, особое место принадлежит показателям заболеваемости, которые отражают частоту регистрации болезней среди населения [66, 67].

Большое число исследований посвящено выявлению причинно-следственных связей в системе «Окружающая среда – здоровье населения» [12-28].

В литературе представлены данные о причинно-следственных связях в системе «загрязнение среды обитания – здоровье населения» [46, 47, 67, 68].

Количественная характеристика взаимосвязи уровня загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом и здоровья населения затруднена в связи с многокомпонентностью его. По данным Викторова А.А. [94, 95, 604], каждый человек, проживающий на территории города с высоким уровнем загрязнения воздушной среды пылевыми частицами, теряет приблизительно 4 года жизни.

Установлено, что загрязнение атмосферного воздуха приводит к увеличению смертности населения в крупных городах и является причиной примерно 40 тыс. дополнительных смертей в год [69].

Кроме того, ухудшение качества окружающей среды увеличивает риск здоровью населения [69].

Увеличение в воздухе количества компонентов, входящих в состав отработавших газов, приводит к ухудшению биохимических показателей и показателей неспецифического иммунитета [69].

В последние годы возросло число аллергических заболеваний дыхательной системы, кожи и подкожной клетчатки (до 20% детского населения).

В научной литературе введен термин – полиорганный аллергия, или синдром химической гиперчувствительности. Аллергическими заболеваниями в США и Западной Европе страдают от 3 до 7% детей. В России также отмечено повышение распространенности болезней аллергической природы, но она не достигает такого высокого уровня, как в странах Европы и США. Частота бронхиальной астмы в детской популяции России достигает 3% [60].

При объяснении природы общих неспецифических реакций организма в экологически неблагоприятных зонах зарубежные авторы используют гипотезу общей сенсibilизации. Химическая сенсibilизация, согласно этой гипотезе, проявляется как симптомокомплекс нейроциркуляторных и психоневротических нарушений. Исследуя состояние здоровья детей, отметили, что главную роль в их повышенной заболеваемости играют иммунные отклонения [70, 71].

В зонах экологического неблагополучия достоверно повышена распространенность аллергических заболеваний. Заболеваемость всеми формами аллергической патологии детей Москвы (городе с интенсивно развитым дорожно-автомобильным комплексом и высоким уровнем автомобилизации населения) достигает 449 случаев на 1000 детского населения. В экологически благополучных регионах она составляет 129 случаев на 1000 детского населения. Аналогичные данные установлены и отечественными и зарубежными исследователями [68-71].

Одним из объяснений различий распространенности аллергических болезней в России и в Европе считают различия химико-физических свойств атмосферных поллютантов. В Восточной Европе преобладают раздражители, раздражающие дыхательные пути (сернистый газ, крупные пылевые частицы – свыше 10 мкм), которые ответственны за частую заболеваемость детей назофарингитами, ОРВИ, бронхитами (в том числе, за формирование групп часто и длительно болеющих детей) [69]. В Западной Европе доминируют оксиды азота, летучие органические соединения, озон и мелкодисперсные пылевые частицы (менее 2,5 мкм) – все они представляют собой сильные адъюванты аллергической сенсibilизации и глубоко проникают в дыхательные пути [2,4].

Ряд металлов (хром, марганец, никель и др.) обладает выраженными сенсibilизирующими свойствами. Это может способствовать формированию хронической аллергической патологии (респираторных аллергозов, аллергических дерматитов) [50].

Образование в атмосферном воздухе при фотохимической реакции под действием солнечного света фотохимического смога ведет к резкому увеличению концентрации озона. Свободные радикалы кислорода повреждают эпителий легких, ведут к развитию воспаления и гиперчувствительности бронхов [72].

Повышение концентраций в воздухе диоксида серы и азота приводит к раздражению бронхов, обострению хронических бронхитов, бронхи-



альной астмы, росту обращений больных за неотложной медицинской помощью [68-72].

В ряде работ показана прямая корреляционная зависимость распространенности бронхиальной астмы у детей от интенсивности движения автомобильного транспорта по близко расположенным к жилью автомагистралям [68].

Выполненные в последнее время в России по международным стандартам (ISAAC) эпидемиологические исследования (Новосибирск, Махачкала, Москва, Нальчик, Благовещенск и др.) также свидетельствуют о существенно более высокой распространенности бронхиальной астмы у детей в экологически неблагоприятных районах. Распространенность бронхиальной астмы у детей является чувствительным популяционным маркером загрязнения атмосферного [68].

К экологически обусловленным заболеваниям следует причислить и аллергические бронхолегочные микозы, в частности аллергический бронхолегочный аспергиллез. Это рецидивирующее заболевание, характеризующееся стадийным течением с клиническими проявлениями как бронхиальной астмы, так и экзогенного аллергического альвеолита. Заболевание обусловлено гиперчувствительностью к антигенам плесневых грибов, вегетирующих в бронхах, но не инфильтрирующих легочную ткань.

Все более важное значение придается исследователями плесневым грибам (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rizopus*, *Mucor*, *Candida* др.). Своеобразие иммунного ответа организма на грибковые аллергены с развитием иммунокомплексных аллергических реакций III типа может привести к формированию не только тяжелой бронхиальной астмы, но и экзогенного аллергического альвеолита, аллергического бронхолегочного микоза, о чем уже говорилось выше [73].

Химические раздражители, почти все тяжелые металлы, диоксины, полихлорированные и полициклические углеводороды оказывают угнетающее влияние на местный, а позднее и системный иммунитет ребенка. Поэтому в зонах экологического неблагополучия распространены признаки вторичного иммунодефицита. Однако выраженность иммунологической недостаточности не достигает крайне тяжелых степеней, которые характерны для первичных наследственных иммунодефицитов. Наиболее информативными проявлениями вторичного иммунодефицита у детей является не случаи их заболеваний ОРВИ, а частота хронических бронхолегочных заболеваний и поражения ЛОР-органов [73, 74].

Болезни органов дыхания – одна из самых распространенных патологий у детей. Для возраста 1–3 лет характерны острые респираторные инфекции (до 4000 на 1000 детей). Заболевание детей острой пневмонией составляет 5:1000 и остается одной из причин младенческой смертности [88, 89, 90, 234].

Почти у 50% часто и длительно болеющие детей при обследовании выявляются очаги хронической инфекции (чаще всего – патология ЛОР-

органов). У таких детей часто обнаруживаются аномалии иммунной системы. Предрасполагающим к болезням фактором является наличие в атмосфере ксенобиотиков, подавляющих местный иммунитет [60-72].

Одной из ведущих проблем стали болезни сердечно – сосудистой системы, связывающие между собой болезни детей и взрослых [69]. Возросло значение артериальной гипертонии и гипотонии у детей. По данным исследователей [69], повышенное артериальное давление, наблюдается у 14,3% школьников 13–14 лет; пониженное артериальное давление – у 10,9%. Стали отмечаться гипертонические кризы и нарушения мозгового кровообращения в 12–15 лет у 7%, в 15–18 лет у 10% детей и подростков. У части детей и подростков формируется первичная артериальная гипертония или гипотония. У части – вегетососудистая дистония, являющаяся основой формирования многих психосоматических заболеваний [69].

Число факторов окружающей среды, оказывающих влияние на сердечно-сосудистую систему, очень велико, однако клинические проявления часто однотипны и проявляются явлениями астеновегетативного синдрома, кардиомиопатии, аритмиями и др. [69].

За последние 10 лет у детей в 2–2,5 раза отмечен рост патологии органов мочевой системы. Распространенность у детей болезней мочевой системы составляет 33:1000 (гломерулонефрит – 6:1000, пиелонефрит – 5:1000, инфекции мочевыводящей системы – 23:10000). Тяжелые металлы, загрязняющие окружающую среду в зонах влияния ДАК, пребывая в воздушной среде в форме частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ , могут стать гаптенами, связываясь с белками почечных мембран, и вызывать у детей вялотекущий аутоиммунный гломерулонефрит. Экологически детерминированная патология почек может проявляться и как хронический тубулоинтерстициальный нефрит.

Выявлена высокая степень распространенности железодефицитной анемии у детей (до 500 случаев на 1000 у детей раннего возраста и 250 случаев на 1000 у старших детей).

Странами, участвующими в мероприятиях по улучшению качества окружающей среды, согласован перечень наиболее важных веществ, представляющих опасность для здоровья человека. К их числу относятся соединения тяжелых металлов, ПАУ, фенолы, нефтепродукты – компоненты эксплуатационного износа ДАК.

Одним из важных свойств, благодаря которому тяжелые металлы относят к приоритетным загрязнителям окружающей среды, является их способность проникать в жизненно важные органы и системы и накапливаться в организме, изменять течение обменных процессов [9]. Как указывалось ранее [69], «наиболее восприимчивыми к воздействию техногенных факторов являются дети, поскольку их организм в отличие от организма взрослого быстрее реагирует на допороговые концентрации вредных веществ, в том числе тяжелые металлы. Это обусловлено, прежде всего, особенностями обменных процессов растущего организма,

незрелостью ряда ферментных систем, систем детоксикации и ограничением функциональных возможностей печени и почек в детском возрасте» [69-72].

У детей, проживающих в районах с атмосферным воздухом, загрязненным соединениями тяжелых металлов, наблюдаются показатели отклонения от средних значений по выборке как в сторону превышения, так и в сторону снижения их в биологических средах, что говорит о выраженных явлениях дисбаланса микроэлементов в условиях высокой техногенной нагрузки в этих районах.

По данным отечественных и зарубежных ученых соединения тяжелых металлов в атмосферном воздухе приводит к формированию патологии органов кроветворения, антиоксидантной, центральной нервной, дыхательной, сердечно-сосудистой эндокринной, иммунной, мочевыводящей и других систем, изменяет течение обменных процессов, влияет на рост и развитие организма [68-73].

В выполненных исследованиях, выявлено, что люди с кардиологическими и легочными заболеваниями более восприимчивы к воздействию РМ [69].

Установлено, что РМ<sub>10</sub> и РМ<sub>2,5</sub> представляют для человека опасность, т.к. имеют достаточно сложный химический состав и адсорбируют на своей поверхности ПАУ, в том числе бенз(а)пирен, и другие токсичные вещества. Твердые пылевые частицы при проникновении в органы дыхания приводят к нарушению системы дыхания (непосредственно на респираторный тракт) и кровообращения (за счет токсического воздействия).

В связи с тем, что мелкодисперсные частицы представляют опасность для здоровья, ВОЗ рекомендовала организовывать в городах контроль РМ, как индикатора эффекта здоровью. В европейских странах и США перешли к измерениям концентрации РМ вместо твердых пылевых частиц (TSP).

Анализ источников научных данных позволил установить следующее (Таблица 1).

Неблагополучие воздушной среды жилых территорий в результате интенсификации деятельности ДАК формируется практически бесконтрольно, в условиях констатации превышения гигиенических нормативов (ПДК), а также негативных последствий этого явления – роста заболеваемости и других изменений общественного здоровья.

Выявлена распространенность неблагоприятных изменений в здоровье детей, проживающих в зоне влияния ДАК, практически полная незащищенность населения и низкая информированность государственных органов всех уровней о присутствии в окружающей среде продуктов эксплуатации ДАК.

В связи с этим необходимо отметить, что система социально-гигиенического мониторинга на урбанизированных территориях нуждается в совершенствовании, для чего следует обозначить основные направления дальнейшего научно-исследовательского поиска.

Для оптимизации социально-гигиенического мониторинга (СГМ) целе-

Таблица 1 – Наличие нормативно-методических документов, регламентирующих деятельность Роспотребнадзора и Росприроднадзора в области оценки влияния процесса эксплуатации дорожно-автомобильного транспорта на окружающую среду и заболеваемость населения

Показатель	Загрязнители атмосферного воздуха при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса					
	Отработавшие газы			Продукты эксплуатационного износа (TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> )		
	Неспецифические	ПАУ, Me	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>	Протекторы шин	Тор-мозная система	Дорожное покрытие
Инвентаризация выбросов	+	±	±	-	-	-
Расчет рассеивания	+	±	±	-	-	-
Оценка влияния на заболеваемость	+	±	+	±	±	±
Оценка влияния на величину показателя риска здоровью	+	±	+	-	-	-
Комплексная оценка в системе «ДАК – ОС – заболеваемость населения» отсутствует						

*Примечание.* «+» –имеется исчерпывающая информация; «±» –имеется в ограниченном объеме; «-»– отсутствует.

сообразно разработать расчетные методы определения количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации ДАК в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта, дополнить систему инвентаризации выбросов в атмосферный воздух (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) при оценке влияния ДАК на окружающую среду и сделать доступными для органов практического здравоохранения методы оценки риска здоровью населения.

Кроме того в соответствии с рекомендациями ВОЗ, для выявления зависимости показателей заболеваемости от интенсивности эксплуатации ДАК на урбанизированной территории необходимо проводить анализ заболеваемости детского населения, проживающего в районах с различной интенсивностью транспортных потоков, с целью выявления тенденции к изменению показателей заболеваемости детского населения, что в свою очередь можно рассматривать как критерий санитарно-эпидемиологического благополучия всего населения.

При этом для детального изучения влияния ДАК на здоровье населения высокую результативность могут показать поэтапные исследования, позволяющие осуществлять целенаправленный подбор показателей с учетом социальных факторов.

Для учета в окружающей среде продуктов эксплуатационного износа автомобилей необходимо проводить качественную и количественную

оценку TSP, поступающих в окружающую среду при эксплуатации ДАК на территории с различной интенсивностью транспортных потоков, и рассчитывать массовый выброс РМ-частиц от автотранспортного потока в различные временные периоды (час, сутки, год). Практическую значимость при этом будут представлять методики, реализованные в информационно-аналитическом комплексе для ЭВМ, позволяющие определить количество загрязнителей, поступающих в атмосферный воздух жилых территорий, а также оценивать риск их воздействия. Стратегически важно быть готовым к выявлению новых факторов негативного влияния техносферы на сферу жизненных интересов людей, что особенно значимо для решения вопросов по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения охраны окружающей среды и экологической безопасности.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 1760 Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс] <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879>
2. Effects of poor air quality on the health of Krakow children / eds. W. Jedrychowski, E. Flak, E. Mroz ; Jagiellonian University Collegium Medicum. – Krakow, 1998. – 788 p.
3. Primary standard calibration methods and network intercalibrations for air quality monitoring. Geneva, World Health Organization, 1994 (GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series, Vol. 2, document WHO/EOS/94.2).
4. Short term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in ten Italian Cities: the epi-air Study / M. Chiusolo [et al.] // Environmental Health Perspectives. – 2011. – Vol. 119(9). – P. 1233–1238.
5. Бажанов, А.А. Социально-экономические механизмы преодоления последствий взаимодействия автотранспортного комплекса с окружающей средой: дис. канд. соц. наук: 22.00.03 / Бажанов Алексей Анатольевич; [Место защиты: Моск. Гос. Ун-т им. М.В. Ломоносова]. – М, 2010. – 161 с.
6. Большаков А.М., Осипова В.Н., Филимонова О.Ю. Гигиеническая оценка результатов программы «Чистый воздух» // Гигиена и санитария. – 2002. – № 3. – С. 23–25.
7. Волкодаева М.В., М.М. Полуэктова. Оценка качества атмосферного воздуха при реализации европейских требований на ограничение выбросов автотранспорта (на примере отдельных автомагистралей г. Санкт-Петербург) // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения: Информационный бюллетень №. 1 (31) / НПК «Атмосфера». – СПб., 2005. – С. 121–132.
8. Горшкова И.А., Макарова О.Ю. Анализ загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств в условиях сложившейся градостроительной ситуации в центральной части Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // Науковедение: Интернет-журнал. – 2014. – № 4 (23). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/?P=issue-4-14>. – (Дата обращения: 26.03.2021).

9. Антонова Ю.А., Сафонова М.А. Тяжёлые металлы в городских почвах // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 43–44.
10. Безуглая, Э.Ю. Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. – СПб., 2008. – 253 с.
11. Безуглая, Э.Ю. Воробьева И.А., Ивлева Т.П. Химическая активность атмосферы на территории России // Труды ГГО. – 2009. – Вып. 559. – С. 121–133.
12. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Нехоршее А.С., Гайко Н.Н. Метод контроля качества среды обитания в мегаполисе. Успехи современного естествознания. 2005. № 9. С. 59-61.
13. Гайко И.И., Леванчук А.В. Гигиеническая характеристика взаимосвязей в системе «среда обитания – здоровье населения мегаполиса. Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (см. В книгах). 2005. № 15. С. 43.
14. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Колесников Л.Е. Мониторинг состояния здоровья населения в антропогенно-трансформированных природных условиях города Санкт-Петербург. В сборнике: Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей. Материалы научной конференции, посвященной 130-летию проекта профессора императорского Санкт-Петербургского университета В. В. Докучаева о детальном естественно-историческом, физико-географическом сельскохозяйственном исследовании Санкт-Петербурга и его окрестностей. Санкт-Петербургский государственный университет, Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева, РАСХН, Докучаевское общество почвоведов, Русское географическое общество. 2005. С. 206-212.
15. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильно-дорожного комплекса. Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 17-21.
16. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильных шин. Технологии техносферной безопасности. 2014. № 4 (56). С. 32.
17. Леванчук А.В. Гигиеническое прогнозирование загрязнения окружающей среды урбанизированной территории продуктами эксплуатационного износа дорожно-автомобильного комплекса. Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 1 (54). С. 15-21.
18. Леванчук А.В. Гигиеническая характеристика воздушной среды в зоне влияния дорожно-автомобильного комплекса. Медицина и образование в Сибири. 2015. № 1. С. 5.
19. Леванчук А.В. Гигиеническая характеристика загрязнения окружающей среды продуктами эксплуатационного износа тормозной системы автомобилей. Успехи современной науки. 2016. Т. 3. № 2. С. 82-85.
20. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Леванчук Л.А. Анализ современного состояния дорожно-автомобильного комплекса Санкт-Петербурга. Научные труды sworld. 2016. Т. 1. № 1 (42). С. 44-48.
21. Gorbanev S.A., Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V. P-3 road-motor traffic



complex as a source of polyaromatic hydrocarbons contained in fine dust particles. В книге: Environmental and Occupational Health Aspects Related to nano- and ultra-fine particulate matter. National Institute of Occupational Health in Norway, North-West Public Health Research Center, Norwegian Institute of Occupational Health, Chemical Environmental Section of the Norwegian Chemical Society. 2019. С. 45.

22. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Дорожно-автомобильный комплекс как фактор риска здоровью населения. Научные труды sworld. 2016. Т. 10. № 1 (42). С. 32-36.

23. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Качественная и количественная характеристика загрязнения окружающей среды продуктами эксплуатационного износа компонентов дорожно-автомобильного комплекса. Успехи современной науки. 2016. Т. 1. № 4. С. 158-162.

24. Стратегия-2020: Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической Стратегии России на период до 2020 г. 2018. – 42 с.

25. Прогноз развития мирового автомобильного рынка. [www.autostat.ru](http://www.autostat.ru). Электронный ресурс. Дата обращения 27.11.2021

26. Рахманин Ю.А., Иванов С.И., Новиков С.М. Актуальные проблемы комплексной гигиенической характеристики факторов городской среды и их воздействия на здоровье населения // Современные проблемы гигиены города, методологи и пути решения: материалы Пленума 21–22 декабря 2006 г. – М., 2006. – С. 8–18.

27. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Еремин Г.Б. Гигиеническая характеристика воздушного бассейна в районе интенсивной эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 613-618.

28. Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I. The risk to the health of the population exposed to the influence of the road-car complex. Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine. 2019. Т. 14. № 1. С. 69-74.

29. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов. Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 298-301.

30. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Количественная пространственно-временная оценка загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате сгорания топлива автомобильного транспорта. Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 11. С. 1021-1024.

31. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса. Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12. С. 1117-1121.

32. Ватулина Е.Я., Леванчук А.В., Леванчук Л.А., Курепин Д.Е. Графическое представление результатов исследования экологической нагрузки на урбанизированную территорию при воздействии транспортных потоков Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 2 (33). С. 100.

33. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Современные направления совершенствования методологии социально-гигиенического мониторинга. / В сборнике: современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека. Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Минздрава России. 2016. С. 150-152.

34. Леванчук А.В. Гигиеническая характеристика риска здоровью населения при воздействии химического загрязнения атмосферного воздуха крупных городов. / В сборнике: Реформы Здравоохранения Российской Федерации. Современное состояние, перспективы развития. Сборник материалов конференции IV ежегодной конференции с международным участием, посвященной памяти д.м.н. Профессора, акад. МАНЭБ, з.д.н. РФ Полякова Игоря Васильевича. Под редакцией И.М. Акулина, О.В. Мироненко. 2017. С. 52-55.

35. Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I., Eremin G.B. P-6 study findings of chemical composition of fine dust particles in the area of road-motor traffic complex exposure./ В книге: Environmental and Occupational Health Aspects Related to nano- and ultrafine particulate matter. National Institute of Occupational Health in Norway, North-West Public Health Research Center, Norwegian Institute of Occupational Health, Chemical Environmental Section of the Norwegian Chemical Society. 2019. С. 48.

36. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Леванчук Л.А. Анализ современного состояния дорожно-автомобильного комплекса Санкт-Петербурга. Научный взгляд в будущее. 2016. Т. 1. № 1. С. 104-109.

37. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Дорожно-автомобильный комплекс как фактор риска здоровью населения. Научный взгляд в будущее. 2016. Т. 7. № 1. С. 84-87.

38. Леванчук А.В. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга на территории с развитым автомобильно-дорожным комплексом. Общественное здоровье и здравоохранение. 2014. № 4 (44). С. 78-82.

39. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильных дорог. Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 1 (20). С. 68.

40. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Турсунов З.Ш. Обоснование направлений развития социально-гигиенического мониторинга. В сборнике: Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем. Материалы Пленума Научного совета по экологии и гигиене окружающей среды Российской Федерации. Под редакцией академика РАМН Ю.А. Рахманина. 2013. С. 184-187.

41. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Башкетова Н.С. Количественная характеристика уровня загрязнения окружающей среды автомобильно-дорожным комплексом. В сборнике: Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения

проблем. Материалы Пленума Научного совета по экологии и гигиене окружающей среды Российской Федерации. Под редакцией академика РАМН Ю.А. Рахманина. 2013. С. 209-211.

42. Битюкова В.Р. Социально-экологические проблемы развития городов России. – 2 изд. – М.: Либроком, 2009. – 448 с.

43. Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Фролова Н.М., Борисова Д.С., Калинина Н.И., Носков С.Н., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Балтрукова Т.Б. Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности условий проживания/ Санкт-Петербург, 2020, 265 с.

44. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Рябец В.В. Гигиенические аспекты оценки процесса формирования комфортной городской среды. Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 551-556.

45. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Фролова Н.М., Сазонова А.М. Определение дополнительного риска здоровью населения за счёт загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1171-1178.

46. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Эколого-гигиеническая характеристика риска здоровью населения, проживающего на урбанизированных территориях. В сборнике: Реформы здравоохранения Российской Федерации. Современное состояние, перспективы развития. Сборник материалов конференции V ежегодной конференция с международным участием, посвященная памяти д.м.н. Профессора, акад. МАНЭБ, з.д.н. РФ Полякова Игоря Васильевича. Под редакцией И.М. Акулина, О.В. Мироненко. 2018. С. 61-67.

47. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Гигиеническая характеристика функционального состояния кардиореспираторной системы детей, подвергающихся сочетанному воздействию загрязнений атмосферного воздуха в различных климатических условиях. Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 603-609.

48. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Методические аспекты гигиенической оценки атмосферного воздуха в районах с развитой инфраструктурой Атмосфера. Нервные болезни. 2010. № 4. С. 19.

49. Ревин А.А., Тюрин С.В., Федотов В.Н. Прогнозирование ресурса новых тормозных накладок транспортного средства // Вестник транспорта. – 2006. – № 9. – С. 32-34.

50. Сетко А.Г. Кинетика тяжелых металлов в волосах и костной ткани населения урбанизированных территорий // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2004. – № 4. – С. 78–79.

51. Болдырев Д.А., Криштал М.М., Полуин В.И., Цалина Н.Б.; ОАО «АВТОВАЗ». Оптимизация материалов пары трения «тормозной диск–колодка»// Материалы в автомобилестроении: сборник докладов II Международной научно-практической конференции. Часть I (Металлические

материалы) [Электронный ресурс]. – Тольятти, 2004. – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/files/file2123.pdf> (дата обращения 29.11.2014). – С. 158–164.

52. Джалилов, М.Ф. Учет истирающего воздействия колес автомобилей при прогнозировании износа асфальтобетонных покрытий: дис. канд. техн. наук: 05.23.11 / Джалилов Максуд Файзиевич. – М., 2004. – 246 с.

53. Conclusions/recommendations // Review of Methods for Monitoring of PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> Report on a WHO Workshop [in english]. – Berlin, 2004. – 18 p.

54. Does the effect of PM<sub>10</sub> on mortality depend on PM nickel and vanadium content? A reanalysis of the NMMAPS data / F. Dominici [et al.] // Environmental Health Perspectives. – 2007b. – Vol.115(12). – P. 1701–1703.

55. Ахметов Л. А. Автомобильный транспорт и охрана окружающей среды. Справочник – Ташкент, 1990. – 130 с.

56. Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Копытенкова О.И. Геоэкозащитные мероприятия для сохранения санитарно-эпидемиологического благополучия населения при строительстве транспортно-дорожного комплекса урбанизированных территорий. Сборник научных трудов sworld. 2013. Т. 4. № 1. С. 92-102.

57. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р. Нанотехнологии. Невидимые убийцы, или риски, обусловленные мелкодисперсной пылью от транспорта. Экология. Производство. 2013. № 1 (20). С. 35-37.

58. Мингулова И.Р., Леванчук А.В. Методические подходы к обоснованию экозащитных мероприятий при эксплуатации транспортно-дорожного комплекса на урбанизированных территориях. В сборнике: техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2012). Материалы III Международной научно-практической конференции. 2012. С. 114-117.

59. Европейская комиссия генеральная дирекция объединенный научный центр. Институт по исследованию перспективных технологий Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды. 2002.- 192с.

60. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году». – М., 2020 – 523 с.

61. Леванчук А.В., Шилова Е.А. Биологическая роль аэрозолей взвешенных микроскопических частиц, загрязняющих атмосферный воздух урбанизированной территории. В сборнике: техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2012). Материалы III Международной научно-практической конференции. 2012. С. 93-95.

62. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р. Гигиеническая характеристика химического загрязнения окружающей среды в процессе эксплуатации транспортно-дорожного комплекса. Профилактическая и клиническая медицина. 2012. № 3 (44). С. 87-92.

63. Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга на основе гигиенической характеристики воздействия автомобильного транспорта на заболеваемость детского населения.

Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2015. № 10 (207). С. 131-137.

64. Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Копытенкова О.И. Методические подходы к количественной оценке взвешенных веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации транспортно-дорожного комплекса. Сборник научных трудов sworld. 2012. Т. 1. № 3. С. 66-73.

65. Вайтюк, С.А., Сушевич В.В., Змитрович А.И. Оценка риска заболеваемости опухолями центральной нервной системы детского населения республики Беларусь // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 3 (228). – С. 4–6.

66. Гегерь, Э.В. Влияние факторов окружающей среды на заболеваемость тиреоидной патологией // Здоровье населения и среда обитания. – 2014 – № 1 (250). – С. 10–12.

67. Данова, А.В. Загрязнение атмосферного воздуха городского округа Москвы и динамика заболеваемости детей болезнями органов дыхания // Санитарный врач. – 2013. – № 9. – С. 73–76.

68. Федосеев Г.Б., Баранов В.С., Лаврова О.В., Петрова Б.А., Трофимов В.И., Углева Е.М. Донозологическая диагностика и первичная профилактика бронхиальной астмы и других аллергических заболеваний, возможности и перспективы // Донозоология. – 2006. – №1. – С. 20–26.

69. Викторов А.А., Гладких В.Д., Ксенофонтов А.И., Смирнов В.В. Основы медико-экологической безопасности. – М.: МИФИ, 2010. –198 с.

70. Филатов Н.Н., Глиненко В.М., Ефимов М.В., Муратов В.В., Фокин С.Г. Влияние химического загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения // Гигиена и санитария. – М., 2009. – № 6. – С. 82–84.

71. Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей / под ред. Б.А. Ревича. – М.: Адамать, 2006. – 246 с.

72. Burnett R.T., Cakmak S., Brook J.R., Krewski D. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease // Environ. Health Perspect. – 1997. – Vol. 105, N. 6. – P. 614–620.

73. Зачиняева А.В., Леванчук А.В. Методические основы организации микологического мониторинга техногенно загрязненных почв. Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. 2006. С. 54.

74. Зачиняева А.В., Леванчук А.В. Методические основы организации микологического мониторинга техногенно загрязненных почв. / Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. 2006. Т. 7. № 2. С. 54-57.

### **Сведения об авторах**

**Леванчук Александр Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: 5726164@mail.ru

**Шилова Екатерина Альбертовна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: shilova.pgups@yandex.ru

**Петрова Милена Дмитриевна**, младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru

**Ганичев Павел Александрович**, младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. e-mail: ganichevpavel@yandex.ru



## 1.2. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ В ЭПОХУ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

УДК 614.47

*Сулакшин С.С.*

### К ПУБЛИЧНОЙ ПОЛЕМИКЕ О «РОСТЕ» СЛУЧАЕВ ЗАБОЛЕВАНИЙ И СМЕРТЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МАССОВОГО ВАКЦИНИРОВАНИЯ ОТ КОВИДА

**Аннотация.** В российской публичной полемике о необходимости массовой вакцинации в борьбе с эпидемией Ковида-19 и QR-кодов, как методе мотивации народа к вакцинации, в массовое сознание вбрасываются утверждения со ссылками на якобы существующие доказательства о том, что вакцинация увеличивает число случаев заболеваний и смертей. С целью проверки этих общественно опасных утверждений проведены расчеты причинно-следственной связи количества вакцинированных и числа случаев заболеваний, числа смертей от Ковида и тяжелых случаев течения болезни на массиве статистики по 222 регионам мира.

**Ключевые слова:** новая коронавирусная инфекция, Ковид-19, Эпидемия, Вакцинация, Статистическая связь, Причина и следствие, Влияние вакцинации, Ложные провокационные вбросы.

*Sulakshin S.S.*

### TOWARDS A PUBLIC CONTROVERSY ABOUT THE "RISE" IN CASES OF ILLNESS AND DEATH AS A RESULT OF MASS VACCINATIONS FROM COVID

**Abstract.** In the Russian public debate about the need for mass vaccination in the fight against the epidemic of Covid-19 and QR codes, as a method of motivating people to vaccinate, statements are thrown into the mass consciousness with references to allegedly existing evidence that vaccination increases the number of cases of disease and deaths. To verify these socially dangerous statements, estimations of the causal relationship between the number of vaccinated and the number of cases of disease, the number of deaths from Covid and the amount of ICU patients were carried out using panel data for 222 countries of the world.

**Keywords:** novel coronavirus infection, Covid-19, epidemic, vaccination, statistical connection, cause and effect, impact of vaccination, false provocative stuffing.

#### **Введение**

В российской национальной практике борьбы с эпидемией новой коронавирусной инфекции (далее, Ковид, Ковид-19) путем массовой вакцинации и мер мотивации населения к вакцинации (QR-коды) наблюдается опасное общественно-политическое явление. Некоторые, общественно значимые в науке, политике, культуре фигуры, СМИ раздувают в общественном мнении убеждение в том, что вакцинация ведет к росту случаев заболеваний и

смертей от Ковида. Это подрывает эффективность борьбы с эпидемией, порождает дополнительные возможности для мутации штамма Ковида, отвергает население от вакцинации, тем самым, в действительности, увеличивает количество заболеваний и смертей. Разыгрывается карта политической дестабилизации в стране. Общество «мобилизуют» на борьбу не с эпидемией, а с противоэпидемическими мероприятиями. Возникает общественно опасное массовое явление.

### **Методика**

Для научно ответственного ответа на вопрос, есть ли связь между вакцинацией и распространением коронавируса, проведен статистический анализ опыта мировых систем здравоохранения на массиве 222 стран. Статистические данные заимствованы из интернет-источника [1].

Проверялись следующие, естественные для практик вакцинирования гипотезы.

Гипотеза 1. Вакцинирование приводит к снижению новых случаев заболевания.

Гипотеза 2. Вакцинирование приводит к снижению количества смертей от коронавируса.

Гипотеза 3. Вакцинирование приводит к снижению количества пациентов в отделениях интенсивной терапии (реанимации).

Использовались два статистических метода верификации причинно-следственной связи. Во-первых, вычисление двух коэффициентов корреляции (Пирсона) между вакцинацией и случаями заболеваний и смертей. Но, в отличие от традиционной формулы применялся модифицированный метод вычислений [2]. Причина всегда происходит раньше следствия. Вакцинация всегда активизирует иммунную систему организма человека с временной задержкой. Поэтому коэффициент корреляции вычислялся с лагом времени, который задавался как сдвиг по шкале времени статистического временного ряда числа вакцинированных, как в отрицательную сторону, так и в положительную. Такой подход позволяет точно установить направление причинно-следственной связи. А само значение коэффициента корреляции дает силу этой связи.

Во-вторых, применялся метод построения регрессионного уравнения, которое устанавливает аналитическое выражение для связи числа вакцинаций и случаев заболеваний, смертей и тяжелых случаев. Это даже более прозрачный и убедительный метод выявления причинной направленности и силы связи явлений причина-следствие. Подобные расчеты зарубежных ученых корреспондируют с полученными в настоящей работе результатами [3-7].

### **Результаты**

Для первоначальной оценки связи между вакцинацией, заболеваемостью и смертностью построены коэффициенты корреляции, которые можно увидеть на рис. 1.

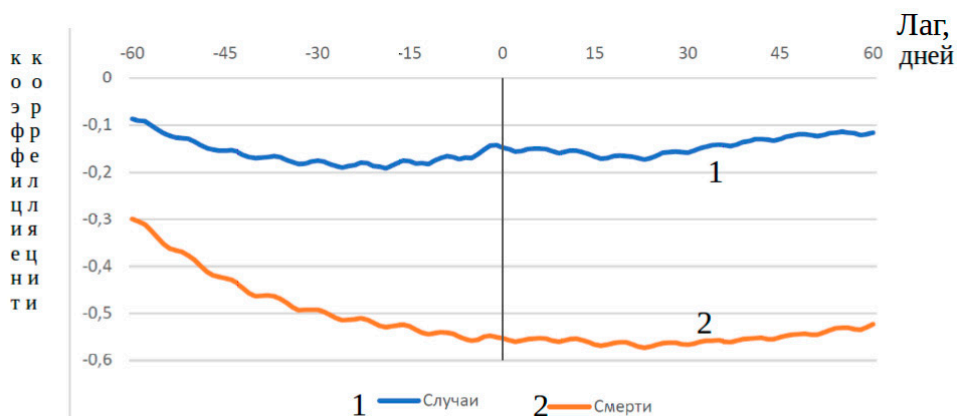


Рисунок 1 – Коэффициент корреляции числа вакцинированных (ряд сдвигается по шкале времени) и числа случаев новых заболеваний (1), числа смертей (2)

Для подсчета использованы ежедневные данные по всему миру из источника [1], а именно, следующие: 1. Новые случаи заболеваний на 1 млн человек; 2. Новые случаи смерти на 1 млн человек; 3. Количество полностью вакцинированных людей на 100 человек. Корреляции подсчитаны по выборке с начала пандемии по 05.12.2021. Горизонтальная ось отображает лаг времени, с которым взят временной ряд количества вакцинированных людей. Например, точка “-15” означает, что ряд количества вакцинированных сдвинут на 15 дней назад по сравнению с рядом новых заболеваний и смертей, а точка “+15” означает, что ряд вакцинированных сдвинут на 15 дней вперед. Соответственно, каждая точка на кривой (1) отображает корреляцию между количеством полностью вакцинированных и новыми случаями заболевания, если ряд вакцинированных сдвинут во времени назад или вперед. В нуле оба ряда синхронизированы в один и тот же момент времени (обычный метод вычислений). Кривая (2) отображает корреляцию между количеством полностью вакцинированных людей и количеством новых смертей для разных лагов ряда вакцинированных. Как можно увидеть из рис. 1, обе кривые находятся ниже нуля, что означает, что оба показателя корреляции всегда отрицательны вне зависимости от сдвига ряда вакцинированных. Другими словами, **всегда и без исключений на опыте мира вакцинация ведет к уменьшению количества заболеваний и смертей**. Особенно важно, что отрицательная корреляция наблюдается именно для сдвинутого по времени ряда вакцинированных, что показывает причинно-следственную связь между вакцинированием и снижением заболеваемости и смертности<sup>1</sup>. При этом метод настолько чувствителен, что даже показывает с какой задержкой

<sup>1</sup> Коэффициент корреляции может принимать значения от минус одного до плюс одного. При этом значение “минус один” указывает на максимальную отрицательную связь между двумя показателями, ноль указывает на отсутствие связи между показателями, а “плюс один” указывает на максимальную положительную связь между показателями.

по времени вакцинация максимально эффективна. Лаг времени составляет 20-25 дней. Задержка, вполне согласующаяся с временем формирования в организме человека иммунного ответа.

Поскольку значения корреляции на кривой (1) слева от нуля находятся в диапазоне между  $-0,1$  и  $-0,2$ , можно утверждать, что существует небольшая отрицательная (но никогда нет положительной связи) связь между вакцинированными и заболеваниями. Слабая связь может объясняться тем, что вакцинация не дает 100% защиты от вируса (согласно описаниям производителей вакцин, эффективность колеблется от 60 до 95%, и может снижаться с появлением новых модификаций вируса). Кроме того, важен вопрос о размытии связи из-за неполной достоверности диагностирования Ковида. В нее может вмешиваться человеческий фактор, связанный с государственными дотациями врачебной системе в случае Ковида.

Что представляется наиболее важным – так это явное и сильно связанное в цепочке связей (вакцинация, как причина - снижение смертности, как следствие) сокращение летальных исходов. Как видно из рис. 1, кривая (2) слева находится в диапазоне значений корреляции между  $-0,5$  и  $-0,6$ , что указывает на достаточно высокую отрицательную связь между количеством вакцинированных и количеством случаев смерти от коронавируса.

**Итак, модифицированный корреляционный анализ опыта 222 стран мира убедительно показывает, что вакцинация является фактором снижения случаев заболеваний и смертей.**

Для более точного и наглядного анализа были оценены линейные регрессии<sup>2</sup> по панельным данным из вышеупомянутого источника [1]. Преимущество данного подхода заключается в том, что в нем учитываются различия между странами, временными периодами, есть возможность проконтролировать другие факторы, которые могут приводить к снижению заболеваний для более точного определения эффекта вакцинации и т. д. Для этого были взяты данные по трем вышеописанным показателям и для случаев тяжелого протекания болезни по 222 странам мира за период с 2020 года по 05.12.2021. Начало периода для каждой страны отличается, поскольку вакцинацию стали вводить в разных странах в разные моменты времени. Соответственно, для каждой страны длина выборки различается. Кроме того, рассмотрен дополнительный показатель: количество пациентов в отделениях интенсивной терапии на 1 млн человек. Данный показатель не был рассмотрен при расчёте коэффициентов корреляции, поскольку по нему нет данных для мира в целом, но есть данные для нескольких отдельных стран. Оценены три регрессии, в которых  $\beta$  (бета) – это коэффициент, показывающий как вакцинирование влияет на заражения ковидом, смертность и количество пациентов в отделениях интенсивной терапии. Коэффициент бета является более точным аналогом коэффициента корреляции, рассчитанного ранее.

---

<sup>2</sup> Аналитическое уравнение связи вакцинации и ее следствий: случаев заболеваний, смертей и тяжелых случаев течения болезни.

**Регрессия 1:**<sup>7</sup>

$$\ln(\text{Новые случаи смерти на 1 млн (сглаженные)}_{i,t}) * 100 = \alpha_i + \gamma_t + \beta * (\text{Количество полностью вакцинированных людей на 100 чел.}_{i,t}) + \delta * (\text{Индекс строгости}_{i,t}) + \epsilon_{i,t}$$

$i$  – индекс страны

$t$  – индекс периода

$\alpha_i$  – оценка “константы” для каждой страны (включает в себя все параметры страны, которые не меняются во времени)

$\gamma_t$  – оценка “константы” для каждого периода (включает в себя все параметры одного периода, одинаковые для всех стран)

$\beta$  – коэффициент, который показывает, на сколько процентов изменяется количество новых случаев смерти при увеличении доли вакцинированных на 1 процентный пункт

Индекс строгости (stringency index) – включает в себя 9 индикаторов, такие как “закрытие школ”, “переход на удаленную работу”, “ограничения путешествий”, “отмену массовых мероприятий” и т. д.<sup>8</sup>

$\epsilon_{i,t}$  – случайная ошибка

**Регрессия 2:**

$$\ln(\text{Новые случаи заболеваний на 1 млн (сглаженные)}_{i,t}) * 100 = \alpha_i + \gamma_t + \beta * (\text{Количество полностью вакцинированных людей на 100 чел.}_{i,t}) + \delta * (\text{Индекс строгости}_{i,t}) + \epsilon_{i,t}$$

**Регрессия 3:**<sup>9</sup>

$$\ln(\text{Количество пациентов в интенсивной терапии на 1 млн}_{i,t}) * 100 = \alpha_i + \gamma_t + \beta * (\text{Количество полностью вакцинированных людей на 100 чел.}_{i,t}) + \delta * (\text{Индекс строгости}_{i,t}) + \epsilon_{i,t}$$

Для регрессии 1 был взят натуральный логарифм новых случаев смерти для упрощения интерпретации оценки беты в процентах. В регрессиях включен Индекс строгости (Stringency Index), поскольку он является важным фактором замедления заражений и смертности от коронавируса. Его эффект делает оценку коэффициента беты более точной. Индекс Строгости включен с лагом в 30 дней, поскольку можно предположить, что введение ковидных ограничений влияет на заболевания и смертность не сразу, а с некоторым отставанием. Третья регрессия оценена для меньшего количества стран, поскольку не во всех странах есть данные по пациентам в отделениях интенсивной терапии.

Каждая из трех регрессий оценена пять раз для разных лагов, с которыми были сделаны расчеты: -60 дней, -30 дней, без лага, +30 дней, +60 дней. Включение лага в регрессию позволяет учесть то, что необходимо время для формирования иммунитета, и влияние на заражения и смертность происходит также с запозданием. Рисунки (2-4) показывают оценку коэффициента беты для регрессий 1-3 и разных лагов времени сдвига ряда вакцинированных.

Как видно из рис. 2-4, количество новых заболеваний и смерти так же, как показывает корреляционный анализ, при росте масштабов вакцинации уменьшаются. Интересны результаты на рис. 3-4 в области положительного лага времени. Очевидно, что сами по себе случаи заболевания и тяжелые случаи течения болезни физически не вызывают с положительной связью

### Регрессия 1: Смертность

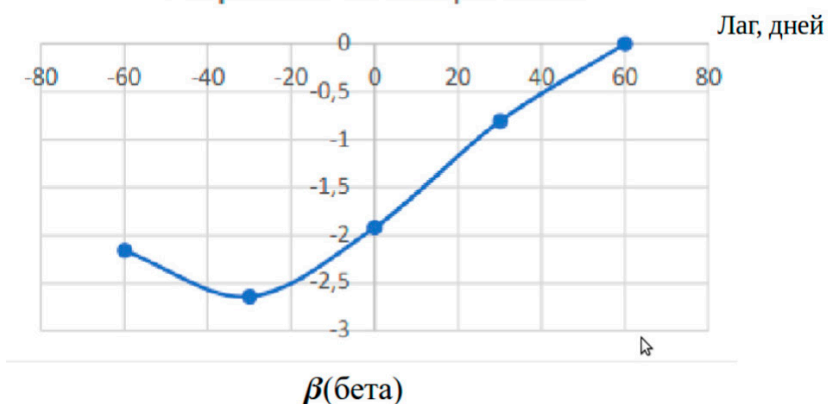


Рисунок 2 – Регрессия 1. Коэффициент связи  $\beta$  (бета) между числом полностью вакцинированных и смертями

### Регрессия 2: Заболеваемость

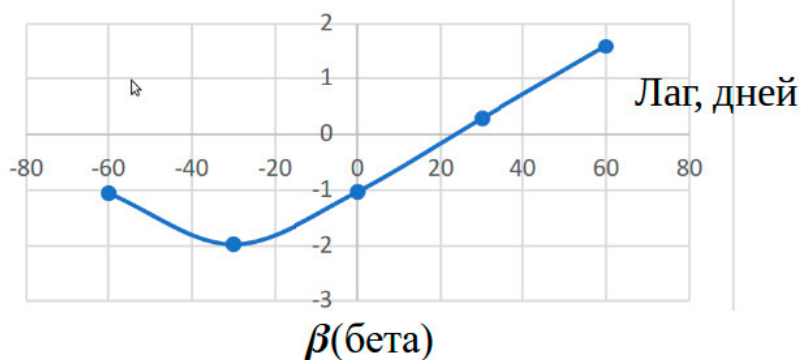


Рисунок 3 – Регрессия 2. Коэффициент связи  $\beta$  (бета) между числом полностью вакцинированных и новыми случаями заболевания Ковидом

### Регрессия 3: Интенсивная терапия

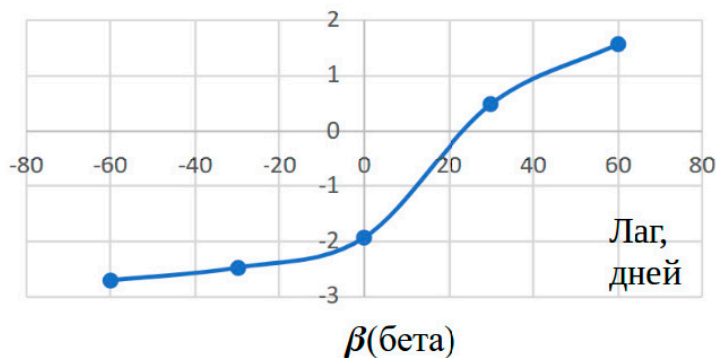


Рисунок 4 – Регрессия 3. Коэффициент связи  $\beta$  (бета) между числом полностью вакцинированных и количеством случаев интенсивной терапии (реанимации)



усиление масштабов вакцинации (в этом квадранте причина – заболевание, а следствие – вакцинация). Это происходит в силу волевых решений властей, специалистов, общественного мнения. Но рост связи с ростом лага времени однозначно свидетельствует о следующем.

Чем больше опаздывает национальное решение и действия по масштабной вакцинации, тем больше усилий придется прилагать в борьбе с эпидемией. А если еще помнить, что подобное запаздывание открывает для вируса Ковида большие возможности для мутации, что, соответственно, снижает эффективность вакцины, созданной для предыдущей версии вируса, то эффективность подавления эпидемии снижается в еще большей степени. Так объясняются большие показатели заболеваемости, рекордная смертность в России по сравнению со многими странами. Неопределенность действий властей, слабая и противоречивая работа системы пропаганды правильного поведения населения, слабость системы здравоохранения и производства вакцин. Самый большой вред наносят антивакцинная пропаганда, переходящая по мнению аналитиков политологов в комбинированную информационно-психологическую войну с Россией (об этом говорят факты оплаты из-за рубежа особо активных глашатаев опасности вакцинирования, якобы ведущего к росту заболеваемости и смертности) и непоследовательность решений властей. В погоне за скандальной известностью и «преступным» заработком некоторые публичные общественники и политики, даже целые партии и движения, некоторые дипломированные специалисты берут тяжкий грех на душу, внося вклад в смертность российского населения.

В погоне за своими рейтингами политическое руководство страны не хочет «раздражать» население, отменяет уже принятые антиэпидемические решения и тем самым усугубляет течение эпидемии и количество смертей российских граждан. Масштаб явления уже таков, что переводит тему ошибочности (допускаем, что есть и заблуждения) действий политиков и самих властей в тему их ответственности за рост смертности в стране. Убийц правосудие карает. А тех, кто способствует смертности населения, получается, не замечает?

Регрессионный анализ, в дополнение к корреляционному, позволяет получить прямые количественные соотношения между интенсивностью вакцинирования и заболеваемостью и смертностью. Интерпретация полученных результатов для случая сдвига временного ряда количества вакцинированных на 30 дней назад выглядит следующим образом. Для иных сдвигов кривые дают соответственно пропорциональные соотношения.

Регрессия 1. Если доля полностью вакцинированных людей увеличивается на 1 процентный пункт, **количество новых случаев смерти** снижается на 2,64%.

Регрессия 2. Если доля полностью вакцинированных людей увеличивается на 1 процентный пункт, **количество новых случаев заболеваний** снижается на 1,97%.

Регрессия 3. Если доля полностью вакцинированных людей увеличивает-

ся на 1 процентный пункт, количество людей в отделениях интенсивной терапии снижается на 2,47%.

Оценки коэффициентов связи  $\beta$  (бета) в большинстве просчитанных случаев являются статистически значимыми, что достаточно надежно доказывает наличие связи между вакцинированием и заболеваемостью, смертностью и тяжелым течением болезни.

### Выводы

1. Таким образом, по опыту большинства стран мира, статистически без исключений, коллективный иммунитет, вырабатываемый за счет массового вакцинирования населения от Ковида, приводит к снижению заболеваемости, смертности, а также количества пациентов в отделениях интенсивной терапии (реанимации).

2. Обратные утверждения не основаны на достоверных научных данных и относятся, скорее всего, к сферам некомпетентности, заблуждений, подмены научной ответственности меркантильными мотивациями, а также к области большой политики, современных информационно-психологических методов гибридной войны, ведущейся, в частности, с Россией.

3. Перед обществом и властью необходимо ставить вопрос об ответственности за пропаганду массового поведения, ведущего к повышению смертности населения. Это вопрос национальной безопасности.

### Список литературы

1. Statistics and Research. Coronavirus (COVID-19) Vaccinations. Электронный доступ: [<https://ourworldindata.org/coronavirus#coronavirus-country-profiles>]
2. Государственная экономическая политика. К умной и нравственной экономике / Под общей ред. С.С. Сулакшина. В 5 томах. Т.1. М.: Научный эксперт, 2008. - 840 с.
3. S. V. Subramanian, Akhil Kumar. Increases in COVID-19 are unrelated to levels of vaccination across 68 countries and 2947 counties in the United States. Электронный доступ: [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8481107/>]
4. Kiyoshi F. Fukutani, Mauricio L. Barreto Bruno, B. Andrade, Artur T. L. Queiroz . Correlation Between SARS-Cov-2 Vaccination, COVID-19 Incidence and Mortality: Tracking the Effect of Vaccination on Population Protection in Real Time. Электронный доступ: [<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2021.679485/full>]
5. Halle Cerio, Laura A. Schad, Telisa M. Stewart, Christopher P. Morley. Relationship Between COVID-19 Cases and Vaccination Rates in New York State Counties. Электронный доступ: [<https://journals.stfm.org/primer/2021/morley-2021-0035/>]
6. Mark W. Tenforde, Wesley H. Self, Katherine Adams, et al. Association Between mRNA Vaccination and COVID-19 Hospitalization and Disease Severity. Электронный доступ: [<https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2786039>]
7. Ensheng Dong, Lauren Gardner/ The relationship between vaccination rates and COVID-19 cases and deaths in the USA. Электронный доступ: [<https://systems.jhu.edu/research/public-health/covid-19-vaccine/>]

### Сведения об авторе

**Сулакшин Степан Степанович**, доктор физико-математических наук, доктор политических наук, профессор, Лаборатория физики новых явлений Центра научной политической мысли и идеологии, Москва., Россия; e-mail: sulakshin@mail.ru

УДК 614.254

*Балацкий П.С., Команденко А.С.*

## СТУДЕНТЫ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ В УСЛОВИЯХ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

**Аннотация.** В исследовании приводится комплексная оценка особенностей учебной деятельности, режимных моментов и питания студентов медицинских университетов, которые обусловлены пандемией Covid-19 и переходом на дистанционный формат обучения. Опрошены 67 студентов трех медицинских университетов 4–6 курсов дистанционным образом с помощью Google-формы по специально разработанной анкете, включающей вопросы по учебной деятельности, режимные моменты, физические нагрузки, питание.

Установлено, что большинство студентов адаптировались к дистанционному обучению. Студентами отмечены положительные стороны лекционно-дистанционной модели обучения: технологичность обучения, получение знаний в комфортной и привычной обстановке, не нужно тратить время на дорогу и переезды. При этом абсолютное большинство студентов считают обязательным очное преподавание клинических дисциплин. Негативно оценили дистанционное обучение 13% респондентов (технические сложности, отсутствие живого общения). В условиях пандемии студенты больше времени уделяют подготовке к занятиям, увеличилась продолжительность ночного сна. В пандемию не изменилась физическая активность. Пандемия практически не изменила отношение студентов к здоровому питанию – остается такой же приверженность к фастфуду, низкий удельный вес студентов приверженных сбалансированному питанию. Но в 2 раза возросло число студентов, соблюдающих трехразовый прием пищи.

**Ключевые слова:** студент, медицинский университет, дистанционное обучение, учебная деятельность, режим, физические нагрузки, питание

*Balatsky P.S., Komandenko A.S.*

## MEDICAL UNIVERSITY STUDENTS IN THE CONDITIONS OF CORONAVIRUS INFECTION

**Abstract.** The study provides a comprehensive of the features of educational activities, everyday routine, and nutrition of medical university students, which are caused by the Covid-19 pandemic and the transition to a distance learning. 67 students of three medical universities of 4–6 courses were interviewed remotely using a Google form on a specially designed questionnaire, including questions on academic activities, routine moments, physical activity, nutrition.

Students noted the positive aspects of the lecture–distance learning model: technological effectiveness of training, gaining knowledge in a comfortable and familiar environment,

there is no need to waste time on the road and moving. However, the vast majority of students consider disciplines full-time teaching of clinical. 13% of respondents negatively assessed distance learning (technical difficulties, lack of live communication). In the conditions of the pandemic, students spend more time preparing for classes, the duration of night sleep has increased. Physical activity has hardly changed during the pandemic. The pandemic has practically not changed the attitude of students to healthy eating – there remains the same commitment to fast food, a low proportion of students committed to a balanced diet. But the number of students who observe three meals a day has increased by 2 times.

**Keywords:** student, medical university, distance learning, educational activity, daily routine, physical activity, nutrition

### **Введение**

Стремительное распространение коронавирусной инфекции Covid-19 в 2020 году внесло существенные изменения во все сферы жизнедеятельности государства. В значительной степени эти проблемы коснулись и высшего образования, в том числе и медицинских высших учебных заведений. В связи с особыми противоэпидемическими мероприятиями был осуществлен переход на обучение с использованием дистанционных образовательных технологий. При переходе на дистанционное обучение в значительной степени уменьшилось общение. Антуан де Сент-Экзюпери писал: «Единственная настоящая роскошь – это роскошь человеческого общения». Для формирования клинических компетенций студенту необходима работа с пациентом и практические манипуляции. Используемая в медицинских университетах в настоящее время смешанная форма обучения (аудиторная + дистанционная) в определенной мере расширяет возможности только дистанционного обучения за счет непосредственной работы студента с пациентом. Вместе с тем изменения при коронавирусной инфекции затронули и другие стороны жизни студента – режимные моменты, питание, занятия физкультурой и спортом.

**Цель исследования:** комплексная оценка особенностей дистанционного обучения, режимных моментов и питания студентов медицинских университетов в условиях коронавирусной инфекции.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводилось в онлайн-формате в сентябре – октябре 2021 года с применением анкетно-опросного метода с использованием специально разработанной анкеты в дистанционном формате с помощью Google-формы. Статистическая обработка результатов исследования осуществлена с помощью статистических пакетов прикладных программ Statistica 10. Для оценки качественного различия ответов респондентов использовались стандартные методы вариационной статистики и критерий согласия Хи-квадрат Пирсона. Достоверными считали различия при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования и обсуждение.** В исследование включены результаты опроса 67 студентов 4–6 курсов трех медицинских университетов Санкт-Петербурга. Студентами СЗГМУ им. И.И. Мечникова были 35 респондентов, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова – 23, Института медицинского образования «НИМЦ им. В.А. Алмазова» – 9. Среди опрошенных – 12

юношей, 55 девушек. Средний возраст респондентов – 20,7 лет. По курсу обучения респонденты распределились следующим образом: 4 курс – 46, 5 курс – 15, 6 курс – 6.

О проживании с родителями сообщили 48% опрошенных, в общежитии – 18%, самостоятельно – 34% респондентов, причем в настоящее время в период дистанционного обучения не изменилось место пребывания опрошенных студентов. Студенты–медики и в других исследованиях чаще всего проживают с родителями – 51,9%, 54,5% [1, 2].

В ВУЗах, включенных в исследование, используется смешанная форма обучения (аудиторное + дистанционное). По мнению 91% респондентов, преобладает дистанционная форма обучения.

Студентам было предложено оценить эффективность взаимодействия при дистанционном обучении по пятибалльной системе. Около 12% считают дистанционное взаимодействие с преподавателем эффективным и идентичным очному общению, 26,9% студентов оценивают данный вариант освоения предмета на «хорошо» и 47,8% недостаточно полным, но удовлетворительном.

Удобство проведения дистанционных лекций для студентов отмечают 98,5% наших респондентов (все нравится – 50,7%; нравится, но есть некоторые технические сложности – 47,8%). Только один из опрошенных студентов считает дистанционную систему слишком сложной для восприятия.

При дистанционном обучении 62,7% опрошенных студентов отмечают технологичность процесса обучения – возможность использования информационных технологий [ $\chi^2=93.904$ ;  $p<0,001$ ], причем студенты всех опрашиваемых университетов привели идентичную оценку. Студенты других медицинских университетов значительно ниже оценивают технологичность дистанционного обучения, связывая это с неподготовленностью площадок [5].

В качестве преимуществ дистанционной модели обучения 83,6% студентов выделяют возможность совмещать работу с учебой [ $\chi^2=23.587$ ;  $p<0,001$ ]. 89,6% респондентов отмечают легкость обновления содержания и архивации материала, доступность для скачивания учебного материала [ $\chi^2=138.653$ ;  $p<0,001$ ].

К преимуществу дистанционной модели обучения 72% респондентов относят обучение в комфортной и привычной обстановке [ $\chi^2=25.954$ ;  $p<0,001$ ], причем эту оценку отмечают и проживающие в общежитии. Один из существенных аргументов в пользу этой модели – не нужно тратить время на дорогу и переезды, о чем сообщают 95,5% студентов [ $\chi^2=158.835$ ;  $p<0,001$ ]. При опросе 172 студентов медицинской академии, в качестве преимуществ дистанционной формы обучения 45% респондентов выделили так же «Возможность уехать в свой родной город и проводить время с семьей» и 21% – «Больше времени на научную деятельность» [4].

Первый опыт использования дистанционной модели убедительно показал, что студенты–медики технологически оказались готовы к дистанционному обучению и активно используют мобильные технологии в

образовательном процессе. Можно согласиться с мнением E. Yıldız, что современные студенты – «цифровые аборигены (поколение Y и Z)», которые растут в мультимедийном мире, в мире технологий, в мире дополненной реальности, имеют огромный опыт использования мобильных средств и ресурсов и предпочитают последние классической книге [6].

До пандемии студенты тратили на занятия дома 5,2 часа. В условиях пандемии продолжительность занятий ежедневно увеличилась на полчаса – 5,7 часа. 64,1% опрошенных студентов стали тратить ежедневно на занятия на 3,4 часа больше, а треть студентов (35,9%) – на 2,3 часа меньше [ $\chi^2 = 6.29$ ;  $p < 0,05$ ].

Работали до ковида 18% опрошенных студентов; в настоящее время работают 25% студентов [ $p > 0,05$ ]. Только половина наших респондентов работают в медицинских учреждениях, причем в условиях пандемии количество работающих в медицинских учреждениях практически не изменилось. При опросе студентов–педиатров Санкт–Петербурга 49,7% ответили, что нигде не работают, 14,8% имеют эпизодические подработки [1].

Режим дня оказывает существенное влияние на состояние здоровья, может привести к снижению интереса к обучению и низкой успеваемости. Гиподинамия отмечена у 36% студентов–медиков, причем активно занимаются физкультурой и спортом чуть более 15% студентов [7, 8].

До прихода COVID–19 физкультурой занимались 42% респондентов. В условиях пандемии физкультурой стали заниматься несколько больше студентов – 50% [ $p > 0,05$ ].

Утренняя физическая зарядка способна быстро привести организм в бодрое состояние после сна и подготовить его к нагрузкам текущего дня. До пандемии регулярно утреннюю зарядку делали 17,9% респондентов, а в условиях пандемии несколько больше – 22,4% [ $p > 0,05$ ]. Студенты, проживающие с родителями, самостоятельно или в общежитиях, не изменили свое отношение к утренней зарядке. К сожалению, студенты многих медицинских университетов не используют возможности утренней физической зарядки для перехода к активной деятельности, улучшению процессов возбуждения и торможения. В наблюдении А.А. Басалая и Е.А. Кипень утреннюю зарядку проводили 13% опрошенных студентов медицинских вузов [9]. В другом наблюдении сообщается, что физические упражнения делают ежедневно 13,2% студентов медицинского университета, а 32,1% – не занимаются вообще [10]. На вопрос «Какова причина того, что Вы не делаете утреннюю зарядку?» получены следующие ответы студентов: 60% – не хватает времени, 25% – отсутствие желания, 15% – другая причина [11].

В нашем наблюдении при пандемии практически не изменилось посещение студентами спортивных залов, бассейнов и др. [ $p > 0,05$ ]. В период дистанционного обучения в наблюдении, у трети студентов физическая активность отсутствовала. О низкой физической активности сообщают и студенты других медицинских ВУЗов – регулярные физические упражнения отметили лишь 15% опрошенных студентов [1].



О прогулках 1 и более раз в неделю до пандемии сообщают 49% респондентов. В условиях пандемии на вопрос о прогулках положительно ответили несколько больше респондентов – 58% студентов [ $p > 0,05$ ].

В исследовании Б.А. Кашуба более половины опрошенных студентов медицинского университета сообщили, что ночной сон у них менее 6 часов [2]. До ковида средняя продолжительность ночного сна в нашем исследовании составила 6,2 часа. В условиях пандемии продолжительность ночного сна увеличилась почти на час – 7,1 час [ $\chi^2 = 14.207$ ;  $p < 0,001$ ]. Коэффициент Пирсона 0.652; сила связи – сильная]. Подтверждает улучшение ночного отдыха тот факт, что длительность его увеличилась у 54%, не изменилась – у 28%, уменьшилась – у 18% респондентов [ $\chi^2 = 5.319$ ;  $p < 0,05$ ].

Питание является чрезвычайно важным фактором не только для здоровья, но и влияющим на эффективность обучения.

Многие авторы считают для студентов медицинских ВУЗов оптимальным режимом питания прием пищи 3 раза в день [12, 13, 14]. Как отмечают П.В. Глыбочко и др., большинство студентов питаются не регулярно, принимают пищу беспорядочно [7]. Б.А. Кашуб установил, что только 36,4% студентов медицинского университета регулярно питаются [2].

О ежедневном трехкратном приеме пищи (завтрак, обед, ужин) до пандемии сообщили 35,8% наших респондентов. В настоящее время оптимальной кратности приема пищи придерживаются почти в 2 раза больше – 64,1% студентов [ $\chi^2 = 17.066$ ;  $p < 0,001$ ].

Употребление вредных продуктов (фастфуд) распространено среди студентов. До пандемии употребляли фастфуд 2–3 раза в неделю 20% респондентов, несколько раз в месяц – 40% (в настоящее время, соответственно, 18% и 38%); не использовали продукты фастфуда до начала эпидемии 6%, при пандемии – 8% студентов [ $p > 0,05$ ]. То есть, на приверженность к питанию фастфудом не повлиял приход в нашу жизнь COVID–19. Приверженность к фастфуду, к сожалению, очень распространена у студентов медиков, хотя в данном рационе отсутствуют пищевые волокна и в избытке содержатся легко усвояемые углеводы и животные жиры. А.А. Антонова и др. приводит информацию, что только 9,6% студентов–медиков никогда не ест «вредные продукты» (фастфуд), ежедневно употребляют 34,8%, 2–3 раза в неделю – 55,6% [14].

Почти не изменилось использование полуфабрикатов в питании. До пандемии их не применяли 8% студентов; в настоящее время – 12% [ $p > 0,05$ ].

Теория сбалансированного питания предполагает соблюдение пищевого энергетического баланса и должествующего количества белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов в диете [15]. Соблюдали принципы здорового питания до прихода Covid–19 14% наших респондентов. В настоящее время количество студентов со сбалансированным питанием незначительно возросло до 19% [ $p > 0,05$ ]. То есть, пандемия практически не изменила отношение студентов к здоровому питанию. Студенты Астраханского меди-

цинского университета объясняют не сбалансированное питание, с их точки зрения, объективными (нехватка времени) и субъективными причинами (пристрастие к фастфуду, нежелание готовить пищу) [14].

### **Заключение**

Первый опыт использования дистанционной модели преподавания убедительно показал, что студенты–медики технологически оказались готовы к дистанционному обучению и активно используют мобильные технологии в образовательном процессе. Студентами отмечены положительные стороны лекционно-дистанционной модели обучения: технологичность обучения, получение знаний в комфортной и привычной обстановке, не нужно тратить время на дорогу и переезды. При этом абсолютное большинство студентов считают обязательным очное преподавание клинических дисциплин. В качестве преимуществ дистанционной модели обучения 83,6% студентов выделяют возможность совмещать работу с учебой. Достаточным для эффективного преподавания (положительные оценки) дистанционное обучение считают 86,6% респондентов, причем близкий результат получен при опросе более 32 тысяч студентов России. Негативно оценили дистанционное обучение 13% респондентов (технические сложности, отсутствие живого общения).

В условиях коронавирусной инфекции продолжительность домашних занятий ежедневно увеличилась на полчаса – до 5,7 часа, причем 64,1% опрошенных студентов стали тратить на учебу на 3,4 часа больше.

Опрос студентов продемонстрировал низкую физическую активность – незначительно возросло количество занимающихся физической культурой, посещающих бассейн, спортзалы. Даже удельный вес студентов, гуляющих 1 раз в неделю более 30 минут, в условиях пандемии возрос всего на 9% – до 58%.

Длительность ночного сна при коронавирусной инфекции возросла почти на час и достигла 7,1 часа.

Оптимальный трехразовый прием пищи (завтрак, обед, ужин) до коронавирусной инфекции был у 35,8% респондентов, а в настоящее время – у 64,1% студентов

Коронавирусная инфекция практически не изменила отношение студентов к здоровому питанию – остается такой же приверженность к фастфуду, полуфабрикатам. Несколько возросло количество студентов, приверженных сбалансированному питанию – с 14% (до пандемии) до 19% (в настоящее время).

### **Список литературы**

1. Потапова Е.А. и др. Особенности жизнедеятельности и самочувствия студентов медицинских вузов в период дистанционного обучения во время эпидемии Covid-19 // Психологическая наука и образование. 2021. Т. 26. № 3. С. 70–81.
2. Кашуб Б.А. Гигиеническая оценка режима дня студентов медицинского университета. Минск. 2019. С.27

3. Алешковский И.А. и др. Студенты вузов России о дистанционном обучении: оценка и возможности // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 10. С. 86–100.
4. Гордеев Г.Н. и др. Особенности дистанционного обучения в медицинском ВУЗе // Электронный научный журнал «Дневник науки». 2020. № 5. С. 1–9.
5. Yıldız E. Augmented reality research and applications in education. New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences. 2017. no. 2(11). P. 238 – 243. DOI: 10.18844/prosoc.v2i11.1927.
6. Ибрагимов М.А. и др. Опыт применения дистанционного обучения в медицинском ВУЗе // Вестник науки и образования. 2020. 25–1 (103). с. 87–93.
7. Глыбочко П.В. и др. Здоровье студентов медицинских ВУЗов России: проблемы и пути решения // Сеченовский вестник. 2017. №2(28). С. 4–11.
8. Столяров В. И. Физкультурно–спортивная работа с населением на пороге XXI столетия: проблемы и пути их решения / В. И. Столяров, Н. В. Кудрявцева. 2016. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://lib.sportedu.ru/GetText.idc?TxtID=1011>
9. Басалай А.А., Кипень Е.А. Место физической культуры в повседневной жизни студентов. Физическая культура в жизни студента: тезисы докладов IV регион. студ. научн.-практ. конф., Брест, 16 ноября 2018 г. с. 5–7. <http://www.brsu.by>
10. Котковец Е.А., Шохалевич Е.А. Здоровый образ жизни студентов. Физическая культура в жизни студента: тезисы докладов IV регион. студ. научн.–практ. конф., Брест, 16 ноября 2018 г. с. 40–42. <http://www.brsu.by>
11. Самсоненко О.И. Роль утренней зарядки в жизни студента // Физическая культура в подготовке к профессиональной деятельности : материалы междунар. студенческой конференции, посвященной 100–летию БГУ, Минск, 22 апреля 2021 г. с. 28–32.
12. Дрожжина Н.А., Максименко Л.В. Организация питания студентов // Вестник РУДН, серия Медицина, 2013, № 1. С. 112–119.
13. Сухова Е.В. Характеристика питания современных студентов // Науки о здоровье. 2019. № 1. С. 3–11.
14. Антонова А.А. и др. Особенности питания студентов медицинского ВУЗА // Международный научно–исследовательский журнал. 2021; 106(4), часть 2. С. 78–82.
15. Сверигина Л.А. и др. Рациональное питание для студентов с различной двигательной активностью. Казань. 2018. С. 70.

#### **Сведения об авторах:**

**Балацкий Павел Сергеевич**, студент IV курса Лечебного факультета Первого Санкт–Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова, Санкт–Петербург, Россия; e-mail: [bs.pawel@yandex.ru](mailto:bs.pawel@yandex.ru),

**Команденко Андрей Сергеевич**, студент IV курса Лечебного факультета Северо–Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова, Санкт–Петербург, Россия

## СИГНАЛЬНЫЙ ПУТЬ mTOR В СВЯЗИ С ПАТОГЕНЕЗОМ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

Северо-западный государственный медицинский университет  
им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, [vodolaz74@yandex.ru](mailto:vodolaz74@yandex.ru)

**Аннотация.** В условиях продолжающейся пандемии COVID-19 огромное значение приобрели поиски новых стратегий противовирусного лечения. Одним из перспективных направлений является изучение патогенеза COVID-19 в связи с сигнальным путем mTOR (Mechanistic (ранее “mammalian”) target of rapamycin). В работе рассмотрены актуальные теории, объясняющие взаимосвязь таких явлений как гиперактивация пути mTOR, цитокиновый шторм, старение и уязвимость пожилых людей к COVID-19. Представлены соображения о возможном применении препаратов ингибирующих mTOR (рапалогов) в противовирусной терапии.

**Ключевые слова:** COVID-19, SARS-CoV-2, mTOR, цитокиновый шторм, старение, ассоциированные со старением заболевания, «синдром уязвимости к COVID-19», рапамицин, противовирусная терапия, антивозрастная терапия.

*Baranov I.A., Kozlova N.S.*

## THE MTOR SIGNALING PATHWAY IN CONNECTION WITH THE PATHOGENESIS OF THE NEW CORONAVIRUS INFECTION COVID-19

**Abstract.** In the context of the ongoing COVID-19 pandemic, the search for new antiviral treatment strategies has become of great importance. One of the promising directions is to study the pathogenesis of COVID-19 in connection with the mTOR signaling pathway. The paper considers current theories explaining the relationship of such phenomena as: hyperactivation of the mTOR pathway, cytokine storm, aging and vulnerability of elderly people to COVID-19. Considerations on the possible use of mTOR inhibitory drugs (rapalogs) in antiviral therapy are presented.

**Keywords:** COVID-19, SARS-CoV-2, mTOR, cytokine storm, aging, aging-associated diseases, “COVID-19 vulnerability syndrome”, rapamycin, antiviral therapy, anti-aging therapy.

### Введение

Актуальность выбранной темы трудно переоценить. В настоящее время в мире продолжается пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, вызванной вирусом SARS-CoV-2, зарегистрированным в декабре 2019 года в Китае. Всемирной организацией здравоохранения была объявлена чрезвычайная ситуация международного масштаба. На данный момент в мире зарегистрировано более 228,5 миллионов случаев заражения и около 4,7 миллионов смертей от нового вируса, 7,3 миллионов и 200 тысяч из которых соответственно зарегистрированы в России (по состоянию на 20.09.2021 по данным сайта стопкоронавирус.рф, Университета Джонса Хопкинса и про-

екта Our World in Data). Однако до сих пор не существует окончательного метода лечения COVID-19, оно носит преимущественно симптоматический характер. По тем или иным причинам оставляют желать лучшего и темпы вакцинации населения, вакцины теряют свою эффективность к вновь появляющимся штаммам. Смертность и инвалидизация остаются чрезвычайно высокими, продолжают действовать санитарные ограничения, влекущие огромные материальные потери и экономический кризис. Из-за перепрофилирования больниц недополучают необходимое лечение люди с иными заболеваниями, в частности с онкологией. Страдает сфера образования, у людей, находящихся в длительной изоляции, развиваются психические расстройства. На фоне всего этого очевидно, что разработка методов лечения новой коронавирусной инфекции имеет приоритетное значение. В связи с этим ведутся работы как по модификации уже существующих противовирусных методов и препаратов, так и по разработке совершенно новых стратегий лечения. Одним из таких наиболее перспективных направлений является изучение внутриклеточного сигнального пути mTOR. Исследования в данной области являются ведущими в последние несколько лет, как в сфере противовирусной терапии, так и в сферах изучения процессов старения, канцерогенеза и т.д., о чем речь в свою очередь пойдет ниже.

Хорошо известно, что COVID-19 – это опасное инфекционное заболевание, вызываемое вирусом SARS-CoV-2. SARS-CoV-2 – это сложный одноцепочный (+) РНК-вирус с нуклеокапсидом спиральной симметрии, относящийся к подроду Sarbecovirus рода Betacoronavirus. Заболевание передается воздушно-капельным (при кашле, чихании, разговоре, поцелуях), воздушно-пылевым и контактными путями. Входными воротами возбудителя являются эпителий верхних дыхательных путей и эпителиоциты желудка и кишечника. Вне организма вирус способен сохранять жизнеспособность от 3 часов до 4 дней. Инфекция может протекать как в форме лёгкой острой респираторной вирусной инфекции, так и в тяжёлой форме. У большинства людей болезнь заканчивается выздоровлением, при этом специфических лечебных мероприятий не требуется. Осложнения тяжёлых случаев могут включать тяжёлый острый респираторный синдром – ТОРС (англ. SARS), часто не совсем верно называемый также «атипичной пневмонией». Пневмония быстро прогрессирует до дыхательной недостаточности, что ведет к смерти. Также тяжелые случаи COVID-19 характеризуются гипервоспалением, цитокиновым штормом, повреждением легких, сердца и почек и пр. Несмотря на то, что молодые люди тоже подвержены большому риску, наиболее уязвимой к заболеванию группой остаются люди пожилого возраста. Некоторые из теорий, объясняющих данное явление, и будут рассмотрены ниже.

**Целью** работы является метаанализ, обобщение и наглядное представление наиболее актуальных теорий возможного влияния сигнального пути mTOR на патогенез новой коронавирусной инфекции COVID-19, а также потенциального применения этих знаний в противовирусной терапии.

**Материалы и методы.** Научные публикации зарубежных и отечественных исследователей, описывающие сигнальный путь mTOR и его связи с патогенезом новой коронавирусной инфекции COVID-19 и процессами старения.

**Результаты.** Результаты проделанной работы представлены на рисунке 1. Приведенная обобщающая схема отражает связь сигнального пути mTOR с такими явлениями как: гиперовоспаление, цитокиновый шторм, ожирение и атеросклероз, старение организма, сахарный диабет второго типа (СД2), снижение приобретенного иммунитета, активация лейкоцитов, подавление апоптоза, перекисное окисление липидов и активация воспалительных клеток, что, в свою очередь повышает уязвимость организма к COVID-19. Также на схеме представлены возможные противовирусные эффекты mTOR. Данная схема позволяет наглядно представить и структурировать все данные по вопросу, полученные в ходе теоретического исследования.

**Обсуждение.** Крайне часто тяжелые случаи COVID-19 приводят к иммунологической дисрегуляции – так называемому цитокиновому шторму (ЦШ). Именно он является причиной полиорганной недостаточности и последующей смерти. Цитокиновый шторм можно определить как системный гиперфункциональный иммунный ответ [1]. Основные этапы патогенеза цитокинового шторма кратко можно представить следующим образом: причины ЦШ – аутоиммунные заболевания, рак, ятрогенные причины, патогены (в т.ч. SARS-CoV-2). К клеткам, запускающим ЦШ, относятся нейтрофилы, NK-клетки, дендритные клетки, макрофаги, а также Т-клетки CD4+ и CD8+. Про принципу «порочного круга» развивается иммунная гиперактивация, параллельно с этим наблюдается недостаточность отрицательной регуляции.

Развивается патологически устойчивое производство цитокинов, ведущее к их чрезмерному уровню в системном кровотоке. Наиболее важная роль среди них принадлежит интерлейкину-1 $\beta$  (ИЛ-1 $\beta$ ), ИЛ-6, ИЛ-17, ИЛ-18, TNF- $\alpha$ , IFN $\gamma$ , хемокинам, а также молекулам адгезии, белкам острой фазы, системе комплемента и т.д. Их действие приводит к длительной активации сигнальных путей, в т.ч. пути PI3K/АКТ/mTOR. Это в свою очередь ведет к острым системным воспалительным эффектам, дисфункции органов (так называемому цитокин-индуцированному побочному ущербу), полиорганной недостаточности и смерти [1].

Необходимо отметить, что очень многие из описанных выше путей могут ингибироваться соответствующими лекарственными препаратами, которые таким образом будут предотвращать развитие цитокинового шторма, благоприятно влияя на течение болезни. Одним из таких препаратов является рапамицин (сиролимус), ингибирующий сигнальный путь mTOR.

Рапамицин является продуктом жизнедеятельности бактерий вида *Streptomyces hygroscopicus*, обнаруженных в 1964 году на острове Пасхи (Рапа-Нуи). Он обладает уникальными противогрибковыми, иммуносупрессивными и противоопухолевыми свойствами, которые сейчас активно



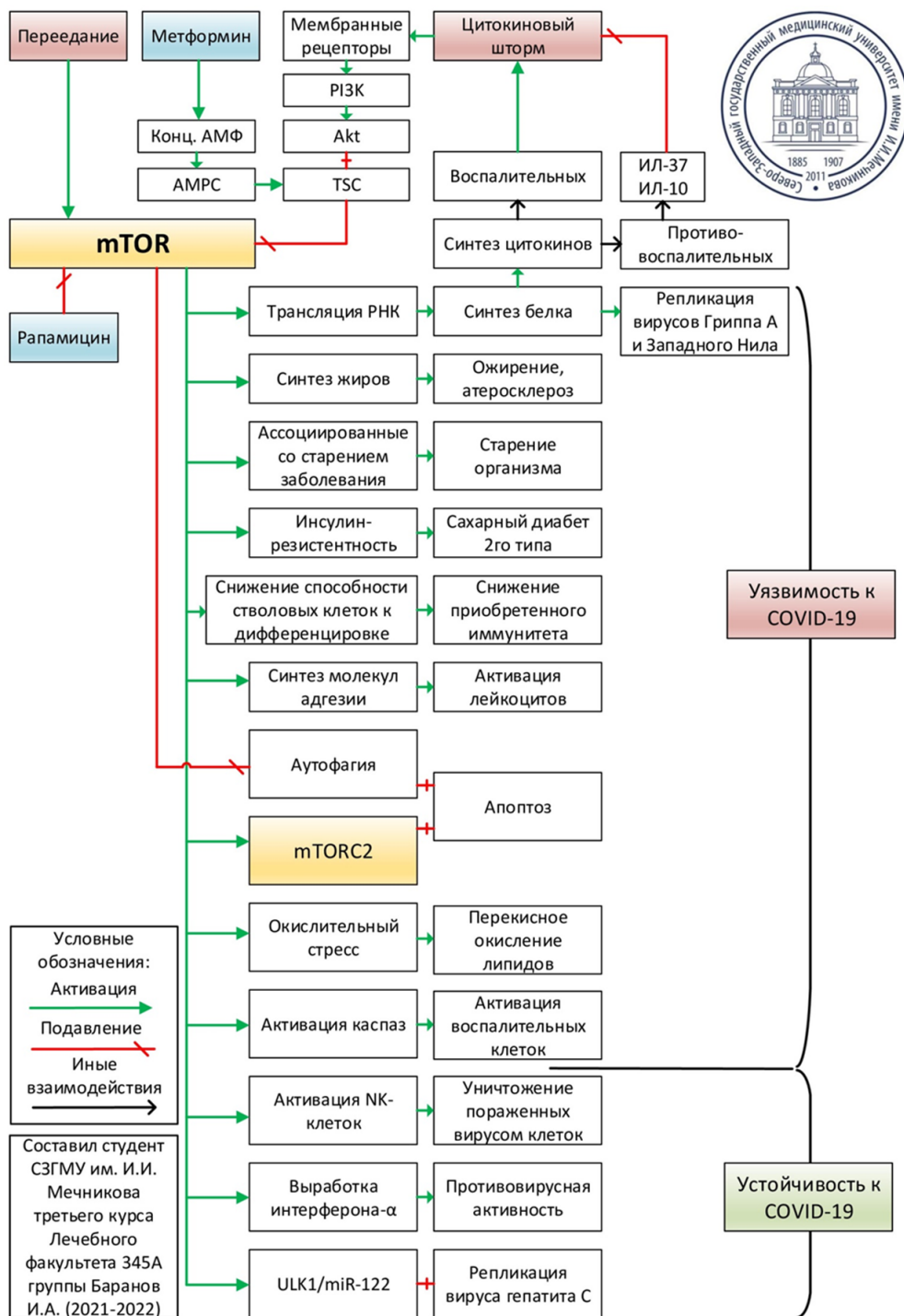


Рисунок 1 – Связь сигнального пути mTOR с патогенезом новой коронавирусной инфекции COVID-19

применяются в клинике. Причина этих свойств заключается в воздействии рапамицина на белок mTOR (Mechanistic (ранее “mammalian”) target of rapamycin). mTOR – это серин / треониновая протеинкиназа семейства PI3K-родственных киназ, которая образует каталитическую субъединицу двух различных белковых комплексов: mTORC1 и mTORC2. Выяснилось, что данный сигнальный путь регулирует основополагающие процессы метаболизма клетки. В частности, mTORC1 отвечает за рост клетки, а mTORC2 – за выживание и пролиферацию.

Однако гиперактивация пути mTOR может приводить к различным повреждениям клеток, нарушению их функций и, как следствие, к развитию ассоциированных со старением заболеваний, а, значит, и к самому старению организма [2]. Причиной гиперактивации может быть хроническое перекармливание (о чем свидетельствует увеличение продолжительности жизни модельных организмов при снижении калорийности их питания) [2]. Также существует теория квазипрограммированного старения, где старение рассматривается как не отключенная программа роста [3]. В частности, гиперактивация пути mTOR ведет к таким явлениям, как избыточная стимуляция биосинтеза белка в клетке, подавление аутофагии и сборки протеосом, что может приводить к окислительному и протеотоксическому стрессу, и, как следствие, к клеточному старению. Это, в свою очередь, ведет к болезни Альцгеймера, атрофии мышц, язвам и гастриту, анемии, заболеваниям суставов и выпадению волос, старческой гиперпигментации кожи.

Кроме того, подавление апоптоза и репарации ДНК и стимуляция пролиферации могут способствовать канцерогенезу. Велика роль гиперактивации mTOR в патогенезе сахарного диабета второго типа, ожирения, атеросклероза, хронического воспаления. Все вышесказанное еще раз наглядно иллюстрирует тесную связь избыточной функции пути mTOR и старения [2].

В настоящее время доказано, что сигнальный путь mTOR у млекопитающих является центральным регулятором иммунных реакций. В частности, mTOR функционирует как центральный узел в сигнальном каскаде, который направляет интеграцию различных факторов окружающей среды в иммунную микросреду. mTOR играет роль в регуляции жизнедеятельности различных иммунных клеток, включая нейтрофилы, тучные клетки, естественные киллеры, макрофаги, дендритные клетки (DC), Т-клетки и В-клетки. Именно это его свойство позволяет использовать рапамицин и его аналоги в качестве иммуносупрессирующих препаратов при трансплантации органов [4].

Как мы уже говорили ранее, цитокиновый шторм является гиперфункцией. Таким образом, старение и «синдром уязвимости к COVID-19» у пожилых людей имеют одну и ту же причину – гиперактивированный путь mTOR. Как показывает практика, у пожилых людей иммунные реакции на SARS-CoV-2 остаются на уровне врожденного иммунитета, с недостаточным развитием адаптивного. Кроме того, гиперактивированный путь mTOR может стать причиной иммуносенесценции – угнетения адаптивного иммунитета [3]. Данная взаимосвязь подтверждается статистикой – во всех

исследованиях, проведенных во всех странах, смертность от COVID-19 экспоненциально повышается с возрастом [5].

В связи с этим выдвигаются предложения по использованию аналогов рапамицина в антивозрастной терапии. Это привело бы не только к увеличению продолжительности жизни и обеспечению здорового старения, но и позволило бы также преодолеть уязвимость к COVID-19, ведь они, как указывалось выше, тесно связаны. Теоретически непрерывное лечение рапамицином замедлило бы увеличение уязвимости к COVID-19 с возрастом. Увеличение по-прежнему оставалось бы логарифмическим, но с меньшим наклоном [3]. Однако в ближайшем будущем такой подход, скорее всего, не сможет быть реализован, по причине невероятной широты влияния пути mTOR на организм. Невозможно предсказать побочные эффекты от отключения столь важного регулятора метаболизма, для этого, безусловно, требуется проведение дополнительных исследований.

Тем не менее, существуют и иные, возможно менее впечатляющие, но более осуществимые в обозримом будущем соображения о применении сиrolимуса в противовирусной терапии.

Относительно недавно был обнаружен новый цитокин ИЛ-37, способный подавлять врожденный и приобретенный иммунитет посредством ингибирования пути mTOR и активации АМРС (АМФ-регулируемая протеинкиназа). ИЛ-37 ингибирует молекулы главного комплекса гистосовместимости II класса, и выделение таких воспалительных цитокинов, как ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6, ИЛ-17, TNF- $\alpha$  и хемокин IP10. Таким образом, ИЛ-37 может рассматриваться как новая мишень в противовоспалительной терапии, в частности при COVID-19 [6].

Кроме того было показано, что использование препаратов, активирующих АМРС и, следовательно, ингибирующих mTOR (таких как метформин), может предотвращать повреждение клеток за счет снижения продукции молекул адгезии, которые управляют миграцией и адгезией лейкоцитов [7]. Сам метформин активно применяется в лечении сахарного диабета второго типа. Он нормализует толерантность организма к глюкозе и предотвращает развитие осложнений. Действительно, и при СД2 и при цитокиновом шторме путь mTOR гиперактивирован. Общность данных явлений подтверждается статистикой, действительно, у пациентов с СД2 COVID-19 протекает значительно тяжелее [8, 9].

Кроме того метформин, подавляя активность mTOR, способен активировать аутофагию и тем самым защищать клетки от апоптоза [10]. Однако снижение активности mTOR может стимулировать апоптоз через комплекс mTORC2 [11]. Результат зависит от конкретной ткани организма, условий и др.

Еще одним свойством метформина является его способность ограничивать перекисное окисление липидов в головном и спинном мозге и снижать активность каспазы во время токсических воздействий, которые могут привести к чрезмерной активации воспалительных клеток [8].

В последних исследованиях было выдвинуто предположение что препарат гидроксихлорохин может быть использован в качестве адъювантной терапии метформином при лечении СД2 за счет улучшения контроля гликемии. Он же, судя по всему, может применяться и для противовирусного лечения [8].

Однако в некоторых случаях активация mTOR может парадоксальным образом оказывать противовоспалительное действие. Например, обработка клетки альфа-липоевой кислотой, активирующей mTOR, защищает ее от действия активных форм кислорода. Это происходит за счет стимуляции комплекса mTORC2, который подавляет апоптоз и повышает выживаемость клеток. В этом же исследовании было отмечено повышение в клетках уровня противовоспалительного цитокина ИЛ-10 и снижение воспалительных [12].

Помимо описанной выше иммуномодуляции mTOR может иметь связь и с прямой противовирусной активностью. В частности, было показано, что mTOR может стимулировать трансляцию белков вируса Западного Нила по пути 4EBP/ eIF4E, описанному выше [13]. Судя по всему, схожим образом обстоит дело и с вирусом гриппа А [14]. Однако данный эффект может изменяться в зависимости от конкретного вируса. Например, активный mTORC1 подавляет репликацию РНК вируса гепатита С, но может способствовать его упаковке и выходу из клетки [15]. Связь mTOR с жизненным циклом SARS-CoV-2 еще предстоит установить.

Вместе с этим mTOR может стимулировать активность НК-клеток, необходимых для уничтожения клеток, пораженных вирусом [16].

Применение метформина, может также снижать эффективность вакцинации против гриппа (и предположительно против COVID-19), путем снижения выработки интерферона- $\alpha$ , опосредованного снижением активности mTOR [17].

Выводы. Таким образом, проведенный анализ показал теснейшую связь гиперактивации сигнального пути mTOR, процессов старения организма и явления уязвимости пожилых людей к COVID-19. Также были выявлены возможные методы применения аналогов рапамицина в противовирусной терапии.

Очевидно, что дальнейшее изучение сигнального пути mTOR несет в себе огромный потенциал для понимания процессов патогенеза многих вирусных заболеваний. Актуальной же задачей на данный момент является перевод этих теоретических знаний в практические, разработка новых методов и схем лечения на основе рапалогов. Несомненно, что сейчас, в период пандемии, скорейшее решение этой задачи актуально как никогда.

### Список литературы

1. David C. Fajgenbaum, M.D., and Carl H. June, M.D. Cytokine Storm. December 3, 2020. *N Engl J Med* 2020; 383:2255-2273. DOI: 10.1056/NEJMra2026131
2. Weichhart T. mTOR as Regulator of Lifespan, Aging, and Cellular Senescence: A Mini-Review. *Gerontology*. 2018;64(2):127-134. doi: 10.1159/000484629. Epub 2017 Dec 1. PMID: 29190625; PMCID: PMC6089343.

3. Blagosklonny MV. From causes of aging to death from COVID-19. Aging (Albany NY). 2020 Jun 12;12(11):10004-10021. doi: 10.18632/aging.103493. Epub 2020 Jun 12. PMID: 32534452; PMCID: PMC7346074.

4. Powell JD, Pollizzi KN, Heikamp EB, Horton MR. Regulation of immune responses by mTOR. *Annu Rev Immunol.* 2012;30:39-68. doi: 10.1146/annurev-immunol-020711-075024. Epub 2011 Nov 29. PMID: 22136167; PMCID: PMC3616892.

5. Promislow DEL. A Geroscience Perspective on COVID-19 Mortality. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2020 Sep 16;75(9):e30-e33. doi: 10.1093/gerona/glaa094. PMID: 32300796; PMCID: PMC7184466.

6. Conti P, Ronconi G, Caraffa A, Gallenga CE, Ross R, Frydas I, Kritas SK. Induction of pro-inflammatory cytokines (IL-1 and IL-6) and lung inflammation by Coronavirus-19 (COVI-19 or SARS-CoV-2): anti-inflammatory strategies. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2020 March-April;34(2):327-331. doi: 10.23812/CONTI-E. PMID: 32171193.

7. Pal PB, Sonowal H, Shukla K, Srivastava SK, Ramana KV. Aldose reductase regulates hyperglycemia-induced HUVEC death via SIRT1/AMPK- $\alpha$ 1/mTOR pathway. *J Mol Endocrinol.* 2019 Jul 1;63(1):11-25. doi: 10.1530/JME-19-0080. PMID: 30986766; PMCID: PMC6555667.

8. Maiese K. The Mechanistic Target of Rapamycin (mTOR): Novel Considerations as an Antiviral Treatment. *Curr Neurovasc Res.* 2020;17(3):332-337. doi: 10.2174/1567202617666200425205122. PMID: 32334502; PMCID: PMC7541431.

9. Fadini GP, Morieri ML, Longato E, Avogaro A. Prevalence and impact of diabetes among people infected with SARS-CoV-2. *J Endocrinol Invest.* 2020 Jun;43(6):867-869. doi: 10.1007/s40618-020-01236-2. Epub 2020 Mar 28. PMID: 32222956; PMCID: PMC7103097.

10. Kalender A, Selvaraj A, Kim SY, Gulati P, Brûlé S, Viollet B, Kemp BE, Bardeesy N, Dennis P, Schlager JJ, Marette A, Kozma SC, Thomas G. Metformin, independent of AMPK, inhibits mTORC1 in a rag GTPase-dependent manner. *Cell Metab.* 2010 May 5;11(5):390-401. doi: 10.1016/j.cmet.2010.03.014. PMID: 20444419; PMCID: PMC3081779.

11. Maiese K, Chong ZZ, Shang YC, Wang S. Targeting disease through novel pathways of apoptosis and autophagy. *Expert Opin Ther Targets.* 2012 Dec;16(12):1203-14. doi: 10.1517/14728222.2012.719499. Epub 2012 Aug 27. PMID: 22924465; PMCID: PMC3500415.

12. Kamarudin MN, Mohd Raflee NA, Hussein SS, Lo JY, Supriady H, Abdul Kadir H. (R)-(+)- $\alpha$ -lipoic acid protected NG108-15 cells against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced cell death through PI3K-Akt/GSK-3 $\beta$  pathway and suppression of NF- $\kappa$ B-cytokines. *Drug Des Devel Ther.* 2014 Oct 8;8:1765-80. doi: 10.2147/DDDT.S67980. PMID: 25336920; PMCID: PMC4199983.

13. Shives KD, Massey AR, May NA, Morrison TE, Beckham JD. 4EBP-Dependent Signaling Supports West Nile Virus Growth and Protein Expression. *Viruses.* 2016 Oct 18;8(10):287. doi: 10.3390/v8100287. PMID: 27763553; PMCID: PMC5086619.

14. Seong RK, Kim JA, Shin OS. Wogonin, a flavonoid isolated from *Scutellaria baicalensis*, has anti-viral activities against influenza infection via modulation of AMPK pathways. *Acta Virol.* 2018;62(1):78-85. doi: 10.4149/av\_2018\_109. PMID: 29521106.
15. Johri MK, Lashkari HV, Gupta D, Vedagiri D, Harshan KH. mTORC1 restricts hepatitis C virus RNA replication through ULK1-mediated suppression of miR-122 and facilitates post-replication events. *J Gen Virol.* 2020 Jan;101(1):86-95. doi: 10.1099/jgv.0.001356. PMID: 31821132.
16. Nandagopal N, Ali AK, Komal AK, Lee SH. The Critical Role of IL-15-PI3K-mTOR Pathway in Natural Killer Cell Effector Functions. *Front Immunol.* 2014 Apr 23;5:187. doi: 10.3389/fimmu.2014.00187. PMID: 24795729; PMCID: PMC4005952.
17. Saenwongsa W, Nithichanon A, Chittaganpitch M, Buayai K, Kewcharoenwong C, Thumrongwilainet B, Butta P, Palaga T, Takahashi Y, Ato M, Lertmemongkolchai G. Metformin-induced suppression of IFN- $\alpha$  via mTORC1 signalling following seasonal vaccination is associated with impaired antibody responses in type 2 diabetes. *Sci Rep.* 2020 Feb 24;10(1):3229. doi: 10.1038/s41598-020-60213-0. PMID: 32094377; PMCID: PMC7039947.

**Сведения об авторах:**

*Баранов Илья Андреевич*, студент ФГБОУ ВО «Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: vodolaz74@yandex.ru .

*Козлова Надежда Сергеевна*, кандидат медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО «Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: spbkns@gmail.com .

УДК 616

*Бубнова Н.А., Стрижецкий В.В., Сулима В.В., Шатиль М.А.,  
Чернышев О.Б., Авдошин И.В., Акинчиц Л.Г.*

**ПОЛИОРГАННАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ  
ПРИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ.  
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

**Аннотация.** Патофизиология новой коронавирусной инфекции является основой для терапии данного заболевания в настоящее время. Особенности повреждающих факторов приводят к системному эндотелииту с быстрым исходом в полиорганную недостаточность, зачастую оканчивающуюся детальным исходом. В данной статье был проанализирован широкий спектр имеющихся литературных данных о проблеме полиорганной недостаточности при COVID-19.

**Ключевые слова:** новая коронавирусная инфекция, сепсис, полиорганная дисфункция, полиорганная недостаточность, SARS-Cov-2, COVID-19

Автор для связи



*Bubnova N.A., Strizheletsky V.V., Sulima V.V., Shatil M.A.,  
Chernyshev O.B., Avdoshin I.V., Akinchits L.G.*

## **POLYORGAN INSUFFICIENCY IN CORONAVIRUS INFECTION. LITERATURE REVIEW**

**Abstract.** The pathophysiology of the new coronavirus infection is the basis for the treatment of this disease at the present time. Features of damaging factors lead to systemic endotheliitis with a rapid outcome in multiple organ failure, often ending in a detailed outcome. This article analyzed a wide range of available literature data on the problem of multiple organ failure in COVID-19.

**Keywords:** Novel coronavirus infection, sepsis, multiple organ dysfunction, multiple organ failure, SARS-Cov-2, COVID-19

Коронавирусная инфекция является давно известным, но относительно малоизученным патологическим состоянием. Первые упоминания об этом заболевании, представляющем опасность для человека, относят к 1965 году [1], когда он был обнаружен учеными D. Tyrrell и M. Вупоеу пациента с гриппоподобными симптомами [2]. Тем не менее, до 2019 г. эта болезнь крайне редко упоминалась в медико-биологической литературе, а в учебном процессе сведения о ней носили преимущественно факультативный характер. В конце 2019 года новый коронавирус был идентифицирован как причина случаев новой, не совсем типичной пневмонии в Ухане, городе в провинции Хубэй, Китай. Он быстро распространился, что привело к эпидемии по всему Китаю, за которой последовало увеличение числа случаев заболевания в других странах мира. В феврале 2020 года Всемирная организация здравоохранения определила заболевание COVID-19 как обозначающее коронавирусную болезнь 2019 года [3]. Вирус, который вызывает COVID-19, обозначен как тяжелый острый респираторный синдром коронавирус 2 (SARS-CoV-2); ранее он назывался 2019-nCoV. Понимание проблемы инфекции COVID-19 развивается. Временное руководство по оказанию помощи больным было издано Всемирной организацией здравоохранения и Центрами по контролю и профилактике заболеваний США [4]. В настоящем обзоре мы попытались обобщить накопленные к настоящему времени сведения о коронавирусной инфекции, стараясь делать это применительно к потребностям хирургов (прежде всего, неотложных), анестезиологов-реаниматологов и других специалистов по ургентной медицине. Для хирурга любого профиля и анестезиолога-реаниматолога знание этой патологии необходимо в связи с тем, что: 1) Хирургические заболевания, особенно острые, скорее всего будут протекать не совсем стандартно; 2) Лечение хирургических заболеваний и травм в сочетании с коронавирусной инфекцией должно основываться на двойных стандартах, определяемых обоими заболеваниями; 3) Частота осложнений хирургических заболеваний и травм после коронавируса или на фоне постковидного синдрома очевидно будет большей, чем при их изолированной встречаемости.

Коронавирусы – это большое семейство одноцепочных РНК-вирусов, которые поражают млекопитающих. На данный момент обнаружено 40 видов коронавирусов. Известных видов коронавируса, которые могут инфицировать человека, только семь, и не все вызывают тяжелые болезни. Действительно опасными из них являются только три: 1) SARS-CoV, вызывающий атипичную пневмонию; 2) MERS-CoV, возбудитель так называемого ближневосточного респираторного синдрома; 3) SARS-CoV-2, породивший нынешнюю пандемию [1].

Если до 2019 г. интерес к коронавирусной инфекции был преимущественно академическим, то последние два года вызвали такую бурную атаку этой патологии, что потребовало от Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) признать ее пандемию.

Глава Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) Тедрос Адхан Гебрейесус в марте 2020 г. заявил, что ситуация с коронавирусной инфекцией «может быть охарактеризована как пандемия». Он отметил, что за последние две недели число случаев заражения за пределами Китая увеличилось в 13 раз, а количество стран, в которых зафиксировали вспышку, утроилось. Автор уточнил, что к тому моменту в мире уже насчитывалось 118 тыс. зараженных, отметил 114 стран, где зафиксировали вспышку, и указал на свыше 4 тыс. погибших [5]. На сегодняшний день в России можно говорить о замедлении темпов роста коронавирусной инфекции (но не о победе над ней!), хотя во многих зарубежных странах, в первую очередь в США эти показатели продолжают увеличиваться.

В настоящее время одной из ведущих причин смерти от острых патологических состояний принято считать полиорганную недостаточность (ПОН), то есть повреждение, а затем последовательное выключение функций важнейших органов и систем человеческого организма. Термин прочно вошел в медицинскую практику с 80-х годов прошлого века, когда В.А. Гологорский [6], W.Knaus и соавт. [7], I.Norton и соавт. [8], R.J.A.Goris и соавт. [9], убедительно показали, что повреждение/выключение функций трех и более органов или систем человеческого организма однозначно ассоциируется с неблагоприятным исходом. Далее эти данные были подтверждены отечественными исследователями, наиболее подробно – в монографии А.А.Редько и В.В.Чаленко [10], в которой была подтверждена их правильность и убедительно показано, что прогресс в лечении этого состояния возможен путем применения концепции реанимационно-трансфузиологической помощи, основанной на одновременном комплексном использовании всех достижений реанимации и интенсивной терапии (с особым акцентом на респираторную терапию и вазопрессорную поддержку), профильного лечения и применения, по показаниям, трансфузиологических подходов, включающих современные методы инструментальной детоксикации и гемокоррекции. Авторами было показано, что применение этой концепции позволяет многократно снизить летальность при полиорганной недостаточности любой этиологии.

Все сказанное в полной мере относится к коронавирусной инфекции и ее осложнениям.

Начальной стадией патогенеза новой коронавирусной инфекции (COVID-19) считается размножение в эпителии верхних и нижних дыхательных путей. Это вызывает диффузное повреждение альвеоцитов, развивается вирусная пневмония, при этом вирус вызывает повышение проницаемости клеточных мембран и усиленный транспорт жидкости, богатой альбумином, в интерстициальную ткань лёгкого и просвет альвеол – развивается интерстициальный и альвеолярный отек [11]. Характерным рентгенологическим и особенно –КТ-признаком коронавирусного поражения легких является так называемый эффект “матового стекла”, который детально описан и иллюстрирован в многочисленных доступных изданиях, поэтому здесь мы на нем детально не останавливаемся. Это приводит к закономерному развитию гипоксии, которая способна повреждать любые органы и ткани человеческого организма, которые в при этом оказываются наиболее уязвимыми местами – *locus minoris rezistenciae*. Проникая внутрь клетки, коронавирусы размножаются в цитоплазме. Они оседают на иммунокомпетентных клетках, используют их в качестве транспортного средства и быстро рассеиваются по всему организму [12]. Соответственно, клинически неблагоприятное течение коронавирусной инфекции обычно начинается с дыхательной недостаточности (ДН), с последующим присоединением любых органных и системных дисфункций, структура и степень выраженности которых может быть самой разнообразной.

Другим важным объектом поражения коронавируса является система регуляции агрегатного состояния крови (РАСК) и микроциркуляция. Это заболевание характеризуется активацией системы гемостаза, что в наиболее тяжелых случаях может приводить к развитию коагулопатии потребления. При COVID-19 остается невыясненной и частота бессимптомных и клинически выраженных тромботических/тромбоэмболических осложнений, что во многом связано с трудностями их диагностики, особенно у больных в критических состояниях. Частота венозных и артериальных тромбозов у тяжелых больных COVID-19 достаточно высока. Так, у 184 больных пневмонией при COVID-19, находившихся в блоках интенсивной терапии 3 стационаров в Дании, 13% из которых умерли, симптомный тромбоз глубоких вен, тромбоэмболия легочных артерий (ТЭЛА), ишемический инсульт, инфаркт миокарда или артериальная тромбоэмболия отмечены в 31% случаев. При этом преобладали объективно подтвержденные венозные ТЭО (27%, у большинства — ТЭЛА), в то время как частота артериальных тромбозов составляла только 3,7% [13].

В патогенезе тяжелых форм коронавирусной инфекции особое значение придается так называемому “цитокиновому шторму” – потенциально летальной реакции иммунной системы, характеризующаяся быстрой пролиферацией и повышенной активностью Т-клеток, макрофагов и естественных киллеров с высвобождением защитными клетками различ-

ных воспалительных цитокинов и химических медиаторов. Суть состояния заключается в выработке большого количества медиаторов воспаления, которые приводят к активации иммунных клеток и высвобождению последними новой порции медиаторов вследствие наличия неконтролируемой положительной обратной связи между этими процессами. Порочный круг вызывает разрушение тканей очага воспаления, одновременно реакция распространяется на соседние ткани и по мере развития приобретает системный характер, охватывая весь организм в целом [14]. Этому механизму придается главная роль в генерализации болезни, развитии органных и системных дисфункций и наступлении неблагоприятных исходов.

Излечение от коронавирусной инфекции не всегда бывает полным: у каждого пятого пациента после нее формируется так называемый «постковидный синдром» – специфическое осложнение, продолжающееся год и более. Этот синдром уже включен в МКБ-10 как отдельная нозодогическая единица. Сейчас известны три основные группы постковидных нарушений: неврологические, нарушения регуляции агрегатного состояния крови и микроциркуляции, иммунодепрессия и связанные с ней проблемы.

Постковидный синдром включает в себя: парализующую слабость, одышку, неполный вдох, апноэ, тяжесть за грудиной; головные боли, миалгические и (или) суставные боли; потерю обоняния, фантосмию (возможно, связанные с поражением обонятельного нерва), искажение запаха/вкуса; потерю волос, выпадение зубов, кистозные образования в полости челюстей; сосудистые и васкулитные проявления на коже, прочие кожные реакции (обширные крапивницы, капиллярные сетки); резкие скачки давления и пульса, аритмии, тахикардии (в том числе ортостатическая тахикардия), головокружения; когнитивные нарушения (потеря памяти, «туман в голове», дезориентация в пространстве, тревога и панические атаки); расстройство желудочно-кишечного тракта, диарею, возникающая волнообразно и не зависящая от диеты, либо приёма лекарств; продолжительную субфебрильную температуру, либо гипотермию, либо скачки температуры; в редких случаях синдром Гийенна-Барре и другие многочисленные специфические симптомы [15]. Гипотез этиопатогенеза этого осложнения предложено много, ни одна из них пока не является общепризнанной. Для хирурга должно быть очевидным, что пациент с верифицированным или предполагаемым постковидным синдромом имеет очевидные нарушения иммунитета (и, соответственно повышенный риск гнойно-септических осложнений), серьезные нарушения микроциркуляции и предрасположенность к тромбэмболическим осложнениям. Длительность существования постковидных изменений пока не определена: сейчас говорят о периодах от двух недель до года (столько времени известно заболевание). Хотя уже сейчас нельзя исключить, что постковидные изменения могут оказаться пожизненными, по аналогии с вирусными гепатитами В и С.

Как и при любой тяжелой патологии, при коронавирусной инфекции оптимальные результаты дает ранее опережающее применение лечебно-

профилактических мероприятий. Именно этим были оправданы опережающие госпитализации в стационары всех больных с острыми респираторными заболеваниями, у которых в амбулаторных условиях было невозможно полностью исключить начало атаки коронавируса.

На 1 октября 2020 года против вируса отсутствовали какие-либо специфические противовирусные средства лечения или профилактики. По состоянию на 16 октября 2020 г. (кроме синдромальной и симптоматической терапии) единственным эффективным лекарственным средством в тяжёлых и критических случаях оказались кортикостероиды [15]. При тяжелых и осложненных формах этого заболевания требуется средства для поддержания функций жизненно важных органов [16].

При анализе данных литературы и интернет-источников по рассматриваемой проблеме оказалось трудным назвать хотя бы одну группу фармакологических препаратов, которые не пытались использовать для оказания помощи больным с коронавирусной инфекцией. Укажем на некоторые сообщения, который сегодня представляют наибольший интерес. Так, Явелов И.С. и Драпкина О.М. из ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины” Минздрава России” приводят следующие указания по дозам парентеральных антикоагулянтов у взрослых, которые, на наш взгляд, заслуживают внимания: нефракционированный гепарин: профилактическая доза: подкожно 5000 ЕД 2-3 раза/сут. Промежуточная доза: подкожно 2 раза/сут. для поддержания значений анти-Ха активности 0,1-0,3 ЕД/мл по данным амидолитического метода (например, 7500 ЕД 3 раза/сут.). Лечебная доза: внутривенная инфузия под контролем анти-Ха активности, которая должна составлять 0,6-1,0 ЕД/мин по данным амидолитического метода (АЧТВ); начальная доза при остром коронарном синдроме — внутривенно болюсом 60 ЕД/кг (максимально 5000 ЕД) и начало инфузии 12 МЕ/кг/мин, начальная доза при венозных тромбоэмболических осложнениях — внутривенно болюсом 80 ЕД/кг (максимально 5000 ЕД) и начало инфузии 18 МЕ/кг/мин. Лечебная доза при ТГВ/ТЭЛА (как альтернатива внутривенной инфузии): внутривенно болюсом 80 ЕД/кг (альтернативно 5000 ЕД) и подкожно 17500 ЕД (альтернативно 250 ЕД/кг) 2 раза/сут. с последующей коррекцией дозы по анти-Ха активности (альтернативно — подкожно 333 ЕД/кг, затем по 250 ЕД/кг 2 раза/сут.); Далтепарин: профилактическая доза: подкожно 5000 МЕ 1 раз/сут. Промежуточная доза: подкожно 5000 МЕ 2 раза/сут. Лечебная доза: подкожно 100 МЕ/кг 2 раза/сут. Надропарин кальция: Профилактическая доза: подкожно 3800 МЕ (0,4 мл) 1 раз/сут. при массе тела  $\leq 70$  кг или 5700 МЕ (0,6 мл) 1 раз/сут. при массе тела  $>70$  кг. Промежуточная доза: подкожно 5700 МЕ (0,6 мл) 2 раза/сут. Лечебная доза: подкожно 86 МЕ/кг 2 раза/сут. Эноксапарин натрия: профилактическая доза: подкожно 4000 МЕ (40 мг) 1 раз/сут. (при клиренсе креатинина 15-30 мл/мин можно рассмотреть снижение дозы до 3000 МЕ (30 мг) 1 раз/сут.; при выраженном ожирении можно рассмотреть увеличение дозы до 4000 МЕ (40 мг) 2 раза/



сут.). Промежуточная доза: подкожно 4000 МЕ (40 мг) 2 раза/сут.; возможно увеличение до 50 МЕ (0,5 мг)/кг 2 раза/сут. Лечебная доза: подкожно 100 МЕ (1 мг)/кг 2 раза/сут., при клиренсе креатинина 15-30 мл/мин 100 МЕ (1 мг)/кг 1 раз/сут. Фондапаринукс натрия: профилактическая доза: подкожно 2,5 мг 1 раз/сут. Доза для лечения венозных ТЭО: 5 мг 1 раз/сут. при массе тела до 50 кг; 7,5 мг 1 раз/сут. при массе тела 50-100 кг; 10 мг 1 раз/сут. при массе тела >100 кг. [13].

В 2020 г. Министерство здравоохранения России публикует целых 7 версий Временные методические рекомендации по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции [17-23]. В них указывается, что “основным подходом к терапии COVID-19 должно быть упреждающее назначение лечения до развития полного симптомокомплекса жизнеугрожающих состояний, а именно пневмонии, ОРДС, сепсиса”. В них есть указания на целесообразность использования следующих групп препаратов: противовирусных: фавипиравир, ремдесивир, умифеновир, противомаларийного средства гидроксихлорохин, антибиотика из группы макролидов азитромицин (в сочетании с гидроксихлорохином), иммуномодулятора интерферон-альфа, который может применяться интраназально, в том числе в профилактических целях.

В этих же методических указаниях есть рекомендации по использованию плазмы от доноров-реконвалесцентов (лиц с подтвержденным случаем COVID-19 в стадии выздоровления) – так называемой, антиковидной плазмы. Это средство может быть использовано только в соответствии с трансфузиологическим законодательством – постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июня 2019 г. № 797 «Об утверждении Правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и ее компонентов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [24], приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 02.04.2013 № 183н «Об утверждении правил клинического использования донорской крови и (или) ее компонентов» [25].

Методические рекомендации содержат указания на использование ингибиторов ИЛ-6 (тоцилизумабома или сарилумабома) или ИЛ-1 $\beta$  (канакинумабома). Эти достаточно новые препараты рекомендуется использовать при значительном объеме поражения легочной паренхимы – более 50% (КТЗ-4) и наличии двух и более клинико-лабораторных признаков органических дисфункций.

С целью подавления гипервоспаления и предотвращения развития серьезных поражений легких и других органов, обусловленных COVID-19, можно рассматривать назначение ингибиторов янус-киназ – препаратов барицитиниб и тофацитиниб, а также ингибиторов ИЛ-6 олокизумаба и левелимаба. Эти препараты используют при наличии двух и более признаков органических и системных дисфункций и “цитокинового шторма”.

Антибактериальная терапия коронарвирусным пациентам назначается при наличии убедительных признаков присоединения бактериальной



инфекции (повышении прокальцитонина более 0,5 нг/мл, лейкоцитоза  $> 10 \cdot 10^9/\text{л}$ , появлении гнойной мокроты). Рекомендуется комбинированная терапия: защищенными аминопенициллинами (амоксциллин/клавулановая кислота, амоксициллин/сульбактам), цефалоспорины (цефтриаксон, цефотаксим, цефтаролина, фосамил,) в/в в комбинации с азитромицином или кларитромицином в/в. Альтернативой является применение цефалоспоринов третьего поколения (цефтриаксон, цефототаксим) в/в комбинации с респираторным фторхинолоном (левофлоксацин, моксифлоксацин) в/в. При бактериальной пневмонии (наиболее вероятные возбудители – метициллинрезистентные штаммы *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae*) обосновано назначение следующих препаратов (в различных комбинациях): цефалоспорины IV поколения  $\pm$  макролиды; карбапенемы; ванкомицин и линезолид.

В названных методических рекомендациях отдельно рассматриваются особенности терапии различными препаратами у детей (в том числе новорожденных), пожилых и стариков, а также у беременных, а также потенциально инфицированных коронавирусом пациентов. Таким образом, их можно считать редко встречающимся мультидисциплинарным руководством, обладающим, ко всему прочему, силой юридического документа (закона).

Согласно Приказу № 459н Минздрава РФ от 18 мая 2020 г., пациенты с коронавирусной инфекцией, находящиеся в крайне тяжелом состоянии, госпитализируются в структурное подразделение медицинской организации для лечения COVID-19 на койки для пациентов, находящихся в крайне тяжелом состоянии, требующих проведения ИВЛ, исходя из наличия двух из следующих критериев: а) нарушения сознания; б)  $\text{SpO}_2 < 92\%$  (на фоне кислородотерапии); в) частоты дыхания более 35 в 1 мин [26]. Каких-либо особых указаний на специфику респираторной поддержки именно при коронавирусной инфекции мы не встретили, поэтому считаем, что эти больные должны получать респираторную терапию (в том числе инвазивную ИВЛ) на основе принципов, изложенных в инструктивно-методических и законодательных документах, изданных для других областей медицины

То же можно сказать и об особенностях трансфузионной терапии больным с полиорганными дисфункциями при коронавирусной инфекции: переливание крови, ее компонентов и препаратов должно осуществляться на основании действующего трансфузиологического законодательства, которое включает: Национальный стандарт Российской Федерации (ГОСТ) 53470 – 2009 [27]; Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации (Минздрав России) от 02 апреля 2013 г. N 183н «Об утверждении правил клинического использования донорской крови и (или) ее компонентов» [28], Приказ Минздрава РФ от 25.11.2002 N 363 «Об утверждении Инструкции по применению компонентов крови» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 20.12.2002 N 4062).- М.- 2013.- 78 С. [29].

Люди с сильно ослабленной иммунной системой могут в течение долгого времени не выздоравливать от COVID-19, из-за чего коронавирус

в их организме сможет приобрести неуязвимость для антител. [31]

В настоящее время в России – первой в мире – начата активная вакцинация населения против коронавирусной инфекции, к которой сейчас активно присоединяются другие страны с развитой медицинской и фармацевтической промышленностью. Первый опыт использования противокоронавирусных вакцин показывает, что они приводят к повышению устойчивости человека к этому заболеванию: вакцинированный контингент на достаточно длительное время становится устойчивым к воздействию коронавируса, а у заболевших оно протекает в легких формах, без развития декомпенсированных органных и системных дисфункций. Именно с появлением коллективного иммунитета не менее, чем у 60-70% населения сегодня связывают надежды на ослаблении остроты проблемы с коронавирусной инфекцией, профилактику развития полиорганной недостаточности и существенное снижение летальности при этом заболевании. Сейчас для этого активно используется вакцина Гам-Ковид-Вак (торговая марка «Спутник V»), производства Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи Минздрава России (Регистрационное удостоверение выдано 11.08.2020), «ЭпиВакКорона» – вакцина на основе пептидных антигенов для профилактики COVID-19, производства «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», начато использование вакцины «Ковивак» (Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М. П. Чумакова РАН). Эти вакцины, в отличие от зарубежных аналогов, показали высокую клиническую эффективность и безопасность, в результате их использования не зарегистрировано ни одного тяжелого, а тем более смертельного осложнения. Именно с появлением коллективного иммунитета против коронавируса можно связывать реальные надежды на решение проблемы полиорганной недостаточности при этом заболевании [30].

Таким образом, полиорганная недостаточность при коронавирусной инфекции является достаточно часто встречаемым событием, с которым сегодня регулярно сталкиваются различные специалисты любых стационаров, оказывающих помощь таким больным. Знание ими современного состояния проблемы, владение способами ее решений, особенно в экстренных ситуациях, должны способствовать квалифицированному оказанию помощи таким больным и улучшению результатов их лечения.

### Список литературы

1. <https://coronavirusonline.com.ua/koronavirus-podrobnoye-opisaniye>.
2. Kahn J.S., McIntosh K. History and recent advances in coronavirus discovery. // The Pediatric Infectious Disease Journal.- 2005.- Vol. 24(11). p.223-S227.
3. Авдеев С.Н. Практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке пациентов с COVID-19 на дорепарационном этапе. // Пульмонология. 2020. – Т.30(2). – с. 151-153.
4. <https://meduniver.com/Medical/Microbiology/covid19.html> MedUniver.

5. <https://www.rbc.ru/society/11/03/2020/5e6912ac9a794726b69d8ea7>.
6. Гологорский В.А., Гельфанд Б.Р., Багдатьяев В.Е., Топазова Е.Н Синдром полиорганной недостаточности у больных перитонитом. // Хирургия.- 1988.- № 2.- С. 73-76.
7. Knaus W.A., Druper ET AL., Wagner D.P., Zimmerman J.E. Prognosis in acute organ-system failure // Ann. Surg.- 1985.- Vol. 202, № 6.- P. 681-693
8. Norton L. Does drainage of intraabdominal pus reverse multiple organ failure? // Amer. J. Surg.- 1985.- V. 49, № 4.- P. 347-350.
9. Goris R.J.A., de Boekhorst T.P.A., Muytinck J.K.S., Gimbrere J.S.F. Multiple-organ failure. Generalized autodestructive inflamation? // Arch. Surg.- 1985.- Vol. 120, № 10.- P. 1109-1115.
10. А.А.Редько, В.В.Чаленко. Полиорганная недостаточность.- Берлин, Palmarium academic publishing.- 2012.- 615 С.
11. [mosgorzdrav.ru/prezent/13032020/smetanina.pdf](https://mosgorzdrav.ru/prezent/13032020/smetanina.pdf).
12. <https://ria.ru/20200121/1563668949.html>.
13. Явелов И.С., Драпкина О.М. COVID-19: состояние системы гемостаза и особенности анти тромботической терапии. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика.- 2020;19(3).- С. 310-318.
14. [https://ru.wikipedia.org/wiki/COVID-19/Цитокиновый\\_шторм](https://ru.wikipedia.org/wiki/COVID-19/Цитокиновый_шторм).
15. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Постковидный\\_синдром](https://ru.wikipedia.org/wiki/Постковидный_синдром).
16. Соколов А. А., Соколов Д. В., Певзнер Д. В. и др. Методы экстракорпоральной гемокоррекции в комплексном лечении новой коронавирусной инфекции: обзор возможностей // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 31-40.
17. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 1 (29.01.2020) .
18. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 2 (03.02.2020).
19. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 3 (03.03.2020).
20. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 4 (27.03.2020) .
21. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 5 (08.04.2020).
22. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 6 (28.04.2020).
23. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Вер. 7 (03.06.2020).

24. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июня 2019 г. № 797 «Об утверждении Правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и ее компонентов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

25. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 02.04.2013 № 183н «Об утверждении правил клинического использования донорской крови и (или) ее компонентов».

26. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 18.05.2020 № 459н «О внесении изменений в приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 марта 2020 г. № 198н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19».

27. Национальный стандарт Российской Федерации (ГОСТ) 53470 – 2009: Кровь донорская и ее компоненты. Руководство по применению компонентов донорской крови.- М., Стандартинформ.- 2010.- 78 С.

28. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации (Минздрав России) от 02 апреля 2013 г. N 183н «Об утверждении правил клинического использования донорской крови и (или) ее компонентов».

29. Приказ Минздрава РФ от 25.11.2002 N 363 «Об утверждении Инструкции по применению компонентов крови» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 20.12.2002 N 4062).- М.- 2013.- 78 С.

30. <https://вакцина.стопкоронавирус.пф/#about>.

31. <https://news.mail.ru/society/45431855/?frommail=1>

#### **Сведения об авторах:**

**Бубнова Наталья Алексеевна**, доктор медицинских наук, профессор, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: bubnova44@list.ru

**Стрижелецкий Валерий Викторович**, доктор медицинских наук, профессор, главный врач Городской больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: b4@zdrav.spb.ru

**Сулима Владимир Валерьевич**, врач анестезиолог-реаниматолог Городской больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: b4@zdrav.spb.ru

**Шатиль Михаил Александрович**, заведующий вторым хирургическим отделением Городской больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: shatil57@mail.ru

**Чернышев Олег Борисович**, кандидат медицинских наук, врач-хирург Городской больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: holger\_tch@mail.ru

**Авдошин Иван Валентинович**, врач-хирург Городской больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ivan\_avdoshin@mail.ru

**Акинчиц Лариса Георгиевна**, врач-хирург, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: chuchir@mail.ru

УДК: 616-06

*Золотов В.Д., Суровцева Т.В., Мазуренко С.О.*

## СОСУДИСТЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

**Аннотация.** Новая коронавирусная инфекция (COVID-19), вызванная SARS-CoV-2, стала причиной смерти более 4.8 миллионов пациентов в мире с начала пандемии. В большинстве случаев основной причиной смерти является острая легочно-сердечная недостаточность, однако сосудистые осложнения также вносят свой вклад в структуру смертности от данного заболевания. В связи с этим, была изучена частота данных осложнений в репрофилированном под прием пациентов с COVID-19 стационаре, а также исследованы возможные факторы риска, приводящие к вышеописанным осложнениям.

**Ключевые слова:** COVID-19, сосудистые осложнения, ОНМК, инфаркт миокарда, острая ишемия конечностей, факторы риска, тяжелое течение заболевания, тромбоз, инфекционные заболевания, биомаркеры.

*Zolotov V.D., Surovtseva T.V., Mazurenko S.O.*

## VASCULAR COMPLICATIONS IN PATIENTS WITH COVID-19

**Abstract.** The novel coronavirus infection (COVID-19) caused by SARS-CoV-2 had killed more than 4.8 million patients worldwide since the start of the pandemic. In most cases, the main cause of death is acute pulmonary heart failure but vascular complications also contribute to the structure of mortality from this disease. In this regard, the frequency of these complications was studied in a hospital reprofiled for patients with COVID-19, and the possible risk factors leading to the above-described complications were investigated.

**Keywords:** COVID-19, vascular complications, stroke, myocardial infarction, acute limb ischemia, risk factors, severe ill, thrombosis, infectious diseases, biomarkers.

### Введение

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19), вызванная SARS-CoV-2, впервые появилась в Ухане, Китай. ВОЗ впервые официально объявила о пандемии в марте 2020 года. По состоянию на 5 октября 2021 года пандемия COVID-19 привела к более чем 234 миллионам случаев заболевания и 4.8 миллионам смертей в мире [35].

В то время как первоначально основное внимание уделялось осложнениям со стороны легких, в последнее время в литературе все чаще встречаются работы, посвященные сосудистым осложнениям у пациентов с COVID-19, которые могут вносить значительный вклад в смертность, связанную с заболеванием COVID-19 [19, 23].

В этой статье будет представлен обзор имеющихся научных данных о сосудистых осложнениях, связанных с COVID-19, включая, острый инфаркт миокарда (ОИМ), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) и острая ишемия конечностей (ОИК), а также представлены статистические данные о встречаемости сосудистых осложнений в период с 01.10.2021 г. по 01.09.2021 г в СПб ГБУЗ «Городская больница № 20».

**Материалы и методы.** Изучение научного материала базируется на материалах базы данных национального центра NCBI «PubMed. Методология научного исследования основана на таких методах как: математический (статистический) и теоретический (анализ и синтез).

**Цель.** Изучить данные литературных источников о сосудистых осложнениях у пациентов с COVID-19, а также изучить структуру и факторы риска сосудистых осложнений у пациентов с COVID-19 в клинике Санкт-Петербурга, профилированной для работы с пациентами с COVID-19.

### **Патофизиология тромботических осложнений у пациентов с новой коронавирусной инфекцией**

SARS-CoV-2 использует рецептор ангиотензинпревращающего фермента II типа (АПФ2) для проникновения в клетку посредством связывания с шиповидным белком (S-белком).[26] АПФ2 экспрессируется в различных органах и тканях, результатом чего являются различные проявления заболевания, такие как поражение дыхательной системы, почек, печени, желудочно-кишечного тракта и сердца [12].

В литературе встречаются данные, указывающие на связь между тяжелой клинической картиной COVID-19 и повышенным риском тромбоза, однако механизмы, лежащие в основе этого, до конца не ясны [4]. На данный момент наиболее изучены следующие факторы риска тромботических осложнений: системное гипервоспаление, гипоксия и сопутствующие заболевания (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, сахарный диабет 2 типа и др.) [25]. Однако и в настоящее время понимание клинических и патофизиологических особенностей имеет решающее значение для выявления и лечения пациентов с наиболее высоким риском тромботических осложнений.

К формированию тромба приводит активация тромбоцитов и каскад свертывания крови [28]. Тромбоз может быть спровоцирован триадой Вирхова: изменение состава крови, замедление кровотока и изменения в сосудистой стенке[9].

Активация тромбоцитов инициируется несколькими факторами, включая коллаген через рецепторы гликопротеина VI и тромбин через рецепторы, активируемые протеазой 1 и 4. Далее происходит несколько ключевых процессов.

Во-первых, арахидоновая кислота превращается в тромбоксан A<sub>2</sub>, мощный проагрегационный и сосудосуживающий фактор.

Второй, тромбоциты дегранулируют. Плотные гранулы, содержащие аденозиндифосфат (АДФ), сливаются с клеточной мембраной. Затем АДФ воздействует на P2Y<sub>1</sub> тромбоцитов и, что наиболее важно, на рецепторы P2Y<sub>12</sub>, дополнительно стимулируя и усиливая активацию тромбоцитов. Аналогично, альфа-гранулы, содержащие P-селектин, а также другие провоспалительные и прокоагулянтные факторы, сливаются с мембраной. P-селектин связывается с целым рядом воспалительных клеток, включая нейтрофилы и моноциты [31].



В-третьих, за счет мобилизации кальция и дефосфорилирования фосфопротеина, тромбоциты претерпевают изменение формы от дисковидной до звездчатой, что означает, что происходит физическая агрегация [30]. Далее происходит конформационное изменение рецептора гликопротеина IIb/IIIa, который образует перекрестные связи с гликопротеинами Iib/IIIa, тем самым усиливая связывание тромбоцитов между собой, а также стимулируя активацию других тромбоцитов [10].

Кроме того, тромбоциты, сосуды и клетки крови также высвобождают внеклеточные везикулы, состоящие из множества биоактивных молекул такие как РНК, мРНК, цитокины, факторы транскрипции и роста и даже ДНК, а также липиды [5].

Также активация каскада свертывания крови играет важную роль в тромбозе [3]. В целом данный процесс разделен на два сходящихся пути – активация внешнего пути тканевым фактором и/или контактная активация внутреннего пути: каскад коагуляции приводит к активации фактора X, входящего в состав протромбиназного комплекса, что приводит к образованию тромбина. Тромбин расщепляет растворимый фибриноген до нерастворимого фибрина, который образует переплетающиеся нити, дополнительно стабилизированные фактором XIII.

Существует связь между каскадом свертывания крови и тромбоцитами. Тромбин не только может активировать тромбоциты посредством рецепторов, активируемых протеазой 1 и 4, но и, наоборот, сами тромбоциты могут катализировать образование тромбина посредством активности мембранной скремблазы [15].

Воспаление связано с увеличением числа агрегатов тромбоцитов-моноцитов и тромбоцитов-нейтрофилов, опосредованное усиленной экспрессией P-селектина. Также воспаление вызывает повышение числа тромбоцитов, опосредованное повышением секреции тромбопоэтина, потенцируемого интерлейкином-6 [18].

Также системное воспаление оказывает отрицательное влияние на эндотелий. В частности, увеличивается освобождение фактора фон Виллебранда, что потенцирует связывание тромбоцитов с эндотелием и другими тромбоцитами [17].

В артериальном русле воспаление также приводит к прогрессированию атероматозной бляшки, влияя на местную гемодинамику, а также на стабильность бляшки, что увеличивает вероятность разрыва или эрозии бляшки, провоцируя тромбоз [22].

### **Результаты и обсуждение**

#### **Острое нарушение мозгового кровообращения у пациентов с COVID-19**

Как было сказано выше, существует определенная связь между тяжелым течением COVID-19 и повышенным риском тромбоэмболии. В литературе имеются данные, что острые бактериальные и вирусные инфекции, особенно респираторные инфекции, являются независимыми факторами риска ОНМК. Считается, что связь между острой инфекцией и инсультом вызвана

системной воспалительной реакцией, которая может привести к нарушению функции эндотелия и вызвать прокоагулянтное состояние [13].

Значимо повышенные уровни D-димера у пациентов с острым началом ишемического инсульта также подтверждают, что SARS-CoV-2 может вызывать выраженную воспалительную реакцию в стенках кровеносных сосудов и привести к гиперкоагуляции.

Однако, нельзя забывать про «традиционные» причины инсульта у пациентов с COVID-19. Исследование, выполненное до эпидемии COVID-19 показали, что основными факторами риска острого нарушения мозгового кровообращения оказывались предшествующие заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушения сердечного ритма и некорректное ведение пациентов с данной патологией [2].

Атеросклероз у пациентов с инфекцией COVID-19 может увеличить риск ишемического инсульта, поскольку вирусная инфекция потенциально может дестабилизировать атеросклеротическую бляшку [14].

Кроме того, пациенты, инфицированные COVID-19, с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеют риск развития аритмии, которая может привести к кардиоэмболии. Так в одном исследовании [17] было показано, что частота тромбоэмболических событий была выше у пациентов с COVID-19 с сердечно-сосудистыми заболеваниями в анамнезе.

Также известно, что при COVID-19 часто поражается сердечно-сосудистая система.[24] Так было показано[34], что у 16,7% из 138 госпитализированных пациентов с COVID-19 развилась аритмия. Более того, известно, что вирусные инфекции могут приводить к миокардиодистрофии, миокардиту и активации симпатической нервной системы, что также может способствовать развитию аритмии.[14]

В наблюдательных исследованиях доля пациентов с COVID-19, перенесших инсульт, колеблется от 2.5 до 3.7%. В одном многоцентровом исследовании оценивалась частота суммарного исхода венозных и артериальных тромботических осложнений (включая тромбоэмболию легочной артерии, тромбоз глубоких вен, ишемический инсульт, инфаркт миокарда и системную артериальную эмболию) у 184 госпитализированных пациентов с COVID-19 в отделении интенсивной терапии.[19] Кумулятивная частота суммарного исхода составила 31%, из которых ишемические инсульты составили 3,7%. В другом аналогичном исследовании из Италии также анализировались венозные и артериальные тромбоэмболические осложнения у 388 пациентов с COVID-19.[23] Результаты показали, что, несмотря на использование антикоагулянтов, частота венозных и артериальных тромбоэмболических осложнений у госпитализированных пациентов с COVID-19 составила 8%. При этом ишемический инсульт диагностирован у девяти (2,5%) пациентов.

Инсульт обычно развивается через несколько дней после заражения COVID-19.[9] В одном ретроспективном исследовании [21] было показано, что средняя продолжительность от первых симптомов COVID-19 до инсульта составила 10 дней. Согласно классификации TOAST у 50% пациентов

была окклюзия крупных сосудов, у 20% – окклюзия мелких сосудов и у 30% – кардиоэмболический тип. Также, было показано, что ОНМК чаще случалось у пожилых пациентов ( $75,7 \pm 10,8$  лет) с такими факторами риска, как артериальная гипертензия, сахарный диабет 2 типа и наличие в анамнезе цереброваскулярных заболеваний. Кроме того, у данных пациентов достоверно выше были уровни С-РБ и D-димера. Согласно выводам данного исследования, выраженная воспалительная реакция может быть причиной нарушения функции свертывания крови на ранней стадии болезни и может быть одной из основных причин ОНМК.

В другом исследовании [9] сообщается о шести пациентах с ОНМК по ишемическому типу и COVID-19. У всех шести пациентов была окклюзия крупных сосудов с повышенным уровнем D-димера, средняя продолжительность до инсульта составила 16 дней. Однако у всех пациентов была мерцательная аритмия, что является конкурирующим фактором риска, в связи с чем причинно-следственную связь между COVID-19 и ишемическим инсультом подтвердить невозможно.

Также в последнее время в литературе начинают появляться данные о непосредственном поражении центральной нервной системы (ЦНС) SARS-CoV-2. Возможными путями проникновения вируса в ЦНС могут быть гематогенный [7] и ретроградный (аксональный) через обонятельную луковицу [11]. Однако, по данным патологоанатомического обследования пациента с COVID-19 можно предположить, что гематогенный путь является наиболее вероятным [27]. Также, учитывая, что спайковый белок SARS-CoV-2 может взаимодействовать с ACE2, экспрессируемым в эндотелии капилляров, вирус может повреждать гематоэнцефалический барьер и проникать в ЦНС, поражая сосудистую систему [7].

В нашем исследовании доля пациентов с COVID-19, у которых развилось ОНМК составила 0,6% (73 пациента). Средний возраст составил  $78,7 \pm 13,7$  лет. По полу распределение было следующим – 39,7% мужчин (29 пациентов) и 60,3% женщин (44 пациента). Чаще встречались ОНМК по ишемическому типу – 84,9% (62 случая), а по геморрагическому типу – 15,1% (11 случаев).

Средняя продолжительность от первых симптомов до ОНМК составила 13 дней.

У данных пациентов наиболее часто встречались следующие факторы ССР: артериальная гипертензия (94,5%), атеросклероз брахицефальных сосудов (42,4%), ОНМК в анамнезе (28,8%), сахарный диабет 2 типа (24,7%), снижение фракции выброса левого желудочка < 45% (23,3%), а также впервые возникшая мерцательная аритмия (12,3%).

### **Инфаркт миокарда у пациентов с COVID-19**

Повреждение миокарда, на которое указывает повышенный уровень тропонина, может произойти у 7-17% пациентов с COVID-19, поступивших в профильное отделение, и у 22-31% пациентов, поступивших в отделение интенсивной терапии [34, 36].

В нашем исследовании доля таких пациентов составила 0,4% (44 пациента). Средний возраст составил  $73,8 \pm 12,8$  лет. По полу распределение было следующим – 43,2% мужчин (19 пациентов) и 56,8% женщин (25 пациентов).

Из факторов риска ССЗ у пациентов с возникшим в стационаре инфарктом миокарда наиболее часто встречались: артериальная гипертензия (59,1%), ожирение (38,6%) и сахарный диабет 2 типа (27,3%).

Наряду с системным воспалением другие факторы, такие как гипоксемия, иммобилизация и, в некоторых случаях, ДВС-синдром приводят к протромботическому состоянию. Следовательно, это может повышать риск развития инфаркта миокарда 1 типа, связанного с нестабильностью атеросклеротической бляшки, приводящей к коронарному тромбозу [19].

Исследования в области биоинформатики показали, что некоторые связывающие белки и гликопротеины вирусной оболочки могут связываться как с порфирином, так и с  $\beta$ -цепью гемоглобина. Эта ассоциация может привести к снижению доступного гемоглобина в сыворотке крови и, как следствие, к гипоксемии [20].

Инфаркт миокарда 2 типа, который возникает из-за непропорциональной потребности миокарда в кислороде, может чаще возникать в связи с гипоксемией, связанной с повышенной сердечной потребностью из-за системной воспалительной реакцией и повышением метаболической потребности [32].

Также у пациентов, ранее подвергшихся ангиопластике, сохраняется риск развития инфаркта 4b типа из-за тромботической окклюзии стента. [1]

Из-за гиперкоагуляции вызванной коронавирусной инфекцией у пациентов, страдающих COVID-19, риск тромботической окклюзии стента и инфаркта миокарда типа 4b становится еще выше [19].

### **Острая ишемия конечностей**

Острая ишемия конечностей является важным осложнением у пациентов с COVID-19 [29].

У этих пациентов часто наблюдаются множественные тромбозы, затрагивающие разные сосуды по всему телу. При этом многие из них не имеют заболевания периферических артерий. Также известно, что острая ишемия конечностей может возникать даже у пациентов, уже получающих тромбопрофилактику [33, 15].

За изучаемый период в нашем стационаре острая ишемия конечностей возникла у 0,06% пациентов (8 случаев). При этом средний возраст составлял  $59,8 \pm 6,7$  лет. По полу распределение было следующим – 75% мужчин (6 пациентов) и 25% женщин (2 пациента). Из возможных факторов риска наиболее часто встречались длительный стаж курения (50%) и сахарный диабет 2 типа (25%).

### **Выводы**

COVID-19 проявляется выраженным системным воспалением, повышающим риск тромбоза, что в свою очередь приводит к повышению частоты возникновения таких сосудистых событий, как острое нарушение мозгового кровообращения, инфаркт миокарда и острая ишемия конечностей.

Возможными факторами риска, приводящими к вышеописанным осложнениям у пациентов с COVID-19, являются артериальная гипертензия, сахарный диабет 2 типа, а также атеросклероз брахицефальных сосудов, ОНМК в анамнезе, снижение фракции выброса левого желудочка < 45%, впервые возникшая мерцательная аритмия (у пациентов с ОНМК) и длительный стаж курения (у пациентов с острой ишемией конечностей).

В связи с продолжающейся пандемией и огромной нагрузкой на систему здравоохранения необходимы дальнейшие исследования факторов риска, в том числе поиск биомаркеров, способных прогнозировать возникновения сосудистых событий.

### Список литературы

1. Васильева О.И., Мазуренко С.О. Осложнения чрескожных коронарных вмешательств – задачи, требующие решения. Клиническая больница. 2019. № 2 (28). С. 36-39. УДК: 616.12-089-06 [https://med122.com/news/1/Magazine\\_02\\_2019\\_web.pdf](https://med122.com/news/1/Magazine_02_2019_web.pdf)
2. Зоренко А.В., Мазуренко С.О., Грузманов А.К., Ильина О.М., Максимов А.Д., Миронова Н.М. Факторы риска развития ишемического инсульта – нерешенные проблемы //Клиническая больница.Том 24 № 2 2018 сс. 27-29. <https://med122.com/news/1/Magazin.pdf>
3. Ajjan R., Grant P.J. Coagulation and atherothrombotic disease // *Atherosclerosis*. Vol. 186 № 2 2006 pp. 240-59. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2005.10.042. Epub 2005 Dec 15. PMID: 16343508
4. Al-Ani F., Chehade S., Lazo-Langner A. Thrombosis risk associated with COVID-19 infection. A scoping review // *Thromb Res*. Vol. 192 2020 pp. 152-160. doi: 10.1016/j.thromres.2020.05.039. Epub 2020 May 27. PMID: 32485418; PMCID: PMC7255332.
5. Badimon L., Suades R., Vilella-Figuerola A. et al. Liquid Biopsies: Microvesicles in Cardiovascular Disease // *Antioxid Redox Signal*. Vol. 33 № 9 2019 pp. 645-662. doi: 10.1089/ars.2019.7922. Epub 2019 Dec 17. PMID: 31696726.
6. Bagot C.N., Arya R. Virchow and his triad: a question of attribution // *Br J Haematol*. Vol. 143 № 2 2008 pp. 180-190. doi: 10.1111/j.1365-2141.2008.07323.x. Epub 2008 Sep 6. PMID: 18783400.
7. Baig A.M., Khaleeq A., Ali U. et al. Evidence of the COVID-19 virus targeting the CNS: tissue distribution, host-virus interaction, and proposed neurotropic mechanisms // *ACS Chem Neurosci*. Vol. 11 № 7 2020 pp. 995-998. doi: 10.1021/acscchemneuro.0c00122. Epub 2020 Mar 13.
8. Bevers E.M., Comfurius P. et al. Generation of prothrombin-converting activity and the exposure of phosphatidylserine at the outer surface of platelets // *Eur J Biochem*. Vol. 122 № 2 1982 pp. 429-436. doi: 10.1111/j.1432-1033.1982.tb05898.x. PMID: 7060583.
9. Beyrouti R., Adams M.E., Benjamin L. et al. Characteristics of ischaemic stroke associated with COVID-19 // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. Vol. 91 2020 pp.

889–891. doi: 10.1136/jnnp-2020-323586. Epub 2020 Apr 30.

10. Cho M.J., Liu J., Pestina T.I. et al. AlphaIIbbeta3-mediated outside-in signaling induced by the agonist peptide LSARLAF utilizes ADP and thromboxane A2 receptors to cause alpha-granule secretion by platelets // *JThrombHaemost*. Vol. 1 № 2 2003 pp. 363-373. doi: 10.1046/j.1538-7836.2003.00055.x. PMID: 12871512.

11. Desforges M., Le Coupanec A., Dubeau P. et al. Human coronaviruses and other respiratory viruses: underestimated opportunistic pathogens of the central nervous system? // *Viruses*. Vol. 12 № 1 2019 P.14 2019 doi: 10.3390/v12010014.

12. Gheblawi M., Wang K., Viveiros A. et al. Angiotensin-Converting Enzyme 2: SARS-CoV-2 Receptor and Regulator of the Renin-Angiotensin System: Celebrating the 20th Anniversary of the Discovery of ACE2 // *CircRes*. Vol. 126 № 10 2020 pp. 1456-1474. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.120.317015. Epub 2020 Apr 8. PMID: 32264791; PMCID: PMC7188049.

13. Grau A.J., Urbanek C., Palm F. Common infections and the risk of stroke // *NatRevNeurol*. Vol. 6 № 12 2010 pp. 681–694. doi: 10.1038/nrneurol.2010.163.

14. Guzik T.J., Mohiddin S.A., Dimarco A. et al. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, treatment options // *CardiovascRes*. Vol. 116 № 10 2020 pp. 1666–1687. doi: 10.1093/cvr/cvaa106.

15. Ilonzo N., Rao A., Safir S. et al. Acute thrombotic manifestations of coronavirus disease 2019 infection: Experience at a large New York City health care system // *JVascSurg* Vol. 73 № 3 2021 pp. 789-796. doi: 10.1016/j.jvs.2020.08.038. Epub 2020 Sep 1. PMID: 32882350; PMCID: PMC7462577.

16. Ince C., Mayeux P.R., Nguyen T. et al. The endothelium in sepsis. // *Shock*. Vol. № 3 2016 pp. 259-270. doi: 10.1097/SHK.0000000000000473. PMID: 26871664; PMCID: PMC5281063.

17. Inciardi R.M., Adamo M., Lupi L. et al. Characteristics and outcomes of patients hospitalized for COVID-19 and cardiac disease in Northern Italy // *EurHeartJ*. Vol. 41 № 19 2020 pp. 1821-1829. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa388.

18. Kaser A., Brandacher G., Steurer W. et al. Interleukin-6 stimulates thrombopoiesis through thrombopoietin: role in inflammatory thrombocytosis *Blood* // Vol. 98 № 9 2001 pp. 2720-2725 doi: 10.1182/blood.v98.9.2720. PMID: 11675343.

19. Klok F.A., Kruip M.J., van der Meer N.J.M. et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19 // *ThrombRes*. Vol 191 2020 pp. 145-147. doi: 10.1016/j.thromres.2020.04.013. Epub 2020 Apr 10. PMID: 32291094; PMCID: PMC7146714.

20. Lechuga G.C., Souza-Silva F., Sacramento C.Q. et al. SARS-CoV-2 Proteins Bind to Hemoglobin and Its Metabolites // *IntJMolSci*. Vol. 22 № 16 2021 pp. 9025. doi: 10.3390/ijms22169035. PMID: 34445741; PMCID: PMC8396565.

21. Li Y., Li M., Wang M. et al. Acute cerebrovascular disease following COVID-19: a single center, retrospective, observational study // *StrokeVascNeurol*. Vol. 5 № 3 2020 pp. 279-284. doi: 10.1136/svn-2020-000431. Epub 2020 Jul 2.

22. Libby P., Buring J.E., Badimon L. et al. Atherosclerosis // *NatRevDisPrimers*. Vol. 5 № 1 2019 pp. 56. doi: 10.1038/s41572-019-0106-z. PMID: 31420554.



23. Lodigiani C., Iapichino G., Carenzo L. et al. Humanitas COVID-19 Task Force. Venous and arterial thromboembolic complications in COVID-19 patients admitted to an academic hospital in Milan, Italy // *ThrombRes*. Vol. 191 2020 pp. 9-14. doi: 10.1016/j.thromres.2020.04.024. Epub 2020 Apr 23. PMID: 32353746; PMCID: PMC7177070.

24. Madjid M., Safavi-Naeini P., Solomon S.D. et al. Potential effects of coronaviruses on the cardiovascular system: a review // *JAMACardiol*. Vol. 5 № 7 2020 pp. 831–840 doi: 10.1001/jamacardio.2020.1286.

25. Marchandot B., Sattler L., Jesel L. et al. COVID-19 Related Coagulopathy: A Distinct Entity? // *JClinMed*. Vol. 9 № 6 2020 pp. 1651. doi: 10.3390/jcm9061651. PMID: 32486469; PMCID: PMC7356260.

26. Mori J., Oudit G.Y., Lopaschuk G.D. SARS-CoV-2 perturbs the renin-angiotensin system and energy metabolism // *AmJPhysiolEndocrinolMetab*. Vol. 319 № 1 2020 pp. 43-47 doi: 10.1152/ajpendo.00219.2020. Epub 2020 May 29. PMID: 32469255; PMCID: PMC7322507.

27. Paniz-Mondolfi A., Bryce C., Grimes Z. et al. Central nervous system involvement by severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) // *JMedViro*. Vol. 92 № 7 2020 pp. 699-702. doi: 10.1002/jmv.25915.

28. Parker W.A.E., Storey R.F. 'Thrombotic Response' in *ESC Textbook of Cardiovascular Medicine* 3rd edition, 2018 [https://vk.com/wall-553755\\_2744](https://vk.com/wall-553755_2744)

29. Rey J.R., Caro-Codón J., Poveda Pineda D., Merino J.L. et al. Complicaciones arteriales trombóticas en pacientes hospitalizados con COVID-19 [Arterial thrombotic complications in hospitalized patients with COVID-19] // *RevEspCardiol*. Vol. 73 № 9 2020 pp. 769-771. doi: 10.1016/j.recesp.2020.05.013. Epub 2020 Jun 19. PMID: 32834364; PMCID: PMC7303624.

30. Sanderson H.M., Heptinstall S., Vickers J., Lösche W. Studies on the effects of agonists and antagonists on platelet shape change and platelet aggregation in whole blood // *BloodCoagulFibrinolysis*. Vol. 7 № 2 1996 pp.245-248. doi: 10.1097/00001721-199603000-00034. PMID: 8735830.

31. Storey R.F., Sanderson H.M., White A.E. et al. The central role of the P(2T) receptor in amplification of human platelet activation, aggregation, secretion and procoagulant activity // *BrJHaematol*. Vol. 110 № 4 2000 pp.925-934. doi: 10.1046/j.1365-2141.2000.02208.x. PMID: 11054084.

32. Thygesen K., Alpert J.S., Jaffe A.S. et al. Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction // *JAmCollCardiol*. Vol. 72 № 18 2018 pp.2231-2264. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.1038. Epub 2018 Aug 25. PMID: 30153967.

33. Vacirca A., Faggioli G., Pini R. et al. Unheralded Lower limb threatening ischemia in a COVID-19 patient // *IntJInfectDis*. Vol. 96 2020 pp. 590-592. doi: 10.1016/j.ijid.2020.05.060. Epub 2020 May 22. PMID: 32447121; PMCID: PMC7242202

34. Wang D., Hu B., Hu C. et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China // *JAMA* Vol. 323 № 11 2020 pp. 1061-1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585. Erratum

in: JAMA. 2021 Mar 16;325(11):1113. PMID: 32031570; PMCID: PMC7042881.

35. Weekly epidemiological update on COVID-19 – 5 October 2021 <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>

36. Zhou F., Yu T., Du R. et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study // Lancet Vol. 395 № 10229 2020 pp. 1054-1062. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30566-3. Epub 2020 Mar 11. Erratum in: Lancet. 2020 Mar 28;395(10229):1038. Erratum in: Lancet. 2020 Mar 28;395(10229):1038. PMID: 32171076; PMCID: PMC7270627.

#### **Сведения об авторе:**

**Золотов Виктор Дмитриевич**, СПб ГБУЗ «Городская больница № 20», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: v.zolotov@hospital20.spb.ru,

**Суровцева Татьяна Викторовна**, кандидат медицинских наук, главный врач СПб ГБУЗ "Городская больница № 20", Санкт-Петербург, Россия

**Мазуренко Сергей Олегович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: dr\_mazurenko@mail.ru

УДК 614.2

*Иванова Н.В., Белов В.С., Самаркин А.И., Ле М.Т., Серенко М.С.*

### **ВЛИЯНИЕ СОПУТСТВУЮЩИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ COVID-19 НА РИСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ИСХОДОВ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования влияния коморбидных заболеваний на тяжесть течения COVID-19 в группе из 110 пациентов, поступивших в стационарные лечебные учреждения г. Пскова в 2020 – 2021 гг., в сравнении с данными регистров, русско- и англоязычных научных публикаций, в которых рассмотрены особенности протекания инфекции у больных с COVID-19 на фоне хронических сопутствующих, коморбидных и полиморбидных заболеваний. Показано, что региональная выборка пациентов демонстрирует повышенную госпитальную летальность (33,5% против 7,6% по данным российского регистра АКТИВ). Хронические респираторные заболевания у пациентов с COVID-19 региональной когорты влияют на фатальный исход в 2,7 раза слабее, чем у зарегистрированных в российском регистре. Сопутствующие сердечно-сосудистые заболевания у пациентов региональной когорты влияют на летальность исходов COVID-19 в 2 раза слабее (у пациентов региона риск летальности повышается в 2,066 раза), чем у зарегистрированных в регистре. Достоверность выводов подтверждается путем проверки статистических гипотез и значениями коэффициентов достоверности ниже 5%-го уровня. Сделаны выводы о статистически значимом влиянии сопутствующих заболеваний на характер течения и исход COVID-19, отмечается специфика результатов, связанная с особенностями выборки и региональным компонентом.

**Ключевые слова:** COVID-19, коморбидность, полиморбидность, сопутствующие заболевания, тяжесть течения болезни, летальность, статистический анализ рисков.

*Ivanova N.V., Belov V.S., Samarkin A.I., Le M.T., Serenko M.S.*

## **IMPACT OF COMORBIDITIES IN COVID-19 ON THE RISKS OF ADVERSE OUTCOMES: REGIONAL ASPECT**

**Abstract.** The article presents the results of a study of the effect of comorbid diseases on the severity of COVID-19 in a group of 110 patients admitted to inpatient medical institutions in Pskov in 2020 – 2021, in comparison with the data of registers, Russian- and English-language scientific publications, which examined the peculiarities of infection in patients with COVID-19 against the background of chronic concomitant, comorbid and polymorbid diseases. It is shown that a regional sample of patients demonstrates increased hospital mortality (33.5% versus 7.6% according to the Russian registry of ACTIVE). Chronic respiratory diseases in patients with COVID-19 of the regional cohort affect the fatal outcome 2.7 times less than those registered in the Russian registry. Concomitant cardiovascular diseases in patients of the regional cohort affect the mortality of COVID-19 outcomes 2 times less (in patients of the region, the risk of mortality increases by 2,066 times) than in those registered in the register. The reliability of the conclusions is confirmed by checking statistical hypotheses and the values of the confidence coefficients below the 5% level. Conclusions are drawn about the statistically significant effect of concomitant diseases on the nature of the course and outcome of COVID-19, the specificity of the results associated with the characteristics of the sample and the regional component is noted.

**Keywords:** COVID-19, comorbidity, polymorbidity, concomitant diseases, severity of the disease, mortality, statistical risk analysis.

### **Введение**

В последнее время в 2020-2021 годах в мире стремительно распространяется острое респираторное заболевание, вызванное вирусом SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2) или COVID-19 (COrona VIrus Disease 2019), который сопровождается поражением верхних и нижних дыхательных путей человека с проявлениями от бессимптомной до клинически тяжелой пневмонии с развитием острой дыхательной недостаточности или острого респираторного дистресс – синдрома [1, 2].

В [3] отмечается, что вирусное заболевание COVID-19 протекает у больных существенно тяжелее при наличии у них сопутствующих патологий. Повышается уровень негативного воздействия вируса, сопровождается цитокиновым штормом, активизируются хронические патологии и, как следствие, развиваются осложнения, нежелательные лекарственные взаимодействия [4] и увеличивается летальность исходов заболевания. Данные российского регистра АКТИВ (Анализ динамики Коморбидных заболеваний у пациенТов, перенесшИх инфицироВание) SARS-CoV-2 [5], где зарегистрировано 4751 госпитализированных пациентов с COVID-19,

показывает, что уровень летальности больных с сопутствующими хроническими заболеваниями, возрос в 9,5 раз, причем это характерно для всех возрастных групп [6]. Однако, при этом установлено [7], что уровень летальности коронавирусных больных существенно выше у пациентов старших возрастных групп. Так, по данным Китайского регистра [8, 9] смертность госпитализированных COVID-пациентов составляла: для лиц моложе 70 лет – 5,3%; для людей старше 70 лет – 14,3%. В Италии также наблюдался очень высокий рост летальности COVID-больных старших возрастов [10, 11]: у больных в возрасте 70-79 лет летальность составила 31%, а для лиц 80 лет и старше – 58%. Здесь следует отметить риск тяжелого и крайне тяжелого протекания коронавирусного заболевания и неблагоприятных исходов у пациентов старших возрастных групп связан, прежде всего, со снижением у старшего поколения функций иммунной системы и физиологических резервов [7], а также с наличием у таких больных полиморбидности и коморбидности [5]. Причинами таких негативных последствий коронавирусного заболевания являются также этиологические особенности вируса SARS-CoV-2. Так, обнаружено [12], что, несмотря на ориентированность COVID-19, прежде всего, на легочную ткань, он атакует также различные органы и физиологические системы организма человека, приводя к развитию кардиологических, эндокринных и иных расстройств, в т.ч. расстройств системы кровообращения, мышечной и двигательной системы. Данные особенности вируса SARS-CoV-2 существенно отягощают состояние коронавирусных больных, страдающих хроническими легочными, сердечно-сосудистыми, эндокринными и иными патологиями.

Этот факт подтверждается данными многочисленных клинических исследований, в которых отражаются факты сильной взаимосвязи и взаимовлияния коронавирусной инфекции и сопутствующих заболеваний. Таким образом, вопросы оценки уровня внутрибольничной выживаемости пациентов с коронавирусной инфекцией и хроническими коморбидными или полиморбидными заболеваниями, являются актуальными и необходимыми для получения адекватной и достоверной картины течения вирусного заболевания COVID-19.

Заметим, что течение коронавирусной инфекции без осложнений можно представить в виде трех фаз, соответствующих типичным клиническим стадиям развития болезни – инкубационной, клинических проявлений и иммунизации [17, 24]. В случае, когда происходит персистирование вируса и его локализация в верхних дыхательных путях с последующей элиминацией, имеет место бессимптомное течение или клинический вариант ОРВИ в легкой форме. Этот сценарий имеет место у 80% заразившихся и более. Второй сценарий развития COVID-19 встречается у 20% инфицированных и сопровождается внедрением вируса в нижние дыхательные пути, виремией и прогрессированием гипериммунных реакций. У пациентов (в основном у людей старших возрастов), имеющих сопутствующие, коморбидные и полиморбидные заболевания (хронические легочные расстройства, арте-

риальная гипертония, ишемическая болезнь сердца, коагулопатии, сахарный диабет, хронические заболевания почек и печени), иммунная система не может эффективно реагировать на репликации вируса в острой фазе, и вирусное заболевание приобретает urgentный характер [19]. Отсутствие лечения либо сильная депрессия иммунитета пациента, инфицированного SARS-CoV-2, как правило, приводит к летальному исходу.

Материалы и методы исследования. Исследование основано на данных русско- и англоязычных научных публикаций, в которых рассмотрены особенности протекания инфекции у больных с COVID-19 на фоне хронических сопутствующих, коморбидных и полиморбидных заболеваний. Источниками клинических данных являлись международный регистр АКТИВ SARS-CoV-2 [5] и аналогичные национальные регистры США [13]. Китая [14], Испании [15], Италии [16]; а также публикации, описывающие патологические механизмы проникновения вируса SARS-CoV-2 в ткани органов и физиологических систем организма; статьи, характеризующие особенности повреждения внутренних органов коронавирусной инфекцией; систематизирующие обзоры, посвященные изучению условий и специфике обострения сопутствующих, коморбидных и полиморбидных заболеваний COVID-пациентов; метаанализы, освещающие результаты оценки влияния факторов риска на уровень неблагоприятного исхода на основе реальных клинических данных о смертности больных инфицированных вирусом SARS-CoV-2.

Основным аналитическим инструментарием в работе являются методы систематизации и агрегирования информации, технологии ретроспективного когортного анализа, контент-анализа и структуризации клинической и научно-аналитической информации, а также вычислительные методы статистического анализа, включающие построение моделей логит-регрессии, коэффициенты которой трактуются как повышающие или понижающие шансы летального исхода или тяжелого – среднетяжелого течения болезни. Использованные модели подвергались проверке на адекватность, коэффициенты моделей проверялись на значимость посредством проверки нулевой гипотезы о равенстве соответствующего коэффициента 0 при доверительной вероятности 95% и критическом значении коэффициента достоверности (p-value) 5%. Ввиду ограниченного объема статьи статистические выкладки в полном объеме не приводятся.

Результаты исследования. Установлено [12, 17], что гипериммунная фаза развития инфекции COVID-19 у больного с сопутствующими заболеваниями проявляется в виде ряда критичных расстройств с фатальными прогнозами их развития: острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), острая дыхательная недостаточность (ОДН), острая сердечно-сосудистая недостаточность, синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания (ДВС). Далее представим результаты исследования по двум направлениям – установление влияния сопутствующих заболеваний на уровень неблагоприятных исходов

вирусного заболевания COVID-19 в региональном масштабе и масштабах государств, прежде всего России и некоторых зарубежных стран.

**1. Региональные аспекты влияния сопутствующих заболеваний на исходы COVID-19 (по данным Псковской области).** Представляет интерес оценка степени влияния на летальность от вируса SARS-CoV-2 наличия сопутствующих заболеваний у лиц, госпитализированных с COVID-19 в отдельно взятом регионе, а именно в Псковской области. Для изучения данного вопроса была сформирована случайным образом когорта пациентов Псковской областной инфекционной больницы, перенесших коронавирусную инфекцию в 2020-2021 годах. Всего в когорту было включено 110 пациентов, имевших указания в анамнезе на наличие сопутствующих заболеваний. Средний возраст лиц в выборке – 64,5 года. Гендерная характеристика выборки: женщин/мужчин – 49%/51%. Госпитальная летальность составила 33,55% (38 пациентов).

В исследуемую выборку были включены только те пациенты, у которых в анамнезе есть сопутствующие заболевания, что позволило провести оценку степени связи между различными хроническими сопутствующими болезнями и упомянутыми видами выявленных осложнений. Анализ показал следующее. Если пациент до своего инфицирования и госпитализации имел хронические респираторные заболевания, риск летального исхода у него повышался незначительно – только в 1,3 раза (отношение шансов =1,302; 95% доверительный интервал (ДВИ) 0,438-3,872;  $p<0,01$ ). Присутствие у пациента эндокринных заболеваний (сахарный диабет 2-го типа, ожирение) до его госпитализации после инфицирования вирусом COVID-19 поднимает риск неблагоприятного исхода в 3 раза (отношение шансов =3,111; 95% ДВИ 1,263-4,665;  $p<0,01$ ). При наличии в анамнезе у пациента с SARS-CoV-2 протромботических заболеваний риск фатального исхода вырастает в 2,5 раза (отношение шансов =2,519; 95% ДВИ 0,237-26,744;  $p<0,01$ ). Наличие в анамнезе COVID-больного коморбидного кластера заболеваний сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность) увеличивает риск летальности в 2 раза (отношение шансов =2,066; 95% ДВИ 0,422-10,121;  $p<0,01$ ).

Таким образом, при анализе когорты COVID-пациентов с сопутствующими болезнями установлено, что в Псковском регионе хроническими болезнями, повышающими уровень летальности больных, инфицированных коронавирусом, являются: хронические легочные болезни, эндокринные патологии, протромботические заболевания, хронические расстройства сердечно-сосудистой системы.

**2. COVID-19 и сопутствующие заболевания в планетарном масштабе.** Далее для проведения дальнейших сопоставлений результатов обработки региональных данных приведем только те результаты анализа (по данным публикаций ряда государств, наиболее сильно пораженных коронавирусной инфекцией) влияния сопутствующих заболеваний у больных COVID-19 на уровень летальности, которые охватывают спектр сопутствующих хрониче-



ских заболеваний аналогичный рассмотренным при изучении региональной обстановки.

**2.1. COVID-19 и сопутствующие легочные заболевания.** Изучение патогенеза SARS-CoV-2 показало, что основной мишенью вируса являются альвеолоциты II типа легких [12]. Вирусная инфекция, попадая в эти клетки, выполняет функции триггера, запуская процесс высвобождения провоспалительных цитокинов из активированных макрофагов, который в последующем трансформируется в «цитокиновый шторм» на фоне гиперактивации иммунной системы организма, что способствует поражению легочной ткани, а также других органов пациента с COVID-19 [20]. Выявлено, что имеют место повышения рисков смертности у COVID-пациентов со следующими сопутствующими легочными заболеваниями:

– Острый респираторный дистресс-синдром: рост летальности более, чем в 36 раз (отношение шансов =36,667; 95% ДВИ: 27,668-48,556;  $p<0,01$ ) при распространенности среди умерших диагноза ОРДС на достаточно высоком уровне в 55,59 [5].

– Хроническая обструктивная болезнь легких: рост негативного исхода в 3,5 раза (отношение шансов =3,53; 95% ДВИ: 1,79-6,96;  $p<0,001$ ) [21].

**2.2. COVID-19 и сопутствующие патологии сердечно-сосудистой и кровеносной систем.** Основными негативными реакциями у коронавирусных пациентов с кардиологическим анамнезом являются [22, 23]: прямое вирусное повреждение кардиомиоцитов, нарушение регуляции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, патологический ответ миокарда на «цитокиновый шторм», взаимно потенцирующий иммунологический ответ, гиперкоагуляция вследствие эндотелиальной дисфункции, повышения активности тромбоцитов и фактора Виллебранда. Реагирование сердечно-сосудистой, кровеносной систем на инвазию вируса SARS-CoV-2 в клетки организма человека вызывают в конечном итоге нарушение структурной целостности миокарда, перикарда и проводящей системы, сопровождается ростом уровней тропонина и N-концевого пропептида натрийуретического гормона, являющихся лабораторными маркерами кардиологической патологии [18, 24]. Установлено, что при наличии у коронавирусных больных сопутствующих сердечно-сосудистой патологии риски летальности от них увеличиваются следующим образом (приведем только данные, которые сопрягаются с региональными сведениями):

– Артериальная гипертония: рост неблагоприятных исходов в 3 раза ((отношение шансов =3,123; 95% ДВИ: 12,324-4,198;  $p<0,001$ ) [5].

– Ишемическая болезнь сердца: повышение летальности почти в 4 раза (отношение шансов =3,829; 95% ДВИ: 3,032-4,836;  $p<0,001$ ) [5].

– Хроническая сердечная недостаточность: увеличение фатальных исходов в 6,72 раза (отношение шансов =6,72; 95% ДВИ: 3,34-13,52;  $p<0,001$ ) [25].

В случае присутствия в анамнезе у COVID-больных хронических протромботических заболеваний также наблюдается повышения уровня смертности, а именно:

– Тромбоэмболия легочной артерии: увеличение летальных исходов почти в 18 раз (отношение шансов =17,877; 95% ДвИ: 8,877-36,832;  $p<0,01$ ) [5].

– Инсульт: рост смертности более, чем в 12,5 раз (отношение шансов =12,665; 95% ДвИ: 5,643-28,425;  $p<0,01$ ) [5].

– Тромбоз глубоких вен: повышение летальности в 2,3 раза (отношение шансов =2,305; 95% ДвИ: 0,668-7,953;  $p<0,17$ ) [5].

Достаточно сильно влияние на рост уровень смертности пациентов, инфицированных вирусом SARS-CoV-2, оказывают коморбидные сочетания сопутствующих кардиологических болезней, в частности такие, как:

– Сочетание «Артериальная гипертензия – хроническая сердечная недостаточность»: увеличение неблагоприятных исходов почти в 4 раза (отношение шансов =3,963; 95% ДвИ: 3,022-5,197;  $p<0,01$ ) [5].

– Сочетание «Артериальная гипертония – Ишемическая болезнь сердца – Хроническая сердечная недостаточность»: рост смертности 4 раза (отношение шансов =4,082; 95% ДвИ: 3,054-5,455;  $p<0,01$ ) [5].

**2.3. COVID-19 и сопутствующие эндокринные болезни.** Расстройства эндокринной системы имеются в среднем у 30% больных, инфицированных SARS-CoV-2 [17]. В работах [18, 41] отмечается, что повышенный риск развития COVID-инфекции у пациентов с сахарным диабетом обусловлен нарушениями иммунитета в связи с гипергликемией, резким нарушением углеводного обмена. Иммунная система пациентов с ожирением постоянно активна и, как следствие, она хуже справляется с коронавирусной инфекцией, особенно при формировании системного воспалительного ответа. Это приводит к существенному повышению тяжести протекания COVID-19 [26]. Анализ данных регистра АКТИВ [5], показал, что наличие в анамнезе коронавирусных пациентов сопутствующе эндокринной патологии, сопровождаемой к тому же хроническими является отягчающим фактором увеличения риска летальности, а именно:

– Сахарный диабет 1-го типа: увеличение уровня смертности в 3,8 раза (отношение шансов =3,79; 95% ДвИ: 1,228-11,691;  $p<0,001$ ) [5].

– Сахарный диабет 2-го типа: увеличение летальности более, чем в 2,5 раза (отношение шансов =2,659; 95% ДвИ: 2,089-3,386;  $p<0,001$ ) [5].

– Сочетание «Сахарный диабет – Ожирение – Сердечно-сосудистые заболевания»: повышение уровня неблагоприятных исходов более, чем в 2 раза (отношение шансов =2,242; 95% ДвИ: 1,595-3,151;  $p<0,01$ ) [5].

– Сочетание «Сахарный диабет – Артериальная гипертония – Ишемическая болезнь сердца – Хроническая сердечная недостаточность»: рост фатальных исходов более, чем в 4 раза (отношение шансов =4,215; 95% ДвИ: 2,784-6,382;  $p<0,01$ ) [5].

– Сочетание «Артериальная гипертония – Ишемическая болезнь сердца – Хроническая сердечная недостаточность – Ожирение»: повышение уровня летальности в 3,8 раза (отношение шансов =3,869; 95% ДвИ: 2,578-5,806;  $p<0,01$ ) [5].

Сопоставление результатов и обсуждение. Сопоставление региональные аспекты влияния сопутствующих заболеваний на летальность при SARS-CoV-2 с данными регистра АКТИВ [5], показало, что средний возраст лиц, учтенных в региональной когорте, составляет 64,5 года, что практически соответствует среднему возрасту (63,4 года) пациентов, учтенных в регистре АКТИВ. Гендерное распределение COVID-больных также близко: данные региона, женщин/мужчин 49%/51%, данные регистра АКТИВ – 54%/46%. Госпитальная летальность: данные региональной когорты – 33,55%; данные регистра АКТИВ – 7,6%. Превышение летальности больных COVID-19 в регионе почти в 5 раз, скорее всего, обусловлено фактором случайности выборки и нахождением в Псковской областной инфекционной больнице контингента больных с тяжелыми и крайне тяжелыми формами течения COVID – 19.

Наличие в анамнезе региональных COVID-больных сопутствующих заболеваний также повышает риск летальности, как и у коронавирусных пациентов, зарегистрированных в регистре АКТИВ. Однако их влияние на риск неблагоприятного исхода разное. Хронические респираторные заболевания у пациентов с COVID-19 региональной когорты влияют на фатальный исход в 2,7 раза слабее, чем у зарегистрированных в регистре АКТИВ (увеличение риска летальности в 1,302 раза на региональном уровне против 3,53). Наличие эндокринных заболеваний у пациентов когорты региона повышает риск летального исхода в 3,11 раза, что в целом близко к выше представленным данным регистра АКТИВ (Сахарный диабет 1-го типа повышает риск летальности в 3,79 раза, а Сахарный диабет 2-го типа – в 2,659 раз). Сопутствующие сердечно-сосудистые заболевания у пациентов региональной когорты влияют на летальность при COVID-19 меньше (повышение в 2,066 раза), чем у учтенных в реестре АКТИВ (риск летальности повышается от 3,869 до 4,082 раз).

Выводы. Наличие коморбидности и полиморбидности у пациентов, инфицированных вирусом SARS-CoV-2, является одним из значимых факторов риска летальных исходов инфекционного заболевания и предиктором неблагоприятного прогноза развития COVID-19. Наличие в анамнезе у пациентов до их инфицирования коронавирусом таких заболеваний, как хроническая сердечная недостаточность, артериальная гипертония, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, ожирение, инсульт увеличивает риск летальности от новой коронавирусной инфекции в 4 и более раз.

Можно отметить, что данные по Псковской области в целом коррелируют с данными остальных регионов России и России в целом. Это позволяет рассматривать область в качестве модельного региона для проведения последующих исследований. Вместе с тем, наблюдаются и некоторые особенности (ряд сопутствующих и коморбидных заболеваний оказывают меньшее влияние на риски летальности и тяжести течения заболевания, по сравнению к тем данным, которые доступны в общероссийских базах учета COVID-больных). По мнению авторов, такое расхождение может быть связано

с улучшением лечебно-диагностической базы в Псковском регионе (так, в 2020 году введена в эксплуатацию современная инфекционная больница областного масштаба), особенностями выборки, в которой присутствовали пациенты второй волны, лечение которых происходило по обновленным протоколам.

С другой стороны, уровень госпитальной летальности инфицированных вирусом SARS-CoV-2 по регистру АКТИВ [5] составил 7,6%, в то же время по данным региональной когорты – 33,55%. Такой разброс в данных по летальности, по-видимому, обусловлен тем, что в специализированные медицинские организации региона госпитализировались пациенты с наиболее тяжелым течением COVID-19.

В настоящее время прогностическая значимость новой коронавирусной инфекции при сердечно-сосудистых заболеваниях, хронической легочной патологии, сахарном диабете в отдаленном периоде не установлена и требует проспективного наблюдения за рековалесцентами. В дальнейшем предполагается:

- Увеличение объема выборки как по госпитализированным пациентам, так и по пациентам, перенесшим заболевание амбулаторно.
- Применение дробной шкалы для характеристики степени тяжести течения заболевания и коморбидных заболеваний, вместо применяемой дихотомической.
- Более подробный учет осложнений после COVID-19, в том числе при длительном наблюдении после выписки.

### Список литературы

1. Brugliera L., Spina A., Castellazzi P. et al. Rehabilitation of COVID-19 patients. *J Rehabil Med.* 2020; 52 (4): jrm00046. DOI: 10.2340/16501977-2678.
2. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report — 48. World Health Organization. [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200308-sitrep-48-covid-19.pdf?sfvrsn=16f7ccef\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200308-sitrep-48-covid-19.pdf?sfvrsn=16f7ccef_4). (Дата обращения: 24.10.2021).
3. Wang D., Hu B., Hu C., et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA.* 2020; 323 (11): 1061-1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585.
4. Baumann T., Delgado J., Montserrat E. CLL and COVID-19 at the Hospital Clinic of Barcelona: an interim report. *Leukemia.* 2020; 34: 1–3.
5. Арутюнов Г. П., Тарловская Е. И., Арутюнов А. Г., и др. Международный регистр “Анализ динамики Коморбидных заболеваний у пациентов, перенесших инфицирование SARS-CoV-2” (АКТИВ SARS-CoV-2): анализ предикторов неблагоприятных исходов острой стадии новой коронавирусной инфекции. *Российский кардиологический журнал.* 2021; 26(4): 4470.]] DOI:10.15829/1560-4071-2021-4470.
6. Ruan Q., Yang K., Wang W., Jiang L., Song J. Clinical predictors of mortality due to COVID-19 based on an analysis of data of 150 patients from Wuhan, China.

Intensive Care Med. 2020; 46 (5): 846-848. DOI: 10.1007/s00134-020-05991-x.

7. Ткачева О.Н., Котовская Ю.В., Алексанян Л.А., и др. Новая коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 у пациентов пожилого и старческого возраста: особенности профилактики, диагностики и лечения. Согласованная позиция экспертов Российской ассоциации геронтологов и гериатров. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020; 19 (3): 2601. DOI: 10.15829/1728-8800-2020-2601.

8. Chinese Center for Control and Prevention. <http://www.chinacdc.cn/en/COVID19/>. (Дата обращения: 24.10.2021).

9. Vital Surveillances: The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) — China, 2020 <http://weekly.chinacdc.cn/en/article/id/e53946e2-c6c4-41e9-9a9b-fea8db1a8f51/> (access date: 28 August 2021).

10. Remuzzi A., Remuzzi G. COVID-19 and Italy: what next? *Lancet*. 2020; 395 (10231): 1225-8. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30627-9.

11. Porcheddu R., Serra C., Kelvin D., Kelvin N., Rubino S. Similarity in Case Fatality Rates (CFR) of COVID-19/SARS-COV-2 in Italy and China. *J Infect Dev Ctries*. 2020; 14 (2): 125-128. DOI: 10.3855/jidc.12600.

12. Бубнова М.Г., Шляхто Е.В., Аронов Д.М., и др. Новая коронавирусная инфекционная болезнь COVID-19: особенности комплексной кардиологической и респираторной реабилитации. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26 (5): 4487. DOI:10.15829/1560-4071-2021-4487.

13. National Institute for Health and Care Excellence, Royal College of General Practitioners, Healthcare Improvement Scotland SIGN. COVID-19 rapid guideline: managing the longterm effects of COVID-19. London: National Institute for Health and Care Excellence, 2020. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng188> (access date: 18 Dec. 2020).

14. Глыбочко П.В., Фомин В.В., Авдеев С.Н., и др. Клиническая характеристика 1007 больных тяжелой SARS-CoV-2 пневмонией, нуждавшихся в респираторной поддержке. *Клиническая фармакология и терапия*. 2020; 29 (2): 21-9. DOI:10.32756/0869-5490-2020-2-21-29.

15. Zhang H., Penninger J.M., Li Y., Zhong N., Slutsky A.S. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) as a SARS-CoV-2 receptor: molecular mechanisms and potential therapeutic target. *Intensive Care Med*. 2020; 46 (4): 586-590. DOI: 10.1007/s00134-020-05985-9.

16. Zhou P., Yang X.L., Wang X.G., et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020; 579 (7798): 270-273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7.

17. Митьковская Н., Григоренко Е., Рузанов Д., Статкевич Т. Коронавирусная инфекция COVID-19 и коморбидность. *Наука и инновации*. 2020; 7: 50-60. [DOI: 10.29235/1818-9857-2020-7-50-60.

18. Ling L., Lianfeng L., Wei C., Taisheng L. Hypothesis for potential pathogenesis of SARS-CoV-2 infection—a review of immune changes in patients with viral pneumonia. *Emerg Microbes Infect*. 2020; 9(1): 727-732. DOI: 10.1080/22221751.2020.1746199.

19. Siddiqui H.K., Mehra M.R. COVID-19 Illness in Native and Immunosuppressed States: A Clinical-Therapeutic Staging Proposal. *J Heart Lung Transplant*. 2020; 25. DOI: 10.1016/j.healun.2020.03.012.

20. Самсонова М.В., Черняев А.Л., Омарова Ж.Р., и др. Особенности патологической анатомии легких при COVID-19. *Пульмонология*. 2020; 30 (5): 519-32. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-519-532.

21. Parohan M., Yaghoubi S., Seraji A., Javanbakht M.H., Sarraf P., Djalali M. Risk factors for mortality in patients with Coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Aging Male*. 2020; 23 (5): 1416-24. DOI:10.1080/13685538.2020.1774748.

22. Бунова С. С., Охотникова П. И., Скирденко Ю. П., и др. COVID-19 и сердечно-сосудистая коморбидность: поиск новых подходов к снижению смертности. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021; 20 (4): 2953. DOI:10.15829/1728-8800-2021-2953.

23. Бубнова М.Г., Аронов Д.М. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания: от эпидемиологии до реабилитации. *Пульмонология*. 2020; 30 (5): 688–699. [Bubnova M.G., Aronov D.M. COVID-19 and cardiovascular diseases: from epidemiology to rehabilitation. *Pul'monologiya*. 2020; 30 (5): 688–699 (in Russ.)] DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-688-699.

24. Siripanthong B., Nazarian S., Muser D., Deo R., Santangeli P., Khanji M.Y., Cooper L.T. Jr, Chahal C.A.A. Recognizing COVID-19 — related myocarditis: The possible pathophysiology and proposed guideline for diagnosis and management. *Hear Rhythm*. 2020; 17 (9): 1463-71. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.05.001.

25. Hessami A., Shamshirian A., Heydari K., Pourali F., Alizadeh-Navaei R., Moosazadeh M., Abrotan S., Shojaie L., Sedighi S., Shamshirian D., Rezaei N. Cardiovascular diseases burden in COVID-19: Systematic review and metaanalysis. *Am J Emerg Med*. 2020. DOI:10.1016/j.ajem.2020.10.022.

26. Finer N., Garnett S.P., Bruun J.M. COVID-19 and obesity. *Clin Obes*. 2020; 10 (3): 12365. DOI: 10.1111/cob.12365.

### Сведения об авторах

**Иванова Наталья Владимировна**, доктор медицинских наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой клинической медицины, ФГБУ ВО «Псковский государственный университет», Псков, Россия; e-mail: zdravuniver@inbox.ru

**Белов Владимир Семенович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской информатики и кибернетики, ФГБУ ВО «Псковский государственный университет», Псков, Россия; e-mail: zdravuniver@inbox.ru

**Самаркин Александр Иванович**, кандидат технических наук, доцент, Кафедра медицинской информатики и кибернетики, ФГБУ ВО «Псковский государственный университет», Псков, Россия; e-mail: zdravuniver@inbox.ru

**Ле М.Т.**, ФГБУ ВО «Псковский государственный университет», Псков, Россия;

**Серенко М.С.**, ФГБУ ВО «Псковский государственный университет», Псков, Россия;



УДК: 61.612

*Мартюшев-Поклад А.В., Янкевич Д.С.,  
Савицкая Н.Г., Петрова М.В.*

## **НЕИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В БОРЬБЕ С COVID-19 С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ 4П-МЕДИЦИНЫ**

**Аннотация.** COVID-19 стал испытанием для систем здравоохранения всего мира, их диагностцентрированной организационной модели.

Неэффективность модели определяет потребность обращения к возможностям 4П-медицины. В обзоре проанализированы инструменты 4П-медицины, перспективные в борьбе с COVID-19 и имеющие основания для использования.

Повышенный риск тяжёлого течения COVID-19 связан с универсальными механизмами возрастзависимых заболеваний: хроническим воспалением, инсулинорезистентностью, митохондриальной дисфункцией. Поэтому в снижении риска следует активно популяризировать и использовать клинически и экономически эффективные и безопасные меры по коррекции рациона и режима питания, восполнению нутриентов, удовлетворению потребностей в физической активности и сне. Все они доступны в форме самопомощи, поэтому должны снизить не только смертность, но и нагрузку на систему здравоохранения. Подходы 4П-медицины можно рассматривать как необходимое дополнение к методам иммунопрофилактики COVID-19.

**Ключевые слова:** COVID-19, профилактика, 4П-медицина, возрастзависимые заболевания, хроническое воспаление, инсулинорезистентность, митохондриальная дисфункция, факторы образа жизни

*Martyushev-Poklad A.V., Yankevich D.S., Savitskaya N.G, Petrova M.V.*

## **MISSED OPPORTUNITIES IN CONTROL OF COVID-19: A P4 MEDICINE PERSPECTIVE**

**Abstract.** COVID-19 is a challenge for the world's health systems and their underlying diagnosis-centered organizational model. Ineffectiveness of this model prompts a closer attention to opportunities of P4 medicine. This review explores promising instruments of P4 medicine that have been validated in managing COVID-19.

Increased risks of severe COVID-19 are linked to common mechanisms of age-related diseases: chronic inflammation, insulin resistance, and mitochondrial dysfunction. Hence, the relevant lifestyle interventions merit active promotion and use: namely, healthy nutrition and meal timing, replenishing of nutrients, meeting personal needs in physical exercise and sleep. They are clinically and cost-effective, safe, and available through self-help; therefore, they can both reduce COVID-19-related mortality and burden on the healthcare. The interventions of P4 medicine can be seen as a necessary supplement to vaccination against COVID-19.

**Keywords:** COVID-19, prevention, P4 medicine, age-related diseases, chronic inflammation, insulin resistance, mitochondrial dysfunction, lifestyle interventions

## Введение

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) представляет собой бесспорную медицинскую проблему, тест на прочность для систем здравоохранения. Можно утверждать, что испытание на прочность проходят реактивная диагнозцентрированная организационная модель медицинской деятельности и лежащая в её основе биомедицинская научная парадигма современного здравоохранения.

Ещё до объявленной пандемии COVID-19 была очевидна неэффективность диагнозцентрированной организационной модели медицинской деятельности в борьбе с хроническими заболеваниями и потребность в активном внедрении дополняющей её персоно-(пациент-) центрированной моделью здоровьесбережения [1].

Арсенал средств, используемых для борьбы с COVID-19, профилактики и лечения, чётко определён:

- в качестве противозидемических и санитарно-гигиенических мероприятий (для ограничения распространения вируса) используются средства индивидуальной защиты (маски, перчатки), средства дезинфекции, социальная дистанция, самоизоляция, ограничение передвижения и т.п.);
- для специфической профилактики используется иммунизация (вакцинация) – повышение специфического иммунитета к возбудителю; она не предупреждает заражения, но снижает риски тяжёлого течения и смертности;
- в качестве этиотропного лечения используются противовирусные средства, препараты интерферона-альфа и индукторы интерферонов, в некоторых случаях – нейтрализующие моноклональные антитела;
- средства симптоматической терапии осложнений (антиромботические, антибактериальные, антицитокинные препараты, средства компенсации дыхательной недостаточности и т.д.).

Этот арсенал логичен с точки зрения диагнозцентрированной организационной модели, и в её рамках возможные дополнения могут касаться лишь новых фармакологических средств.

Достаточно ли предложенных подходов для эффективной борьбы с инфекцией? Как показывает практика, недостаточно: ни смертность от инфекции, ни частота осложнений значимо не снижаются, нагрузка на системы здравоохранения остается высокой.

Цель настоящего обзора – проанализировать спектр возможных дополнительных инструментов снижения рисков тяжёлого течения COVID-19 с точки зрения биоПСИХОСОЦИАЛЬНОЙ научной парадигмы и персоноцентрированной организационной модели управления здоровьем. Они основаны на представлениях системной биологии, понимании универсальных механизмов развития тяжёлых форм и осложнений COVID-19, а также преобладающей роли факторов образа жизни и активного участия самого пациента в определении прогноза заболевания. Практическим воплощением модели служит 4П-медицина. Этот подход, заявивший о себе в начале 2000-х го-

дов, вошёл в Стратегию развития медицинской науки в РФ до 2025 года. Он сочетает: 1) выявление факторов риска и ранних признаков нарушения здоровья и их использование в принятии решений (предиктивность), 2) акцент на меры профилактики и изменение образа жизни (превентивность), 3) максимальную персонализацию в выборе методов лечения и профилактики, а также 4) активное вовлечение пациента в управление своим здоровьем (партисипативность).

**Материал и методы.** Был произведён поиск в базах данных PubMed и Google Scholar по ключевым словам “covid-19 severity” в сочетании с терминами, относящимися к механизмам развития возрастзависимых заболеваний (‘chronic inflammation’, ‘insulin resistance’, ‘mitochondrial dysfunction’), а также к известным ключевым факторам хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ): ‘chronic stress’, ‘sleep deprivation’, ‘fast food’, ‘fructose’, ‘vitamin D’, ‘intermittent fasting’, ‘physical inactivity’ и т.п. Из найденных статей были выбраны наиболее подходящие с точки зрения уровня доказательности и системности данных.

**Результаты.** В англоязычных публикациях последних двух лет немало клинических данных и систематических обзоров, посвящённых роли ключевых механизмов развития возрастзависимых заболеваний в патогенезе тяжёлого течения и осложнений COVID-19.

Прежде всего, речь идёт о признанных факторах риска, таких как хроническое системное воспаление [3, 4], гиперинсулинемия [5], инсулинорезистентность [6, 7], митохондриальная дисфункция [8, 9], нарушение микробиоты [9]. Ведущая роль этих механизмов в развитии тяжёлых форм и осложнений COVID-19 не вызывает сомнений.

Неудивительно, что лица с неблагоприятными факторами образа жизни (курение, низкая физическая активность, ожирение, злоупотребление алкоголем) имеюткратно более высокий риск тяжёлого течения, требующего госпитализации, чем те, кто ведёт оптимальный образ жизни [10, 11]. На риск более тяжёлого и длительного течения также значительно влияет психосоциальный стресс [12] и депривация сна [13].

С точки зрения биопсихосоциальной парадигмы и принципов 4П-медицины, наиболее естественным подходом к профилактике тяжёлого течения заболевания служит выявление и коррекция индивидуальных факторов, способствующих развитию функциональных дисбалансов – в первую очередь, устранение повреждающих факторов, восполнение нутритивных или иных дефицитов естественных потребностей (в том числе в движении, сне). Эти принципы требуют активного вовлечения пациента для коррекции поведения, направленного на осознанное управление своим здоровьем.

Данные литературы показывают, что многие инструменты 4П-медицины имеют качественную доказательную базу эффективности, позволяющую активно их использовать в профилактике тяжёлого течения COVID-19.

Нами были найдены следующие практические инструменты, эффективные в профилактике тяжёлого течения и осложнений COVID-19.

### 1. Меры, связанные с питанием:

- Отказ от фастфуда и продуктов с высоким содержанием простых углеводов – прежде всего, фруктозы [14, 15]. Снижение содержания фруктозы в рационе позволяет быстро и значительно снизить активность системного воспаления, характерную для метаболического синдрома.

- Восполнение недостатка витамина D<sub>3</sub> (важнейшего прогормона, необходимого для эффективного функционирования, в частности, иммунной системы и поддержания митохондриальной функции) [16, 17]. Рекомендуемая зарубежными авторами суточная поддерживающая доза витамина D<sub>3</sub> составляет 5000 МЕ: она позволяет восполнить или предотвратить недостаточность, характерную для 80-90% населения.

- Интервальное голодание, удлинение пищевой паузы [18, 19] способствует снижению гиперинсулинемии и инсулинорезистентности, снижению избыточной массы тела, восстановлению метаболической гибкости, улучшению функций иммунной системы.

- Низкоуглеводный рацион, обеспечивающий состояние физиологического кетоза («кетогенная диета»), позволяет не только эффективно снижать избыточную массу тела, устранять гиперинсулинемию и инсулинорезистентность, но также повышает когнитивные функции и ускоряет восстановление после перенесённой болезни [20, 21].

- К фитонутриентам, обладающим широким спектром профилактических и лечебных эффектов в отношении осложнений коронавирусной инфекции, относятся дигидрокверцетин, берберин, куркумин, резвератрол, сульфорафан [22, 23].

- Снижению избыточного воспаления, присущего тяжёлому течению коронавирусной инфекции, способствует ограничение в рационе омега-6 жиров (прежде всего, рафинированных растительных масел) и восполнение недостатка омега-3 жирных кислот [24].

- Для поддержания нормальной микробиоты при COVID-19 целесообразно употребление ферментированных овощей [25].

### 2. Меры, связанные с физической активностью:

Физическая активность оказывает выраженное положительное действие на метаболический и когнитивный статус, иммунную систему и, соответственно, снижает риски тяжёлого течения и осложнений COVID-19 [26-28]. Полезен весь спектр упражнений: аэробные, кардио-, силовые, на поддержание гибкости и равновесия.

### 3. Меры, связанные со сном:

Полноценный сон – это критически важный фактор поддержания метаболического, когнитивного здоровья и иммунитета. Это обстоятельство во многом связано с широким спектром противовоспалительных и антиоксидантных свойств мелатонина. В условиях коронавирусной инфекции недостаток выработки мелатонина, который развивается в процессе старения и при нарушении режима сна, выступает дополнительным фактором риска тяжёлого течения и развития осложнений заболевания. Нормализация эн-

догенной выработки мелатонина требует системного подхода; восполнение недостатка с помощью препаратов мелатонина экономически доступно и может быть перспективным в преодолении осложнений заболевания [29].

**Обсуждение.** Опыт почти 2-летней борьбы с COVID-19 подчеркнул все ограничения диагностцентрированной организационной модели:

- слишком позднее, реактивное вмешательство,
- использование относительно малоэффективных симптоматических средств и игнорирование психосоциальных и поведенческих факторов,
- неизбежный дефицит ресурсов (врачей, коек, аппаратуры, лекарств).

Почему можно говорить о заведомо недостаточной эффективности используемых инструментов? Потому, что исход любой инфекции, не относящейся к категории особо опасных, определяется далеко не только фактом попадания вируса в организм: существуют массовые случаи бессимптомного инфицирования и лёгкого течения. Исход определяется адекватностью ответа организма на инфекцию: эффективностью слизистых барьеров, быстрого (врождённого) иммунного ответа, адаптивного иммунного ответа, противовоспалительных механизмов, компенсаторных возможностей критически важных систем организма.

Все перечисленные факторы ответа организма – это отражение состояния общего здоровья человека, активности общих механизмов, лежащих в основе возрастзависимых заболеваний. Наиболее важные из них – это хроническое системное воспаление, инсулинорезистентность и митохондриальная дисфункция [3-9].

Факторы риска тяжёлого течения COVID-19 полностью совпадают с факторами риска возрастзависимых хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ). Согласно международному консенсусу, на 80% риски смертности от ХНИЗ поддаются модификации. Следовательно, на 80% поддаются модификации и риски тяжёлого течения инфекции. Непонятно, почему об этом практически ничего не говорится организаторами здравоохранения и представителями государственных органов.

При бесспорной эффективности вакцинации в части решения задач снижения риска тяжёлого течения COVID-19 представляется в корне неправильным тезис о том, что «вакцинация – это единственный способ снижения риска тяжёлого течения и осложнений». Также неверно, что это самостоятельный способ профилактики. Из-за доминирования этого тезиса возникают серьёзные проблемы:

- население не получает достоверной и полноценной информации о доступных, эффективных и безопасных способах профилактики COVID-19, в том числе реализуемых в порядке само- и взаимопомощи;
- не достигаются цели значительного снижения риска тяжёлого течения и смертности от ковида, уменьшения нагрузки на систему здравоохранения;
- формируется недоверие населения к системе здравоохранения и органам власти из-за подспудного ощущения недосказанности, конфликта интересов – что выражается, в частности, в «антипрививочном движении»;

– не формируется понимание того, что, с одной стороны, для укрепления здоровья требуются длительные планомерные усилия, а с другой – правильные ежедневные действия позволяют снижать риски не только тяжёлого течения COVID-19, но и большинства хронических заболеваний и других возможных угроз, подобных новому коронавирусу.

Риски тяжёлого течения COVID-19, а также постковидные осложнения можно и нужно корректировать в том числе теми же средствами, что используются в профилактике ХНИЗ, а именно – с помощью подходов 4П-медицины. В настоящем обзоре перечислены ключевые инструменты профилактики, внедрение которых не требует значительных ресурсов, но способно качественно изменить эпидемиологическую ситуацию, нагрузку на систему здравоохранения и смертность.

Необходимо напомнить, что в основе 4П-медицины лежит биопсихосоциальная научная парадигма и превентивная персонифицированная организационная модель медицинской деятельности. Эта модель позволяет преодолеть ограничения преобладающей диагностически ориентированной модели за счёт дополнения её следующими атрибутами:

- раннее, проактивное вмешательство на доклиническом, донозологическом этапе;
- использование наиболее результативных и экономически эффективных средств профилактики возрастзависимых заболеваний;
- максимальное использование ресурсов (сил и времени) пациента за счёт его обучения управлению своим здоровьем.

Перечисленные в настоящем обзоре мероприятия следует рассматривать не как альтернативу, а как необходимое дополнение к официальным мерам борьбы с коронавирусной инфекцией, способное восполнить пробелы последних и помочь в преодолении демографических и социально-экономических последствий COVID-19.

### Список литературы

1. Мартюшев-Поклад А.В., Янкевич Д.С., Пантелеев С.Н. и др. Состояние классических средств информатизации здравоохранения и организационная модель медицинской помощи: возможности для развития. Врач и информационные технологии, 2020; S5: 6-16. DOI 10.37690/1811-0193-2020-5-6-16.
2. «Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 13 (14.10.2021)» (утв. Минздравом России)
3. Furman D, Campisi J, Verdin E, et al. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nat Med.* 2019 Dec;25(12):1822-1832. doi: 10.1038/s41591-019-0675-0.
4. Kim J, Nam JH. Insight into the relationship between obesity-induced low-level chronic inflammation and COVID-19 infection. *Int J Obes (Lond).* 2020 Jul;44(7):1541-1542. doi: 10.1038/s41366-020-0602-y.
5. Montefusco L, Ben Nasr M, D’Addio F, et al. Acute and long-term disruption of



glycometabolic control after SARS-CoV-2 infection. *Nat Metab.* 2021 Jun;3(6):774-785. doi: 10.1038/s42255-021-00407-6.

6. Finucane FM, Davenport C. Coronavirus and Obesity: Could Insulin Resistance Mediate the Severity of Covid-19 Infection? *Front Public Health.* 2020 May 12;8:184. doi: 10.3389/fpubh.2020.00184.

7. Santos A, Magro DO, Evangelista-Poderoso R, et al. Diabetes, obesity, and insulin resistance in COVID-19: molecular interrelationship and therapeutic implications. *Diabetol Metab Syndr.* 2021 Mar 1;13(1):23. doi: 10.1186/s13098-021-00639-2.

8. Moreno Fernández-Ayala DJ, Navas P, López-Lluch G. Age-related mitochondrial dysfunction as a key factor in COVID-19 disease. *Exp Gerontol.* 2020 Dec;142:111147. doi: 10.1016/j.exger.2020.111147.

9. Saleh J, Peyssonnaud C, Singh KK, Edeas M. Mitochondria and microbiota dysfunction in COVID-19 pathogenesis. *Mitochondrion.* 2020 Sep;54:1-7. doi: 10.1016/j.mito.2020.06.008.

10. Hamer M, Kivimäki M, Gale CR, Batty GD. Lifestyle risk factors, inflammatory mechanisms, and COVID-19 hospitalization: A community-based cohort study of 387,109 adults in UK. *Brain Behav Immun.* 2020 Jul;87:184-187. doi: 10.1016/j.bbi.2020.05.059.

11. Arena R, Bond S, Calvo IR, et al. Shelter from the cytokine storm: Healthy living is a vital preventative strategy in the COVID-19 era. *Prog Cardiovasc Dis.* 2021 Jun 18:S0033-0620(21)00066-9. doi: 10.1016/j.pcad.2021.06.008.

12. Thomason ME, Hendrix CL, Werchan D, Brito NH. Social determinants of health exacerbate disparities in COVID-19 illness severity and lasting symptom complaints. *medRxiv [Preprint].* 2021 Jul 19:2021.07.16.21260638. doi: 10.1101/2021.07.16.21260638.

13. Huang B, Niu Y, Zhao W, Bao P, Li D. Reduced Sleep in the Week Prior to Diagnosis of COVID-19 is Associated with the Severity of COVID-19. *Nat Sci Sleep.* 2020 Nov 12;12:999-1007. doi: 10.2147/NSS.S263488.

14. Vazirani AA. COVID-19, an Incentive to Tackle Sugar in Hospitals and at Home. *J Endocr Soc.* 2021 Mar 6;5(6):bvab037. doi: 10.1210/jendso/bvab037.

15. Federico A, Rosato V, Masarone M, Torre P, Dallio M, Romeo M, Persico M. The Role of Fructose in Non-Alcoholic Steatohepatitis: Old Relationship and New Insights. *Nutrients.* 2021 Apr 16;13(4):1314. doi: 10.3390/nu13041314.

16. Grant WB, Lahore H, McDonnell SL, Baggerly CA, French CB, Aliano JL, Bhattoa HP. Evidence that Vitamin D Supplementation Could Reduce Risk of Influenza and COVID-19 Infections and Deaths. *Nutrients.* 2020 Apr 2;12(4):988. doi: 10.3390/nu12040988.

17. Aslan MT, Aslan İÖ, Özdemir Ö. Letter to the Editor: Is Vitamin D One of the Key Elements in COVID-19 Days? *J Nutr Health Aging.* 2020;24(9):1038-1039. doi: 10.1007/s12603-020-1413-5.

18. Ealey KN, Phillips J, Sung HK. COVID-19 and obesity: fighting two pandemics with intermittent fasting. *Trends Endocrinol Metab.* 2021 Sep;32(9):706-720. doi: 10.1016/j.tem.2021.06.004.

19. Hannan MA, Rahman MA, Rahman MS, Sohag AAM, Dash R, Hossain KS, Farjana M, Uddin MJ. Intermittent fasting, a possible priming tool for host defense against SARS-CoV-2 infection: Crosstalk among calorie restriction, autophagy and immune response. *Immunol Lett.* 2020 Oct;226:38-45. doi: 10.1016/j.imlet.2020.07.001.
20. Paoli A, Gorini S, Caprio M. The dark side of the spoon – glucose, ketones and COVID-19: a possible role for ketogenic diet? *J Transl Med.* 2020 Nov 20;18(1):441. doi: 10.1186/s12967-020-02600-9.
21. Gangitano E, Tozzi R, Gandini O, et al. Ketogenic Diet as a Preventive and Supportive Care for COVID-19 Patients. *Nutrients.* 2021 Mar 20;13(3):1004. doi: 10.3390/nu13031004.
22. Haslberger AG, Jakob U, Hippe B, Karlic H. Mechanisms of selected functional foods against viral infections with a view on COVID-19; Mini review. *Functional Foods in Health and Disease.* 2020; 10(5);195-209. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v10i5.707>
23. Bousquet J, Cristol JP, Czarlewski W, et al. Nrf2-interacting nutrients and COVID-19: time for research to develop adaptation strategies. *Clin Transl Allergy.* 2020 Dec 3;10(1):58. doi: 10.1186/s13601-020-00362-7.
24. Arnardottir H, Pawelzik SC, Öhlund Wistbacka U, et al. Stimulating the Resolution of Inflammation Through Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in COVID-19: Rationale for the COVID-Omega-F Trial. *Front Physiol.* 2021 Jan 11;11:624657. doi: 10.3389/fphys.2020.624657.
25. Bousquet J, Anto JM, Czarlewski W, et al. Cabbage and fermented vegetables: From death rate heterogeneity in countries to candidates for mitigation strategies of severe COVID-19. *Allergy.* 2021 Mar;76(3):735-750. doi: 10.1111/all.14549.
26. Ekblom-Bak E, Väisänen D, Ekblom B, et al. Cardiorespiratory fitness and lifestyle on severe COVID-19 risk in 279,455 adults: a case control study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2021 Oct 19;18(1):135. doi: 10.1186/s12966-021-01198-5.
27. Zbinden-Foncea H, Francaux M, Deldicque L, Hawley JA. Does High Cardiorespiratory Fitness Confer Some Protection Against Proinflammatory Responses After Infection by SARS-CoV-2? *Obesity (Silver Spring).* 2020 Aug;28(8):1378-1381. doi: 10.1002/oby.22849.
28. Sallis R, Young DR, Tartof SY, Sallis JF, Sall J, Li Q, Smith GN, Cohen DA. Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. *Br J Sports Med.* 2021 Oct;55(19):1099-1105. doi: 10.1136/bjsports-2021-104080.
29. Shneider A, Kudriavtsev A, Vakhrusheva A. Can melatonin reduce the severity of COVID-19 pandemic? *Int Rev Immunol.* 2020;39(4):153-162. doi: 10.1080/08830185.2020.1756284.

### Сведения об авторах

*Мартюшев-Поклад Андрей Васильевич*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР), Москва, Россия; e-mail: avmp2007@gmail.com . тел.+79161779878

*Янкевич Дмитрий Станиславович*, кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР), Москва, Россия; e-mail: yanson\_d@mail.ru

*Савицкая Наталия Геннадьевна*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научный центр неврологии», Москва, Россия; e-mail: elirom@mail.ru

*Петрова Марина Владимировна*, доктор медицинских наук, заместитель директора по научно-клинической деятельности Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР), Москва, Россия; e-mail: mail@petrovamv.ru

УДК 616.98

*Потанина О.Н., Айрапетян С.А., Мазуренко С.О., Стрижелецкий В.В.  
Пальчикова Л.С., Теплякова Н. А., Ермолаева Л.Г., Гомон Ю.М.*

## **СЛУЧАИ ПОВТОРНОЙ ГОСПИТАЛИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ НОВУЮ КОРОНАВИРУСНУЮ ИНФЕКЦИЮ**

**Аннотация.** Случаи повторной госпитализации пациентов, перенёвших новую коронавирусную инфекцию (COVID-19), изучены недостаточно. Целью нашей работы стало описание характеристик пациентов, госпитализированных по поводу COVID-19, выписанных из стационара и повторно госпитализированных в Санкт-Петербургскую Городскую Больницу Святого Великомученика Георгия в течение 2020 г., в частности, выявление причин повторного стационарного лечения. С помощью ретроспективного анализа электронных медицинских карт были включены пациенты с инфекцией, подтверждённой посредством полимеразной цепной реакции при первичном поступлении, или с типичными изменениями лёгких при компьютерной томографии. Медиана интервала между госпитализациями составила 5 дней. Поводами для повторного поступления чаще служили респираторные симптомы, также тромботические и тромбоэмболические катастрофы, некоторые бактериальные инфекции, обострение дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника, фибрилляция предсердий и антибиотик-ассоциированная диарея. Требуются дополнительные исследования для подтверждения связи с патологиями, перечисленными выше, и перенесённой коронавирусной инфекцией и разработка оптимальных критериев окончания стационарного лечения.

**Ключевые слова:** COVID-19, SARS-CoV-2, новая коронавирусная инфекция, последствия COVID-19, постковидный синдром, повторные госпитализации, стационар, реактивация, Россия.

*Potantina O.N., Ayrapetyan S.A., Mazurenko S.O., Strizheletskii V.V.,  
Palchikova L.S., Teplyakova N.A., Ermolaeva L.G., Gomon U.M.*

## **READMISSION CASES OF COVID-19 PATIENTS**

**Abstract.** Readmissions among patients with new coronavirus infection (COVID-19) have not yet been extensively studied. Our objective was to describe the characteristics of patients admitted for COVID-19, discharged and readmitted to St. Petersburg St. George City Hospital within 2020, in particular in relation to readmission causes. Data were retrospectively collected by using electronic medical records for inclusion patients with the infection confirmed by polymerase chain reaction at the first presentation or the typical changes on chest imaging. The patients were readmitted after a median of 5 days due to the respiratory infection symptoms worsening, various thrombotic and thromboembolic events, some bacterial infections, exacerbation of degenerative disc disease, atrial fibrillation and antibiotic-associated diarrhea. Further investigations are required to confirm the connection between the COVID-19 and the pathologies listed above and better discharge planning.

**Keywords:** *COVID-19, SARS-CoV-2, Coronavirus disease 2019, COVID-19 sequelae, post-covid syndrome, patient readmission, rehospitalization, hospital, reactivation, Russia.*

## Введение

С каждым днём увеличивается количество людей, перенёвших COVID-19, таким образом, стремительно возрастает актуальность вопроса о последствиях перенесённого заболевания.

Сообщается о случаях реактивации/реинфекции в течение недели, месяца и более длительного периода после выздоровления [1,2,3]. При этом повторная инфекция может протекать существенно тяжелее и в редких случаях заканчивается летальным исходом [1,2]. Провести грань между реактивацией текущей инфекции и повторным инфицированием (реинфекцией) на практике часто не удаётся. Ухудшение симптомов, повторные положительные результаты полимеразной цепной реакции (ПЦР) на генетический материал возбудителя в течение недели после выздоровления обычно связывают с реактивацией инфекции [1].

Также по данным ряда работ при наблюдении в течение 1-3 мес. после окончания стационарного лечения часть пациентов имеют повторные эпизоды лихорадки, кашель, боли в горле, грудной клетке, одышку, слабость, головокружение, повышенную потливость, головные, мышечные боли, артралгии, диарею, приступы сердцебиения, алопецию, отсутствие аппетита, обоняния, вкуса [4, 5, 6, 7, 8, 9], в редких случаях (2-4%) требуется повторная госпитализация [3, 10]. У значительной части мужчин и женщин, переживших данную инфекцию, обнаруживается повышенная тревожность, бессонница, депрессия, симптомы обсессивно-компульсивного расстройства и посттравматическое стрессовое расстройство [6, 9, 11].

Однако, последствия перенесённой инфекции могут быть существенно серьёзней. В течение 2 мес. 20% выписанных были повторно госпитализированы и 9% скончались [12]. При наблюдении 4 мес. данные показатели увеличились до 29% и 12%, соответственно [13]. У переживших COVID-19 диагностируются различные тромботические и тромбоэмболические события [8,10,14], декомпенсация хронической сердечной недостаточности [12,13], различные аритмии и миокардит [16], нарушения функции лёгких, почек, печени [16].

Работы, оценивающие причины повторного стационарного лечения пациентов с COVID-19, немногочисленны. Городская больница Святого Великомученика Георгия, на базе которой выполнено данное исследование, еще с эпидемии гриппа 2016 года накопила значительный опыт в работе с больными инфекционного профиля и была в числе первых больниц Санкт-Петербурга, перепрофилированных в инфекционный стационар с началом эпидемии COVID-19 [17].

**Целью** данного исследования стал анализ случаев повторной госпитализации в городскую больницу Святого Георгия пациентов, перенесших COVID-19, для выявления возможных последствий острой инфекции в нашей популяции.

**Материалы и методы.** Для выполнения данного ретроспективного исследования были использованы электронные базы данных Санкт-Петербургской городской больницы Святого Великомученика Георгия.

Критериями включения стали: 1) наличие двух или более госпитализаций в течение 2020 г.; 2) положительный результата исследования методом ПЦР на РНК возбудителя со слизистой оболочки ротоглотки/носоглотки во время первой госпитализации или в течение 14 дней до неё или выявление при первой госпитализации изменений в лёгких, с высокой вероятностью указывающих на наличие COVID-19 (CO-RADS 4-5) при отрицательном тесте на возбудитель. Шестьдесят два человека соответствовали указанным критериям. При наличии более двух госпитализаций анализировались первая и последняя.

Критериями для окончания стационарного лечения было всё из нижеперечисленного: стойкое улучшение клинической картины, нормализация температуры тела ( $<37,0$  °C), отсутствие дыхательной недостаточности ( $SpO_2$  на воздухе  $>95\%$ ) и уровень лейкоцитов в крови более  $3,0 \cdot 10^9/л$ .

Для статистической обработки результатов использовалась программа Statistica 11. Нормальность распределения определялась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала (Me и IQR). Сравнение значений между группами осуществлялось с помощью U-критерия Манна — Уитни (для независимых выборок), критерия Уилкоксона или парного T-критерия Стьюдента (для зависимых выборок), двустороннего точного теста Фишера (для номинальных данных). Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Включенные в исследование лица были впервые госпитализированы с 14 апреля по 2 декабря 2020г. У всех пациентов (62 чел.) была диагностирована новая коронавирусная инфекция, в большинстве случаев средней степени тяжести (91,9%). У двух больных инфекция протекала в лёгкой форме, у троих – в тяжёлой. При первой госпитализации в 32 случаях (51,6%) наличие вируса было подтверждено посредством ПЦР на РНК SARS-CoV-2, у 30 чел. (48,4%) инфекция не была лабораторно подтверждена. При проведении компьютерной томографии (КТ) в 90,3% случаях была выявлена двусторонняя полисегментарная пневмония, в 6,5% односторонняя

пневмония, в 3,2% изменений органов дыхания не выявлено.

Как видно из Таблицы 1 большинство пациентов мужского пола (61.3%), в возрасте 50-80 лет (69.4%). Наиболее частыми сопутствующими заболеваниями были гипертоническая болезнь (62.9%), хроническая сердечная недостаточность (24.2%), сахарный диабет 2-го типа (17.7%), ишемическая болезнь сердца (17.7%). Пациенты с лабораторно подтвержденной и неподтвержденной инфекцией значимо не различались по возрасту, полу, коморбидностям.

Таблица 1 – Основные характеристики изучаемой совокупности и сравнение лиц с подтвержденной (ПЦР+) и неподтвержденной (ПЦР-) при первичной госпитализации инфекцией COVID-19

	<b>Всего n=62</b>	<b>ПЦР+ n=32</b>	<b>ПЦР- n=30</b>	<b>p*</b>
Возраст, медиана (IQR)/ M±SD, лет	69,0 (57,0-74,0)	69,5 (58,0-73,5)	64,9 ±15,5	0,8658
Распределение по возрасту				
20-50 лет	8 (12,9%)	4 (12,5%)	4 (13,3%)	0,8852
50-80 лет	43 (69,4%)	23 (71,9%)	20 (66,7%)	0,5347
более 80 лет	11 (17,7%)	5 (15,6%)	6 (20,0%)	0,6481
Мужчин	38 (61,3%)	18 (56,3%)	20 (66,7%)	0,4001
Сопутствующие заболевания				
Гипертоническая болезнь	39 (62,9%)	22 (68,8%)	17 (56,7%)	0,3250
ИБС	11 (17,7%)	4 (12,5%)	7 (23,3%)	0,2645
Фибрилляция предсердий	10 (16,1%)	4 (12,5%)	6 (20,0%)	0,4223
Сахарный диабет тип 2	11 (17,7%)	5 (15,6%)	6 (20,0%)	0,6523
Хроническая сердечная недостаточность	15 (24,2%)	9 (28,1%)	6 (20,0%)	0,4553
ОНМК в анамнезе	5 (8,1%)	2 (6,3%)	3 (10,0%)	0,5879
Мочекаменная болезнь	5 (8,1%)	4 (12,5%)	1 (3,3%)	0,1853
Бронхиальная астма	7 (11,3%)	5 (15,6%)	2 (6,7%)	0,2653
Хронический вирусный гепатит С	3 (4,8%)	1 (3,1%)	2 (6,7%)	0,5160
ВИЧ-инфекция	3 (4,8%)	0 (0%)	3 (10,0%)	0,1074
СЗСТ	3 (4,8%)	1 (3,1%)	2 (6,7%)	0,5160
Онкологическое заболевание	3 (4,8%)	3 (9,4%)	0 (0%)	0,0856

\*p-значение для определения статистической значимости различий между группами «ПЦР+» и «ПЦР-», КТ – компьютерная томография, ИБС- ишемическая болезнь сердца, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, СЗСТ – системные заболевания соединительной ткани; IQR – межквартильный интервал, M±SD – среднее арифметическое значение и стандартное отклонение.

Далее представленная совокупность анализировалась независимо от результатов ПЦР при первой госпитализации. Медиана продолжительности первого стационарного лечения составила 11 (IQR 8.0-15,0) дней. Повторная госпитализация случалась через медиану 5 (IQR 1.0-9,0) дней. В большинстве



случаев (71,0%) пациенты повторно поступали в стационар в течение недели после первой госпитализации, только в двух случаях интервал между госпитализациями был более 28 дней (46 и 51 дней). Интервал между госпитализациями не зависел от возраста, ПЦР-статуса, длительности первого периода стационарного лечения, распространенности поражения лёгких, уровня лейкоцитов, С-реактивного белка, ферритина, Д-димера при первичном поступлении. Медиана продолжительности повторного стационарного лечения оказалась такой же как в первом случае – 11 (IQR 7,0-14,0) дней.

При повторном поступлении 87,1% больных имели симптомы реактивации вирусной инфекции/присоединения бактериальной флоры (кашель, повышение температуры тела, нарастание слабости, дыхательной недостаточности). У большинства поступивших первично (61,1%) дыхательная недостаточность отсутствовала, при повторном поступлении же чаще (50,0%) выявлялась дыхательная недостаточность первой степени ( $p=0,0026$ ). Однако, распространённость поражения при КТ лёгких значимо не различалась. Концентрация лейкоцитов при повторном поступлении в стационар была выше, но не было различий в уровне таких маркеров воспалительного ответа как С-реактивный белок, ферритин, Д-димер. При повторной госпитализации определялся более низкий уровень гемоглобина, что, вероятно, связано с развитием анемии вследствие длительно текущего инфекционного заболевания, побочными явлениями лекарственной терапии.

Таблица 2 – Клинические характеристики пациентов, повторно госпитализированных вследствие симптомов реактивации инфекции (54 чел).

	при первичном поступлении	при повторном поступлении	<i>p</i>
<b>Дыхательная недостаточность</b>			
отсутствует (0)	33 (61,1%)	17 (31,5%)	<b>0,0026</b>
лёгкая (I)	15 (27,8%)	27 (50%)	
средней степени (II)	6 (11,0%)	9 (16,7%)	
тяжёлая (III)	0	1 (1,8%)	
Доля поражённой ткани лёгких по данным КТ, Ме (IQR)	36,0 (24,0-56,0)%	40,0 (32,0-56,0)%	0,7570
<b>Результаты лабораторных исследований, Ме (IQR)</b>			
Гемоглобин, г/л	133,0 (121,0-150,0)	125,0 (112,0-137,0)	<b>0,0009</b>
Лейкоциты, * 10 <sup>9</sup> /л	6,5 (5,4-8,8)	8,8 (7,0-10,5)	<b>0,0045</b>
С-реактивный белок, мг/г	49,8 (17,9-140,9)	72,1 (18,5-135,1)	0,6527
Ферритин, мкг/л	326,0 (223,9-794,7)	500,1 (191,8-1139,0)	0,1059
Д-димер, нг/мл	0,9 (0,5-2,6)	1,2 (0,8-1,9)	0,4661

КТ – компьютерная томография, IQR – межквартильный интервал,  
 Ме – медиана, ПЦР – полимеразная цепная реакция

Также при повторном поступлении в 12,9% случаев были диагностированы сосудистые катастрофы (острый тромбоз глубоких вен нижних конечностей (2 чел.), тромбоэмболия лёгочной артерии (3 чел.), острое нарушение мозгового кровообращения (3 чел.), в 6,5% – бактериальные инфекции различной природы (гнойный артрит плечевого сустава, рожистое воспаление нижней конечности, флегмонозный аппендицит, бактериальный эндокардит), в 6,5% – обострение дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника, в 4,8% – пароксизм фибрилляции предсердий, в 4,8% – антибиотик-ассоциированная диарея.

Интересно, что в ходе повторного стационарного лечения 6 пациентам (9,7%) потребовалась консультация психиатра и были диагностированы энцефалопатия смешанного генеза, сосудистая деменция, тревожное расстройство или органическое заболевание головного мозга.

В 6 случаях (9,7%) результатом повторной госпитализации стал летальный исход. Непосредственными причинами смерти по результатам патологоанатомического исследования стали: тромбоэмболия лёгочной артерии (2 чел.), декомпенсация лёгочно-сердечной недостаточности на фоне интоксикации (4 чел.).

**Обсуждение и выводы.** В данной работе сообщаются причины повторной госпитализации пациентов, перенёвших COVID-19. Ухудшение респираторных симптомов стало наиболее частым поводом для повторного поступления, при этом выявлялась большая степень дыхательной недостаточности. Не представляется возможным однозначно различить причины данного ухудшения: реактивация коронавирусной инфекции (рецидив), бактериальная суперинфекция или реинфекция (повторное инфицирование). Так как большинство повторных госпитализаций случилось в течение недели после выписки, наиболее оправдано говорить о реактивации COVID-19. Полученные результаты сравнимы с опубликованными ранее, где сообщается, что дыхательная недостаточность [17,19], кашель, одышка и лихорадка [20] являются наиболее частыми поводами для повторного стационарного лечения.

Около 13% повторно госпитализированных имели острое сосудистое событие (различные тромбозы и тромбоэмболии). В ряде работ сообщается о тромбозе левого желудочка, остром инфаркте миокарда, ишемическом инсульте, окклюзии центральной артерии сетчатки, тромбозе артерий и глубоких вен нижних конечностей, тромбоэмболии лёгочной артерии как о возможных последствиях перенесённой новой коронавирусной инфекции [8, 10, 13, 14, 17, 19].

Другими причинами повторного поступления в стационар стали гнойный артрит, рожистое воспаление, острый аппендицит, бактериальный эндокардит, обострение дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника, фибрилляция предсердий и антибиотик-ассоциированная диарея. Последняя патология является ожидаемым осложнением антибак-

териальной терапии во время первичного лечения. Полагают, что аритмии, включая фибрилляцию предсердий, являются результатом непосредственного повреждения вирусом проводящей системы сердца, гипоксии, воспаления, эндотелиальной дисфункции и катехоламинового шторма [21]. Что касается обострения дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника, описаны клинические случаи боли в поясничной и других областях как поводы для повторной госпитализации [17,20]. Более половины перенёсших COVID-19 испытывают боли различных локализаций, возможно, вследствие повышенного уровня тревоги и депрессии [22]. Наконец, в одной работе также сообщаются бактериальные инфекции без уточнения как диагнозы повторного поступления [17].

Медиана межстационарного периода составила 5 дней. Такой же показатель был получен в других анализах из США [4,18], немного большие – 7-8 дней в других исследованиях [20,23]. В нашем наблюдении периоды первичного и повторного стационарного лечения значимо не различались. Повторная госпитализация длилась дольше в нескольких наблюдениях [19,20].

Требуются дальнейшие исследования для подтверждения наличия связи между перенесённой инфекцией и перечисленными выше патологиями, для разработки лучших критериев выписки.

### Список литературы

1. Sen MK, Gupta N, Yadav SR, Kumar R, Singh B, Ish P. Contentious Issue in Recurrent COVID-19 Infection: Reactivation or Reinfection. *Turk Thorac J.* 2020 Nov;21(6):463-466. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2020.20164. Epub 2020 Nov 1. PMID: 33352106; PMCID: PMC7752104.
2. Selvaraj V, Herman K, Dapaah-Afriyie K. Severe, Symptomatic Reinfection in a Patient with COVID-19. *R I Med J* (2013). 2020 Nov 9;103(10):24-26. PMID: 33172223.
3. Wang X, Xu H, Jiang H, Wang L, Lu C, Wei X, Liu J, Xu S. Clinical features and outcomes of discharged coronavirus disease 2019 patients: a prospective cohort study. *QJM.* 2020 Sep 1;113(9):657-665. doi: 10.1093/qjmed/hcaa178. PMID: 32442308; PMCID: PMC7313792.
4. Ye G, Pan Z, Pan Y, Deng Q, Chen L, Li J, Li Y, Wang X. Clinical characteristics of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 reactivation. *J Infect.* 2020 May;80(5):e14-e17. doi: 10.1016/j.jinf.2020.03.001. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32171867; PMCID: PMC7102560.
5. Liang L, Yang B, Jiang N, Fu W, He X, Zhou Y, Ma WL, Wang X. Three-month Follow-up Study of Survivors of Coronavirus Disease 2019 after Discharge. *J Korean Med Sci.* 2020 Dec 7;35(47):e418. doi: 10.3346/jkms.2020.35.e418. PMID: 33289374; PMCID: PMC7721559.
6. Xiong Q, Xu M, Li J, Liu Y, Zhang J, Xu Y, Dong W. Clinical sequelae of COVID-19 survivors in Wuhan, China: a single-centre longitudinal study. *Clin Microbiol Infect.* 2021 Jan;27(1):89-95. doi: 10.1016/j.cmi.2020.09.023. Epub 2020 Sep 23. PMID: 32979574; PMCID: PMC7510771.

7. Carfi A, Bernabei R, Landi F; Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. *JAMA*. 2020 Aug 11;324(6):603-605. doi: 10.1001/jama.2020.12603. PMID: 32644129; PMCID: PMC7349096.
8. Kamal M, Abo Omirah M, Hussein A, Saeed H. Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations. *Int J Clin Pract*. 2021 Mar;75(3):e13746. doi: 10.1111/ijcp.13746. Epub 2020 Nov 3. PMID: 32991035; PMCID: PMC7536922.
9. Halpin SJ, McIvor C, Whyatt G, Adams A, Harvey O, McLean L, Walshaw C, Kemp S, Corrado J, Singh R, Collins T, O'Connor RJ, Sivan M. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: A cross-sectional evaluation. *J Med Virol*. 2021 Feb;93(2):1013-1022. doi: 10.1002/jmv.26368. Epub 2020 Aug 17. PMID: 32729939.
10. Parra LM, Cantero M, Morrás I, Vallejo A, Diego I, Jiménez-Tejero E, Muñoz E, Asensio Á, Fernández-Cruz A, Ramos-Martinez A; Puerta de Hierro Hospital Admission Study Group. Hospital Readmissions of Discharged Patients with COVID-19. *Int J Gen Med*. 2020 Dec 2;13:1359-1366. doi: 10.2147/IJGM.S275775. PMID: 33299342; PMCID: PMC7719438.
11. Mazza MG, De Lorenzo R, Conte C, Poletti S, Vai B, Bollettini I, Melloni EMT, Furlan R, Ciceri F, Rovere-Querini P; COVID-19 BioB Outpatient Clinic Study group, Benedetti F. Anxiety and depression in COVID-19 survivors: Role of inflammatory and clinical predictors. *Brain Behav Immun*. 2020 Oct;89:594-600. doi: 10.1016/j.bbi.2020.07.037. Epub 2020 Jul 30. PMID: 32738287; PMCID: PMC7390748.
12. Donnelly JP, Wang XQ, Iwashyna TJ, Prescott HC. Readmission and Death After Initial Hospital Discharge Among Patients With COVID-19 in a Large Multihospital System. *JAMA*. 2021 Jan 19;325(3):304-306. doi: 10.1001/jama.2020.21465. PMID: 33315057; PMCID: PMC7737131.
13. Ayoubkhani D, Khunti K, Nafilyan V, Maddox T, Humberstone B, Diamond I, Banerjee A. Post-covid syndrome in individuals admitted to hospital with covid-19: retrospective cohort study. *BMJ*. 2021 Mar 31;372:n693. doi: 10.1136/bmj.n693. PMID: 33789877; PMCID: PMC8010267.
14. Tveit L, Enriquez B, Tennøe B, Warsza B, Garstad LJ, Weisshaar M, Aamodt AH. Cerebral venetrombose etter covid-19 [Cerebral venous thrombosis after COVID-19]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2020 Dec 14;140(18). Norwegian. doi: 10.4045/tidsskr.20.0563. PMID: 33322869.
15. Xie Y, Bowe B, Maddukuri G, Al-Aly Z. Comparative evaluation of clinical manifestations and risk of death in patients admitted to hospital with covid-19 and seasonal influenza: cohort study. *BMJ*. 2020 Dec 15;371:m4677. doi: 10.1136/bmj.m4677. PMID: 33323357; PMCID: PMC7735416.
16. Dennis A, Wamil M, Kapur S, et al. Multi-organ impairment in low-risk individuals with long COVID. *BMJ*. 2020. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.14.20212555v1> doi: <https://doi.org/10.1101/2020.10.14.20212555>
17. Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г., Мазуренко С.О., Гомон Ю.М. Опыт перепрофилирования соматического стационара в инфекционный в период

эпидемии гриппа 2016 года. Общественное здоровье и здравоохранение. 2016. № 2. С. 53-57.

18. [http://www.ozizdrav.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=70&Itemid=23&lang=ru\\_RU](http://www.ozizdrav.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=70&Itemid=23&lang=ru_RU)

19. Somani SS, Richter F, Fuster V, De Freitas JK, Naik N, Sigel K; Mount Sinai COVID Informatics Center, Bottinger EP, Levin MA, Fayad Z, Just AC, Charney AW, Zhao S, Glicksberg BS, Lala A, Nadkarni GN. Characterization of Patients Who Return to Hospital Following Discharge from Hospitalization for COVID-19. J Gen Intern Med. 2020 Oct;35(10):2838-2844. doi: 10.1007/s11606-020-06120-6. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32815060; PMCID: PMC7437962.

20. Atalla E, Kalligeros M, Giampaolo G, Mylona EK, Shehadeh F, Mylonakis E. Readmissions among patients with COVID-19. Int J Clin Pract. 2021 Mar;75(3):e13700. doi: 10.1111/ijcp.13700. Epub 2020 Oct 12. PMID: 32894801.

21. Durmus E, Guneyso F. Evaluation of re-hospitalized COVID-19 patients in a hospital. Rev Assoc Med Bras (1992). 2020 Dec;66(12):1690-1695. doi: 10.1590/1806-9282.66.12.1690. PMID: 33331578.

22. Schmid A, Petrovic M, Akella K, Pareddy A, Velavan SS. Getting to the Heart of the Matter: Myocardial Injury, Coagulopathy, and Other Potential Cardiovascular Implications of COVID-19. Int J Vasc Med. 2021 Apr 22;2021:6693895. doi: 10.1155/2021/6693895. PMID: 34035963; PMCID: PMC8118745.

23. Şahin T, Ayyildiz A, Gencer-Atalay K, Akgün C, Özdemir HM, Kuran B. Pain Symptoms in COVID-19. Am J Phys Med Rehabil. 2021 Apr 1;100(4):307-312. doi: 10.1097/PHM.0000000000001699. PMID: 33480608.

24. Lavery AM, Preston LE, Ko JY, Chevinsky JR, DeSisto CL, Pennington AF, Kompaniyets L, Datta SD, Click ES, Golden T, Goodman AB, Mac Kenzie WR, Boehmer TK, Gundlapalli AV. Characteristics of Hospitalized COVID-19 Patients Discharged and Experiencing Same-Hospital Readmission – United States, March-August 2020. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2020 Nov 13;69(45):1695-1699. doi: 10.15585/mmwr.mm6945e2. PMID: 33180754; PMCID: PMC7660660.

### Сведения об авторах

**Потанина Ольга Николаевна**, аспирантка, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: potaninaon@gmail.ru

**Айрапетян Самвел Артурович**, студент медицинского факультета, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ayrapetyan.samvel23@yandex.ru,

**Мазуренко Сергей Олегович**, доктор медицинских наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: dr\_mazurenko@mail.ru

**Пальчикова Людмила Сергеевна**, заведующая вторым терапевтическим отделением Городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия

**Стрижелецкий Валерий Викторович**, доктор медицинских наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет; главный врач Городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: strival@mail.ru

**Теплякова Наталья Александровна**, заместитель главного врача по клинико-экспертной работе Городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: april-1966@mail.ru

**Ермолаева Лариса Геннадьевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: larerm@mail.ru

**Гомон Юлия Михайловна**, доктор медицинских наук, доцент Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. И.П. Павлова, клинический фармаколог Городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: gomonmd@yandex.ru

УДК 616.988:578.834.1:579.842.17

Селезнева А.А., Козлова Н.С.

### ***KLEBSIELLA PNEUMONIAE* И COVID-19: ВЗАИМОСВЯЗЬ В КОНТЕКСТЕ ПАНДЕМИИ**

**Аннотация.** *Klebsiella pneumoniae* входит в список «приоритетных патогенов», представляющих наибольшую угрозу для человечества, так называемый *ESKAPE*, вследствие своей антибиотикорезистентности. В статье представлена сравнительная характеристика классического и гипervирулентного патоваров *K. pneumoniae* и рассмотрена проблема осложнения COVID-19 бактериальной коинфекцией, вызванной этим микроорганизмом, получающим селективные преимущества при широком использовании антимикробных препаратов во внебольничных и внутрибольничных условиях.

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, антибиотики, *Klebsiella pneumoniae*, COVID-19, пандемия, гипervирулентные *K. pneumoniae*, классические *K. pneumoniae*, коинфекция, нозокомиальные инфекции, внебольничные инфекции.

Selezneva A.A., Kozlova N.S.

### ***KLEBSIELLA PNEUMONIAE* AND COVID-19: INTERRELATION IN THE CONTEXT OF A PANDEMIC**

**Abstract.** *Klebsiella pneumoniae* is included in the list of “priority pathogens” that pose the greatest threat to humanity (*ESKAPE*), due to its antibiotic resistance. The article presents a comparative characteristic of classical and hypervirulent patovars *K. pneumoniae* and examines the problem of the complication of COVID-19 with bacterial coinfection caused by this microorganism, which gives selective benefits with the widespread use of antimicrobial drugs in community-acquired and nosocomial conditions.

**Keywords:** antibiotic resistance, antibiotics, *Klebsiella pneumoniae*, COVID-19, pandemic, hypervirulent *K. pneumoniae*, classic *K. pneumoniae*, coinfection, nosocomial infections, community-acquired infections.



## Введение

*Klebsiella pneumoniae* в феврале 2017 г. была включена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в группу микроорганизмов критического приоритета по разработке новых лекарственных препаратов и представляющих наибольшую угрозу для человечества [1, 2] в связи с высокой устойчивостью к часто используемым антибиотикам. В настоящее время она входит в список «приоритетных патогенов», так называемый *ESKAPE*. Возбудители из этого списка представляют угрозу безопасности населения в целом, особенно той категории, которая часто контактирует с больничной средой, и чаще других вызывают инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Так, в многопрофильном стационаре Санкт-Петербурга в 2016 году более четверти всех внутрибольничных гнойно-септических инфекций были вызваны одним видом – *K. pneumoniae* [3, 4]. В США в 2014 г. этот микроорганизм оказался причиной 10% всех зарегистрированных инфекций. При этом для заболеваний, вызываемых клебсиеллами, характерно тяжелое течение, так, при инфекциях кровотока погибает 20% больных, при нозокомиальных пневмониях летальность достигает 50% [5].

*K. pneumoniae* выделяется среди энтеробактерий тем, что является наиболее активным среди них коллектором генов и плазмид резистентности [6], что наряду с выраженной способностью микроорганизмов этого вида к колонизации и повышенной способностью к образованию биопленок [5, 7] позволило ей стать актуальным возбудителем нозокомиальных инфекций еще с 70 гг. прошлого столетия. Кроме полирезистентности к антибиотикам клебсиелла привлекает к себе внимание микробиологов своей вирулентностью. Факторы вирулентности *K. pneumoniae* немногочисленны, но эффективны, к ним относятся пили 1-го типа, отвечающие за адгезию, пили 3-го типа, отвечающие за образование биопленки, капсула, липополисахарид, который признан самым мощным медиатором септического шока, вызываемого бактериями [5, 8]. Кроме этого, *K. pneumoniae* может синтезировать сидерофоры – низкомолекулярные вещества, хелатирующие ионы, выделяемые различными микроорганизмами при наличии у них дефицита железа. Сидерофоры связывают железо с более высокой аффинностью по сравнению с железосвязывающими белками макроорганизма, что приводит к его перераспределению в пользу микроба [9]. *K. pneumoniae* способна продуцировать 4 варианта сидерофора: энтеробактин, иерсиниабактин, сальмохелин, аэробактин, при этом последние два вырабатываются незначительным числом штаммов. Большинство генов, кодирующих факторы вирулентности, заключены в большой плазмиде вирулентности.

Известно, что бактериальные пневмонии часто осложняют течение вирусных инфекций на фоне развивающегося иммунодефицита. Во время предыдущих эпидемий гриппа бактериальная коинфекция выявлялась в 30% случаев, прежде всего у пациентов отделений интенсивной терапии [10].

Особенно актуальной является такая коинфекция в контексте текущей пандемии COVID-19 и использования огромного количества антимикробных препаратов (АМП), создающих селективные преимущества для антибиотикорезистентных штаммов.

**Цель исследования.** Сопоставить свойства классических и гипервирулентных штаммов клебсиелл и оценить их роль в бактериальной коинфекции при COVID-19.

**Материалы и методы.** Научные публикации зарубежных и отечественных исследователей, описывающие гипервирулентные и классические патовары *K. pneumoniae* и случаи коинфекции такими штаммами больных COVID-19.

**Результаты и обсуждение.** Основной геном *K. pneumoniae* состоит из ~2000 генов [11, 12], в то же время она имеет большое число дополнительных генов, локализованных, прежде всего, на плазмидах, при этом более 78 из них отвечают за формирование вирулентности. В зависимости от набора плазмид различают три эволюционные группы этого микроорганизма, которые называются патоварами (табл. 1): условно-патогенные, классические (госпитальные) и гипервирулентные [12, 13], при этом для каждого характерны свои сиквенс-типы.

Классические *K. pneumoniae* вызывают заболевания у детей и у лиц пожилого возраста, а также у лиц с ослабленным иммунитетом, и ассоциируются прежде всего с внутрибольничными инфекциями, так как для них характерна множественная лекарственная устойчивость. Являясь коллекторами генов антибиотикорезистентности, эти микроорганизмы первыми из энтеробактерий стали устойчивыми к карбапенемам. В 2012 г. первые карбапенемрезистентные штаммы *K. pneumoniae*, продуцирующие карбапенемазы VIM-4, OXA-48 и NDM, были выявлены в России [7, 14]; а уже в 2015-16 гг. удельный вес таких культур в Санкт-Петербурге увеличился до 30% [3, 7], а в 2018 г. – до 50% [4] и более, что демонстрирует крайне быструю селекцию устойчивых штаммов в ответ на начало широкого использования АМП определенной группы, в данном случае карбапенемов. Как уже упоминалось, *K. pneumoniae* возглавляет список возбудителей ИСМП в многопрофильных стационарах. На настоящий момент единственным эффективным препаратом в отношении таких штаммов в случае их устойчивости еще и к полимиксидам являются комбинации цефтазидима и азтреонама с новым ингибитором бета-лактамаз авибактамом, который повышает активность этих антибиотиков в 6-8 раз [2].

Факторами риска, связанными с колонизацией и инфекцией *K. pneumoniae*, устойчивой к антибиотикам, являются предшествующее лечение антибиотиками, нарушение функции почек, пожилой возраст, хирургические процедуры и госпитализация в отделение интенсивной терапии.

В 1982 г. в Китае был описан первый случай абсцесса печени, вызванный необычным штаммом *K. pneumoniae* с высокой вирулентностью, впоследствии они стали регистрироваться и в других странах. Такие штаммы

получили название «гипервирулентные», сокращенно *hvKp*, так как они оказались способны во внебольничных условиях у здоровых людей вызывать ряд тяжелых инфекций, в ряде случаев с метастазированием и высокой летальностью (от 3 до 55% в зависимости от очага инфекции) [12, 13]. Это указывает на то, что развитие инфекции в данном случае определяется не только иммунокомпетентностью хозяина, но и вирулентностью бактерии. Заболевания, которые вызывают *hpKp* различны (табл.1), но чаще всего возникает абсцесс печени. Данные нозологические формы отличаются молниеносным течением, в качестве осложнения чаще всего развивается эндофтальмит – тяжелая гнойная инфекция, приводящая к слепоте или потере глазного яблока. В настоящее время такие штаммы описаны во многих странах мира. Гипервирулентные *K. pneumoniae* имеют специфические генетические характеристики с увеличением числа генов, отвечающих за вирулентность, и, соответственно, самих факторов вирулентности. Например, ген *kfu*, важность которого для вирулентности была показана в экспериментах *in vivo* при использовании *hvKp* с делецией гена. Имеются также гены, отвечающие за синтез протеазы HtrA и фосфолипазы D [5, 12].

Штаммы *hvKp* обладают дополнительными факторами вирулентности, наиболее важным из которых является гипермукоидный фенотип, за который отвечают гены *mpA* и *mpA2*, связанный преимущественно с капсулами серотипов K1 и K2, которые придают клебсиеллам устойчивость к защитным факторам организма, в частности, к действию комплемента и фагоцитозу [6, 15].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика классических и гипервирулентных штаммов *Klebsiella pneumoniae*

<b>Характеристика</b>	<b>Классические штаммы</b>	<b>Гипервирулентные штаммы</b>
Основные типы вызываемых заболеваний	Пневмонии, инфекции мочевыводительных путей, бактериемия	Абсцессы печени, легких, шеи, почек и др., пневмонии, бактериемия, целлюлит, некротический фасцит, миозит, менингит, эндофтальмит
Восприимчивая популяция	Пациенты с иммунодефицитами (сахарный диабет, рак и т.д.)	Диабетики, здоровые люди
Типы капсул	Серотипы K1-K78	Гиперкапсула серотипов K1 (93%) или K2
Типы сидерофоров (%)	Энтеробактин (100) Иерсинобактин (17–46) Сальмохелин (2–4) Аэробактин (6)	Энтеробактин (100) Иерсинобактин (90) Сальмохелин (>90) Аэробактин (93–100)
Географическая локализация	Повсеместная	Преимущественно Тайвань и Юго-Западная Азия
Тип инфекции	Нозокомиальные	Внебольничные
Устойчивость к АМП	Характерна (частая) для нозокомиальных штаммов (БЛРС и карбапенемазы)	Нехарактерна (редкая)

Такие штаммы вырабатывают также дополнительные сидерофоры – аэробактин (ген *aer*, локализованный на плазмиде pLVPK *hvKp*) и сальмохелин в значительно большем количестве и в более активной форме, чем классические. Они продуцируют токсины колибактин (экзотоксин цикломодулин, кодируемый кластерами генов *pks*, которое участвует в процессе повреждения ДНК макроорганизма), микроцин E492, генотоксин, имеют эффлюксные насосы, гены, участвующие в метаболизме аллантаина (ген *allR*) и ряд других факторов [12]. При этом гипервирулентные *K. pneumoniae* до недавнего времени были чувствительны к большинству антимикробных препаратов.

Провести первичную дифференциацию классических и гипервирулентных штаммов в лаборатории можно с помощью простого стринг-теста [13] на выявление гипермукоидности клебсиелл. Наличие вязкой белой нити, тянущейся за петель на расстояние не менее 5 мм, подтверждает гипермукоидный фенотип *K. pneumoniae*.

Неоднократно высказывались опасения в отношении появления штаммов клебсиелл, совмещающих свойства *hvKp* и классических патоваров. Выдвигались две теории возможного формирования таких культур – приобретение гипервирулентными изолятами плазмид антибиотикорезистентности или, напротив, заимствование генов вирулентности классическим патоваром у гипервирулентного [12].

И такие клебсиеллы не заставили себя ждать. В последние годы стала появляться тревожная информация о формировании нового патовара *K. pneumoniae*, который является гипервирулентным и одновременно панрезистентным, подтвержденная геномным анализом, выявившем конвергенцию генов гипервирулентности и карбапенемазы в ряде изолятов [12, 16]. Скорее всего, его возникновение пошло по второму сценарию – приобретению генов вирулентности классическим патоваром, что подтверждается промежуточной между гипервирулентными и классическими штаммами вирулентностью нового патовара. Это связано, вероятно, с невозможностью гипервирулентных штаммов сохранять и поддерживать в клетке плазмиды антибиотикорезистентности [12].

Гипервирулентные штаммы клебсиелл в настоящее время начинают занимать экологическую нишу в стационарах, как взрослых [17], так и детских [18]. Уже описаны вспышки инфекций с высокой летальностью, вызванные такими культурами, в стационарах разных стран мира, в том числе и в России [17]. Так, в Аргентине в 2014 г. (генотип ST23K1), в Китае в 2017 г. (STK2 и ST1797K1), во Франции в 2016 г. (ST86K2) были описаны гипервирулентные полирезистентные штаммы *K. pneumoniae* [19]. В 2017 г. в Китае зафиксировано приобретение плазмид вирулентности pLVPK-типа мультирезистентными госпитальными штаммами *K. pneumoniae* ST11K47 [20]. В Российской Федерации в 2017 г. также был описан случай распространения в неонатальном отделении г. Казани гипермукоидных *K. pneumoniae*, имеющих фенотип БЛРС [21].

Актуальность панрезистентных штаммов *K. pneumoniae* многократно возрастает в период пандемии COVID-19 в условиях резкого увеличения использования АМП, при этом у 72% пациентов используются АМП широкого спектра действия [22]. Коинфекция больных COVID-19 такими штаммами наиболее опасна и увеличивает процент летальных исходов. Уже в начале пандемии в Ухани в больницах диагностировались случаи бактериальной коинфекции COVID-19, в том числе *K. pneumoniae* [23]. В Санкт-Петербурге около 8% больных COVID-19 имели бактериальную коинфекцию [22].

В перуанской больнице, где ранее не было выявлено штаммов *K. pneumoniae* с устойчивостью к карбапенемам, у больных COVID-19 наблюдалась вспышка пневмонии, вызванной штаммами этого микроорганизма, продуцирующими NDM-карбапенемаза [24]. Удельный вес инфекций, вызванных карбапенемрезистентными *K. pneumoniae*, при тяжелых случаях COVID-19 увеличивается, что приводит к более высокому уровню смертности (30-70%) [21].

В инфекционном стационаре Москвы в 2020 г. почти в половине случаев бактериемии при бактериальной коинфекции COVID-19 (44,1%) из крови больных выделялась *K. pneumoniae*, при этом только 4% изолятов были чувствительны к основным АМП [25].

Гораздо большую опасность при COVID-19 представляют гипервирулентные полирезистентные штаммы *K. pneumoniae*. В 2020 г. в Японии [26] сообщалось о пациентке, у которой после купирования COVID-19 после лечения дексаметазоном на 10 день присоединилась коинфекция таким штаммом *K. pneumoniae*, которая привела к летальному исходу. Сначала была заподозрен острый дистресс-синдром, вызванный COVID-19, так как время (10 дней после появления симптомов) было типичным для него и острой сердечной травмы, однако при вскрытии пациентки была обнаружена бактериальная коинфекция. Летальный исход авторы связывают с снижением иммунитета на фоне COVID-19. В то же время следует помнить, что такие гипервирулентные полирезистентные штаммы могут поражать не только группы риска, но и молодых людей без сопутствующих заболеваний [27].

К сожалению, данный случай не является единственным, поэтому для пациентов с COVID-19 с резко ухудшающимся состоянием следует рассматривать использования АМП, активных в отношении карбапенемрезистентных штаммов при тщательной оценке бактериальной коинфекции. Как считает ряд авторов, значительное число инфекций, вызванных *hvkp* и осложняющих COVID-19, могли быть не распознаны в силу недостаточной известности и доступности дифференциальных критериев *hvkp* [27].

Необходимо признать, что, несмотря на важность проблемы, частота вторичных легочных коинфекций у госпитализированных пациентов с COVID-19 недостаточно изучена [27]. Имеются данные, что при исследовании смывов из дыхательных путей у 94% таких больных выявляется вторичная бактериальная микрофлора [28].

## Выводы

*Klebsiella pneumoniae* в настоящее время вышла в лидеры среди возбудителей внутрибольничных инфекций. Пластичность генома позволяет ей сочетать дополнительные факторы вирулентности и панрезистентность к большинству антимикробных препаратов, что в условиях широкого их использования на фоне массового снижения иммунитета при непрекращающейся пандемии COVID-19 делает этот микроорганизм чрезвычайно опасным и требует ужесточения системы инфекционного контроля со своевременным выявлением колонизированных такими штаммами лиц, а также ставит перед исследователями всего мира новые задачи, которые необходимо решать в ближайшие сроки.

В настоящее время сразу в нескольких научных центрах проводятся многоцентровые исследования по изучению распространения гипервирулентных штаммов *K. pneumoniae* в стационарах России, их антибиотикорезистентности, а также факторов и генов их вирулентности, результаты которых позволят решить некоторые из поставленных задач.

## Список литературы

1. Antimicrobial resistance surveillance in Europe Annual report of European Antimicrobial resistance surveillance network (EARS-net), 2019. Stockholm: ECDC. 2021. 28 p.
2. Шайдуллина Э.Р., Эйдельштейн М.В., Склеенова Е.Ю. и др. Антибиотикорезистентность нозокомиальных карбапенемазопродуцирующих штаммов *Enterobacterialis* в России. Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2018; 20(4): 362-369.
3. Козлова Н.С., Баранцевич Н.Е., Баранцевич Е.П. Антибиотикорезистентность возбудителей гнойно-септических инфекций в многопрофильном стационаре // Проблемы медицинской микологии. 2018; 20(1): 40-48.
4. Смирнова М.В., Артемук С.Д., Белькова Е.И. и др. Антибиотикорезистентность штаммов энтеробактерий, выделенных из крови. Медицина: теория и практика. 2019; 4(3): 91-98.
5. Чеботарь И.В., Бочарова Ю.А., Подопригора И.В., Шагин Д.А. Почему *Klebsiella pneumoniae* становится лидирующим оппортунистическим патогеном. Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2020; 22(1):4-13.
6. Козлова Н.С., Баранцевич Н.Е., Баранцевич Е.П. Чувствительность к антибиотикам штаммов *Klebsiella pneumoniae*, выделенных в многопрофильном стационаре // Инфекция и иммунитет. 2018; 8(1): 79-84.
7. Wang G, Zhao G, Chao X, Xie L, Wang H. The Characteristic of Virulence, Biofilm and Antibiotic Resistance of *Klebsiella pneumoniae*. Int J Environ Res Public Health. 202; Aug 28;17(17):6278.
8. Сбойчаков В.Б., Москалев А.В., Андреев В.А. и соавт. Медицинская микробиология. СПб.: ВМедА, 2017; 448 с.
9. Леонов В.В., Миронов А.Ю., Ананьина И.В. и соавт. Микробные



сидерофоры: строение, свойства и функции // Астраханский медицинский журнал. 2016; 4: 24-37.

10. Dumitru I.M.; Dumitrascu M.; Vlad, N.D. et al. Carbapenem-Resistant *Klebsiella pneumoniae* Associated with COVID-19. *Antibiotics*. 2021; 10: 561.

11. Hennequin C., Robin F. Correlation between antimicrobial resistance and virulence in *Klebsiella pneumoniae*. *Microbiol. Infect. Dis.*, 2016; 35(3): 333-341.

12. Paczosa M.R., Joan Meccas J. *Klebsiella pneumoniae*: Going on the Offense with a Strong Defense. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2016; Sep; 80(3): 629–661.

13. Patro P.P., Rathinavelan T. Targeting the Sugary Armor of *Klebsiella* Species *Front Cell Infect Microbiol*. 2019; 9: 367.

14. Козлова Н.С., Баранцевич Н.Е., Иванова Л.В. и соавт. Чувствительность к антибиотикам энтеробактерий различного происхождения в многопрофильном стационаре. *Проблемы медицинской микологии*. 2016; 18(3): 30-35.

15. Комисарова Е.В., Воложанцев Н.В. Гипервирулентная *Klebsiella pneumoniae* – новая инфекционная угроза. *Инфекционные болезни*. 2019; 17(3): 81–89.

16. Martin RM, Bachman MA. Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Front Cell Infect Microbiol*. 2018; Jan; 22(8):4-10.

17. Fursova N.K., Astashkin E.I., Lev A.L. et al. Phenotypes and genotypes of classical and hypervirulent *Klebsiella pneumoniae* clinical strains isolated in Moscow in 2013–2018. *Инфекция и иммунитет*. 2018; 8(4): 603.

18. Семенова Д.Р., Николаева И.В., Фиалкина С.В. и др. Частота колонизации «гипервирулентными» штаммами *Klebsiella pneumoniae* новорожденных и грудных детей с внебольничной и нозокомиальной клебсиеллезной инфекцией. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2020; 65(5): 158-163.

19. Cejas D., Canigia L.F., G.R. Elena A.C. et al. First isolate of KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* sequence type 23 from the Americas. *J. Clin. Microbiol*. 2014; 52(9): 3483-3485.

20. Gu D., Dong N., Zheng Z. et al. A fatal outbreak of ST11 carbapenem-resistant hypervirulent *Klebsiella pneumoniae* in a Chinese hospital: a molecular epidemiological study. *Lancet. Infect. Dis*. 2017; S1473-3099(17)30489-9.

21. Khaertynov K.S., Anokhin V.A., Davidyuk Y.N. et al. Case of Meningitis in a Neonate Caused by an ExtendedSpectrum-Beta-Lactamase-Producing Strain of Hypervirulent *Klebsiella pneumoniae*. *Front. Microbiol.* – 2017; 8: 1576.

22. Рогачева Е.В., Краева Л.А. Оценка эффективности новых антибактериальных соединений в отношении *Klebsiella pneumoniae* как ведущего этиологического фактора при осложнённых формах коронавирусной инфекции. *Проблемы медицинской микологии*. 2021; 23(2): 131.

23. Chen N., Zhou M., Dong X. et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020; 395(10223): 507–513.

24. Arteaga-Livias K., Pinzas-Acosta K., Perez-Abad L. et al. A multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* outbreak in a Peruvian hospital: Another threat from the COVID-19 pandemic. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2021: 1-2.

25. Малыгин А.С., Андреев С.С., Царенко С.В., Петрушин М.А. Антибиотикорезистентность изолятов *Klebsiella pneumoniae*, выделенных из крови больных COVID-19. Медицина 2021; 9(2): 63-74

26. Hosoda T., Harada S., Okamoto K. et al. COVID-19 and Fatal Sepsis Caused by Hypervirulent *Klebsiella pneumoniae*, Japan, 2020. Emerg Infect Dis. 2021; 27(2): 556-559.

27. Tumbarello M.; Viale P., Viscoli P. et al. Predictors of mortality in bloodstream infections caused by *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing *K. pneumoniae*: Importance of combination therapy. Clin. Infect. Dis. 2012; 55: 943–950.

28. Кадырова А.А.К., Алиева Г.Р.К., Аскерова Ш. и соавт. Вторичная респираторная микрофлора у пациентов с КОВИД-19.. In: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţe Medicale. 2021; 1(69): 35-38.

#### Сведения об авторах

*Селезнева Анастасия Алексеевна*, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: anastselezneva@list.ru

*Козлова Надежда Сергеевна*, кандидат медицинских наук, доцент, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: spbkns@gmail.com

*Семенова Т.С., Егоров К.С., Мазуренко С.О.,  
Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г.*

### **КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПАЦИЕНТОВ С КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19, ПЕРЕНЕСШИХ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕЛОМ БЕДРА**

**Аннотация.** Существует настоятельная необходимость определить, имеют ли пациенты с переломом бедренной кости, пораженные COVID-19, более высокий риск смертности из-за инфекции и в какой степени тактика ведения этих пациентов определяет краткосрочный прогноз в отношении их жизни.

*Цель исследования:* оценить краткосрочный прогноз таких пациентов в рамках текущей госпитализации и сопоставить его с другими группами пациентов.

*Материалы и методы.* В исследование включены 77 пациентов с коронавирусной инфекцией и низкоэнергетическими переломами бедра. Средний возраст пациентов составил 78,16±27,5 лет, 52 пациентки женского пола (67,5%) были женщины и 25 мужского (32,5%).

*Результаты.* Из всех случаев госпитализации 17 (22,1%) окончились летальным исходом, а 60 (77,9%) – выпиской из стационара на амбулаторное лечение. Всего прооперировано было 39 пациентов (50,6%), а 38 (49,4%) имели различные противопоказания к экстренному оперативному вмешательству, и лечение было консервативным. Летальность среди прооперированных пациентов составила

2,6% (1 пациент), а среди пациентов, которых лечили консервативно, – 42,1% (16 пациентов).

**Выводы.** Низкоэнергетические переломы у пациентов с коронавирусной инфекцией – плохой прогностический признак, обусловленный высокой летальностью среди данной группы пациентов. Вследствие тяжести состояния или наличия сопутствующих патологий, обострившихся на фоне инфекционного процесса, половина пациентов не смогли получить оперативное лечение и получали консервативную терапию, что усугубляло прогноз.

**Ключевые слова:** коронавирусная инфекция COVID-19, низкоэнергетические переломы, оперативное лечение, летальность, остеопороз, прогноз

## SHORT-TERM PROGNOSIS OF PATIENTS WITH COVID-19 CORONAVIRUS INFECTION WHO HAVE SUFFERED A LOW- ENERGY HIP FRACTURE

**Abstract.** There is an urgent need to determine whether patients with a femoral fracture affected by COVID-19 have a higher risk of mortality due to infection and to what extent the management tactics of these patients determine the short-term prognosis for their life. *The purpose of the study:* to evaluate the short-term prognosis of such patients within the current hospitalization and compare it with other groups of patients.

*Materials and methods.* The study included 77 patients with coronavirus infection and low-energy hip fractures. The average age of patients was 78.16±27.5 years, 52 female patients (67.5%) were female and 25 male (32.5%).

*Results.* Of all cases of hospitalization, 17 (22.1%) were fatal, and 60 (77.9%) were discharged from the hospital for outpatient treatment. A total of 39 patients (50.6%) were operated on, and 38 (49.4%) had various contraindications to emergency surgery, and the treatment was conservative. Mortality among operated patients was 2.6% (1 patient), and among patients treated conservatively – 42.1% (16 patients).

*Conclusions.* Low-energy fractures in patients with coronavirus infection are a poor prognostic sign due to high mortality among this group of patients. Due to the severity of the condition or the presence of concomitant pathologies that worsened against the background of the infectious process, half of the patients were unable to receive surgical treatment and received conservative therapy, which worsened the prognosis.

**Keywords:** coronavirus infection COVID-19, low-energy fractures, surgical treatment, mortality, osteoporosis, prognosis

### Введение

С декабря 2019 года в мире распространяется новое коронавирусное заболевание COVID-19. В нескольких исследованиях были выявлены общие характеристики пневмонии, ассоциированной с COVID-19, включая эпидемиологические, демографические, клинические, лабораторные, рентгенологические данные и данные о лечении [1,2]. Эпидемия коронавирусной инфекции значительно повлияла на все сферы жизни общества, но особенно затронула систему здравоохранения. Немалое количество стационаров было перепрофилировано под работу с пациентами, зараженными коронавирусной инфекцией. Были организованы временные госпитали. Однако, среди зараженных немалую долю составляли коморбидные пациенты, у которых показанием к госпитализации, помимо наличия у них COVID-19, были и

сопутствующие патологии. Хорошо известно, что пациенты с переломами подвержены инфекциям, особенно поражающим органы дыхания [3], особенно пациенты с переломом нижних конечностей и ограниченными амбулаторными возможностями [4-6]. Установлено, что инфекции COVID-19 распространяется среди людей, находящихся в тесном контакте друг с другом в таких местах, как общественный транспорт и больницы [7]. Пациенты с тяжелыми переломами часто нуждаются в госпитализации и хирургическом лечении, что делает эту популяцию восприимчивой к инфекции COVID-19. Однако Санкт-Петербургская городская больница «Святого Георгия», специализирующаяся на лечении больных с коронавирусной инфекцией, столкнулась с другой проблемой – повышенной подверженностью таких пациентов переломам, особенно переломам бедренной кости, значительно отягощающим течение вирусных пневмоний. Лечение коморбидных больных, отягощенных тяжелой формой остеопороза, представляет серьезную медицинскую проблему [8-10]. Анализ последних публикаций показал, что с подобной проблемой столкнулись клиницисты в различных странах [11-15]. Таким образом, существует настоятельная необходимость определить, имеют ли пациенты с переломом бедренной кости, пораженные COVID-19, более высокий риск смертности из-за инфекции. И в какой степени тактика ведения этих пациентов определяет краткосрочный прогноз в отношении их жизни [16]. В данной статье мы затронули часть таких пациентов, которые ввиду наличия остеопороза получили низкоэнергетический перелом бедра и поступили в стационар для лечения не только коронавирусной инфекции и ее осложнений, но и решения вопроса об оперативном лечении перелома.

**Целью** данной работы будет оценить краткосрочный прогноз таких пациентов в рамках текущей госпитализации и сопоставить его с другими группами пациентов. В качестве задач было определено выявить среди поступающих в перепрофилированный стационар пациентов с низкоэнергетическими переломами бедра, оценить наличие противопоказаний к оперативному лечению, отследить результат госпитализации среди прооперированных пациентов и пациентов, которым было показано консервативное лечение перелома.

**Материалы и методы.** Для данной работы были отобраны 77 пациентов с низкоэнергетическими переломами бедра, госпитализированных в Городскую больницу Святого Георгия за 2020 год с момента перепрофилирования стационара для работы с COVID-19. Средний возраст пациентов составил  $78,16 \pm 27,5$  лет. Среди отобранных пациентов 52 (67,5%) были женщины и 25 (32,5%) мужчины.

**Результаты исследования.** Из всех случаев госпитализации 17 (22,1%) окончились летальным исходом, а 60 (77,9%) – выпиской из стационара на амбулаторное лечение. Всего прооперировано было 39 пациентов (50,6%), а 38 (49,4%) имели различные противопоказания к экстренному оперативному вмешательству, и лечение было консервативным. Летальность среди про-

оперированных пациентов составила 2,6% (1 пациент), а среди пациентов, которых лечили консервативно, – 42,1% (16 пациентов).



**Обсуждение результатов.** Как видно из полового распределения пациентов, преобладают женщины. Данная картина характерна для низкоэнергетических переломов ввиду распространенности у пожилых женщин постменопаузального остеопороза. В основе патогенеза данного состояния лежит дефицит эстрогенов, ускоряющий резорбцию костной ткани остеокластами. В связи с низкой выявляемостью остеопороза в России, а также неадекватной терапии даже в случае выявления данного заболевания, риски получения низкоэнергетического перелома крайне высоки и женщин старше 65 лет и достигает 15% в популяции.

Общая смертность от коронавируса в России по официальной статистике на момент написания статьи составляет 2,8%, что значительно ниже, чем в отобранной группе. Однако, низкоэнергетические переломы характерны для пожилых людей старше 65 лет, что подтверждает средний возраст в группе. Для таких пациентов характерно наличие сопутствующих патологий в виде наличия сердечно-сосудистых, цереброваскулярных заболеваний, сахарного диабета и других хронических болезней, что в разы увеличивает риски летального исхода. Более того, вынужденная иммобилизация ввиду перелома также провоцирует как ухудшение течения коронавирусной инфекции, так и развитие тромбоэмболических осложнений.

Разница в летальности среди прооперированных пациентов и пациентов без оперативного лечения может быть объяснена тем, что многим пациентам было отказано в оперативном вмешательстве ввиду общей тяжести состояния, которое и способствовало смертельному исходу.

### Заключение

Низкоэнергетические переломы у пациентов с коронавирусной инфекцией – плохой прогностический признак, обусловленный высокой летальностью среди данной группы пациентов. Вследствие тяжести состояния или наличия сопутствующих патологий, обострившихся на фоне инфекционного процесса, половина пациентов не смогли получить оперативное лечение и получали консервативную терапию. Данные пациенты требуют особого внимания медицинского персонала ввиду вышеописанных причин.

## Список литературы

1. Wang D, Hu B, Hu C, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020 Mar 17;323(11):1061-1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585. Erratum in: *JAMA*. 2021 Mar 16;325(11):1113. PMID: 32031570; PMCID: PMC7042881.
2. Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020 Mar;579(7798):270-273. doi: 10.1038/s41586-020-2012-7. Epub 2020 Feb 3. PMID: 32015507; PMCID: PMC7095418.
3. Chen YC, Lin WC. Risk of long-term infection-related death in clinical osteoporotic vertebral fractures: A hospital-based analysis. *PLoS One*. 2017 Aug 9;12(8):e0182614. doi: 10.1371/journal.pone.0182614. PMID: 28793342; PMCID: PMC5549923.
4. Guzon-Illescas O, Perez Fernandez E, Crespí Villarias N, Quirós Donate FJ, Peña M, Alonso-Blas C, García-Vadillo A, Mazzucchelli R. Mortality after osteoporotic hip fracture: incidence, trends, and associated factors. *J Orthop Surg Res*. 2019 Jul 4;14(1):203. doi: 10.1186/s13018-019-1226-6. PMID: 31272470; PMCID: PMC6610901.
5. Mi B, Chen L, Xiong Y, Xue H, Zhou W, Liu G. Characteristics and Early Prognosis of COVID-19 Infection in Fracture Patients. *J Bone Joint Surg Am*. 2020 May 6;102(9):750-758. doi: 10.2106/JBJS.20.00390. PMID: 32379114; PMCID: PMC7219849.
6. Chen YC, Lin WC. Risk of long-term infection-related death in clinical osteoporotic vertebral fractures: a hospital-based analysis. *PLoS One*. 2017. August 9;12(8):e0182614.
7. Rothe C, Schunk M, Sothmann P, Bretzel G, Froeschl G, Wallrauch C, Zimmer T, Thiel V, Janke C, Guggemos W, Seilmaier M, Drosten C, Vollmar P, Zwirgmaier K, Zange S, Wölfel R, Hoelscher M. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med*. 2020 Mar 5;382(10):970-971. doi: 10.1056/NEJMc2001468. Epub 2020 Jan 30. PMID: 32003551; PMCID: PMC7120970.
8. Мальцева Т.С., Гайнутдинова Е.М., Крутько Д.М., Мазуренко С.О. Оценка коморбидности, факторов риска, выявляемости и адекватности лечение остеопороза у больных с новыми низкоэнергетическими переломами.// Боткинские чтения. Всероссийская научно-практическая конференция: сборник тезисов. 2017. С. 170-171.
9. Мазуренко С.О. Коморбидный пациент в практике врача центра остеопороза. Всероссийский терапевтический конгресс с международным участием. Боткинские чтения. Сборник Тезисов. СПб.Ж Изд-во «Человек и его здоровье» 24.04. 2019. Стр. 157
10. Lesnyak, O., Gladkova, E., Aleksandrov, N., Belaya Z., Belova K., Bezlyudnaya N., Dobrovolskaya O., Dreval A., Ershova O., Grebennikova T., Kryukova I., Mazurenko S., Priymak D., Rozhinskaya L., Samigullina R., Solodovnikov A., Toroptsova N. Treatment of high fracture risk patients in routine clinical practice. *Arch Osteoporos* 15, 184 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00851-z>



11. Beaven A, Piper D, Plant C, Sharma A, Agrawal Y, Cooper G. Thirty-Day Mortality for Proximal Femoral Fractures Treated at a U.K. Elective Center with a Site-Streaming Policy During the COVID-19 Pandemic. JB JS Open Access. 2021 Oct 21;6(4):e21.00009. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00009. PMID: 34703966; PMCID: PMC8542172.

12. Ding BTK, Tan KG, Oh JY, Lee KT. Orthopaedic surgery after COVID-19 – A blueprint for resuming elective surgery after a pandemic. Int J Surg. 2020 Aug;80:162-167. doi: 10.1016/j.ijssu.2020.07.012. Epub 2020 Jul 15. PMID: 32679206; PMCID: PMC7362835.

13. Morgan C, Ahluwalia AK, Aframian A, Li L, Sun SNM. The impact of the novel coronavirus on trauma and orthopaedics in the UK. Br J Hosp Med (Lond). 2020 Apr 2;81(4):1-6. doi: 10.12968/hmed.2020.0137. Epub 2020 Apr 10. PMID: 32343187.

14. Awad ME, Rumley JCL, Vazquez JA, Devine JG. Perioperative Considerations in Urgent Surgical Care of Suspected and Confirmed COVID-19 Orthopaedic Patients: Operating Room Protocols and Recommendations in the Current COVID-19 Pandemic. J Am Acad Orthop Surg. 2020 Jun 1;28(11):451-463. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-00227. PMID: 32282441; PMCID: PMC7197335.

15. DiFazio LT, Curran T, Bilaniuk JW, Adams JM, Durling-Grover R, Kong K, Nemeth ZH. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Hospital Admissions for Trauma and Acute Care Surgery. Am Surg. 2020 Aug;86(8):901-903. doi: 10.1177/0003134820939904. Epub 2020 Sep 10. PMID: 32909462.

16. Mi B, Chen L, Xiong Y, Xue H, Zhou W, Liu G. Characteristics and Early Prognosis of COVID-19 Infection in Fracture Patients. J Bone Joint Surg Am. 2020 May 6;102(9):750-758. doi: 10.2106/JBJS.20.00390. PMID: 32379114; PMCID: PMC7219849.

### **Сведения об авторах**

**Семенова Татьяна Сергеевна**, аспирант Санкт-Петербургского государственного университета, врач-терапевт городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия

**Егоров Константин Сергеевич**, кандидат медицинских наук, заведующий травматологическим отделением городской Больницы Святого Великомученика Георгия, доцент кафедры травматологии и ортопедии Северо-западного медицинского университета им. И.И. Мечникова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

**Мазуренко Сергей Олегович**, доктор медицинских наук, профессор, Санкт-Петербургского государственного университета, главный терапевт городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия

**Стрижелецкий Валерий Викторович**, доктор медицинских наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета, главный врач городской Больницы Святого Великомученика Георгия, Санкт-Петербург, Россия

**Иванов Игорь Григорьевич**, заместитель главного врача по медицинской части городской Больницы Святого Великомученика Георгия, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

УДК 616.24-002

*Спивак И.М., Жекалов А.Н., Миронов И.В.,  
Слизов П. А., Глушаков Р.И.*

## **УКОРОЧЕНИЕ ДЛИНЫ ТЕЛОМЕР ПРИ ПНЕВМОНИИ, ВЫЗВАННОЙ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ**

**Аннотация.** В настоящее время одним из наиболее достоверных показателей общего здоровья человека принято считать длину теломер. С ней связывают предрасположенность к развитию заболеваний, в первую очередь – возраст-ассоциированных, или долгожительству. Накопленный за время эпидемии COVID-19 международный опыт прогнозирования течения заболевания и его возможных последствий. Показал, что у пожилых пациентов вероятность тяжелого течения болезни обратно пропорциональна длине теломер пациента. Пилотное исследование общего состояния здоровья включало определение изменения длины теломер у молодых респондентов за время между поступлением в клинику с диагнозом пневмония, вызванной SARS-cov-2 и выпиской. Было обнаружено достоверное укорочение длины теломер не менее, чем на 100 пн. за 3-4 недели. Ранее никаких достоверных изменений длины теломер за такой срок не было описано. Полученные предварительные результаты позволяют рассматривать длину теломер в качестве потенциального биомаркера тяжести течения пневмонии.  
**Ключевые слова:** коронавирусная инфекция; длина теломер; ускоренное старение.

*Spivak I.M., Zhekalov A.N., Mironov I.V.,  
Slizhov P.A., Glushakov R.I.*

## **TELOMERE SHORTENING IN PNEUMONIA CAUSED BY NOVEL CORONAVIRUS INFECTION**

**Abstract.** At the present time telomere length is considered to be one of the most reliable indicators of general human health. It is associated with a predisposition to the development of diseases, primarily age-associated, or longevity. The international experience accumulated during the COVID-19 epidemic in predicting the course of the disease and its possible consequences. He showed that in elderly patients, the likelihood of a severe course of the disease is inversely proportional to the length of the patient's telomeres. The pilot study of general health included the determination of the change in telomere length in young respondents during the time between admission to the hospital with a diagnosis of SARS-cov-2 pneumonia and discharge. A significant shortening of telomere length by no less than 100 bp was found. in 3-4 weeks. Previously, no significant changes in telomere length for such a period have been described. The preliminary results obtained make it possible to consider telomere length as a potential biomarker of the severity of pneumonia. Key words: coronavirus infection; telomere length; accelerated aging.

**Keywords:** coronavirus infection; telomere length; accelerated aging

### **Введение**

В декабре 2019 года в Ухане, провинция Хубэй, Китай, была зарегистрирована вспышка пневмоний неизвестной этиологии. К январю 2020 года у пациентов в Ухане был выделен новый коронавирус, получивший название SARS-cov-2. Этот вирус был определен как возбудитель болезни, получив-

шей название коронавирусная болезнь 2019 года (COVID-19). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) уже в середине марта объявила вспышку COVID-19 пандемией.

Пандемия, вызванная новой коронавирусной инфекцией, поставила перед врачами важную задачу выявления на начальных этапах заболевания людей с повышенной вероятностью развития его тяжелого течения. Большое количество публикаций было посвящено тому, что возраст и сопутствующие заболевания, такие как сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких и опухоли являются отягчающими факторами. В то же время, у достаточно большого числа пожилых пациентов болезнь протекает в легкой форме, а некоторые молодые и здоровые люди переносят пневмонию, вызванную SARS-cov-2, достаточно тяжело. Это противоречие усугубилось третьей волне пандемии, при которой тяжелые формы заболевания появились среди детей и подростков. Появились работы, доказывающие, что степень тяжести течения заболевания связана не с календарным, а с биологическим возрастом пациентов, причем уже имеющиеся до COVID-19 признаки ускоренного старения ведут к его более тяжелой форме [9]. Одновременно было предсказано укорочение продолжительности жизни у людей, перенесших COVID-19, причем это должно привести к тому, что ожидаемая продолжительность жизни снизится на 3–9 лет в Северной Америке и Европе, на 3–8 лет в Латинской Америке и Карибском бассейне. на 2–7 лет в Юго-Восточной Азии и на 1–4 года в странах Африки к югу от Сахары. Поскольку продолжительность жизни является ключевым показателем развития цивилизации, рост смертности, особенно среди уязвимых подгрупп населения, окажется крайне значимым с этой точки зрения [13].

Таким образом, пандемия дала толчок большому количеству работ, посвященных ускоренному старению и механизмам, поддерживающим или, напротив, тормозящим этот процесс. Длина теломер, как один из подробно описанных маркеров ускоренного старения, с самого начала привлекла внимание исследователей как возможный предиктор течения COVID-19 [20]. В литературе есть большой массив исследований, доказывающих, что основой клеточного старения является уменьшение средней длины и накопление ультракоротких теломер с возрастом. В то же время индивидуальный разброс средней длины теломер очень велик. В работе Санчеса-Варкеса с соавт [18], опубликованном в январе 2021 года в журнале *Aging*, приведены подробные данные о связи тяжести протекания COVID-19 с длиной теломер, наличием коротких теломер и скоростью их укорочения у мужчин и женщин.

В работе Сторци [21] с соавторами было показано, что кроме ядерной теломерной ДНК в тканях существует и внеклеточная, появляющаяся в результате физиологического выхода ДНК из клетки. Причем количество внеклеточной теломерной ДНК прямо пропорционально средней длине теломер и, как и средняя длина внутриядерной теломерной ДНК, коррелирует с показателями общего здоровья индивидуума. В то же время во

внеклеточной ДНК находится и митохондриальная ДНК, появляющаяся в результате митоптоза и, напротив, коррелирующая с провоспалительным фенотипом. Как доказано экспериментально, более выраженное увеличение количества внеклеточной митохондриальной ДНК и уменьшение теломерной ДНК\длины теломер с возрастом характерно для мужчин. Это приводит к повышенному риску тяжелого течения пневмонии именно у пожилых пациентов мужского пола. О гендерных различиях в реакции на вирусную инфекцию сообщалось давно, и они характерны практически для всех возрастных групп при среднем и тяжелом течении заболевания, вне зависимости от его причины [6; 8].

В основе прогрессирующего распада противовоспалительного внеклеточного резервуара телДНК лежит укорочение теломер. У молодых людей резервуар теломерной противовоспалительной ДНК подавляет провоспалительную активность мтДНК. Высвобождение мтДНК является естественным механизмом ответа на повреждение клеток и в настоящее время считается основным локальным и системным триггером воспаления [3]. У пожилых людей из-за возрастного укорочения теломер количество внеклеточной телДНК также снижается и частично замещается провоспалительными гибридами ДНК\РНК. Этот возрастной дисбаланс у пожилых людей способствует возникновению гипервоспаления. Дальнейшее исследование механизма взаимодействия внеклеточной ДНК (на примере мтДНК и телДНК) могут помочь понять связь между воспалением/старением и патогенезом COVID-19.

Кроме того, вызванные пандемией экономические и социальные проблемы, а также неконтролируемый поток негативной информации, вызвали в обществе психологическое напряжение и привели к появлению немотивированных страхов и депрессивных настроений. В литературе существуют данные об ускоренном укорочении теломер под влиянием длительного стресса [2; 12], а также укорочении теломер у пациентов, страдающих депрессией или другими психотическими расстройствами [23]. У таких пациентов также показано падение уровня BDNF в периферической крови. Пациенты с диабетом 2 типа и с депрессией имели самые высокие уровни кортизола и самые низкие уровни BDNF, а также самые короткие теломеры по сравнению с другими группами обследованных [16]. То есть в этом исследовании доказано, что длина теломер и уровень BDNF меняются однонаправленно, что, вероятно, является свидетельством их глубокой связи на уровне физиологии клетки.

Ранее было показано, что количеством BDNF в сыворотке крови зависит от Val66Met полиморфизма данного гена – наиболее низкое у гомозиготных носителей метионина Met / Met, средние значения у гетерозигот Val / Met и наибольшее у гомозигот Val / Val. При этом у носителей аллеля Met в гомозиготной форме повышен риск развития диабета 2 типа и различных психотических патологий, таких как биполярное расстройство и шизофрения [24]. Одновременно показано, что количество BDNF в сыворотке крови прямо пропорционально длине теломер [10]. Таким образом, BDNF Val 166 Val

генотип является генетической базой для поддержания здоровья и активного долголетия [22]. Поэтому неудивительно, что одновременно с укорочением теломер у пациентов с COVID-19 наблюдается падение уровня BDNF. В силу описанных ранее особенностей течения данной инфекции главный фокус этих исследований направлен на изучение ускоренного старения при COVID-19 [11].

В то же время представление о том, что длина теломер может служить маркером перенесенного стресса, как физиологического, так и психологического, и реакции на него [12] не зависит от возраста пациента, часто речь идет даже о пренатальном и постнатальном периоде жизни [5]. Поэтому мы решили сфокусировать наше исследование на пациентах молодого (до 25 лет) возраста [10] с пневмонией, вызванной SARS-cov-2.

**Материалы и методы.** В исследовании принимала участие группа из 36 пациентов, средний возраст  $19 \pm 1.8$  лет, перенесших COVID-19 и проведенных в медицинском стационаре не менее трех и не более четырех недель. Пробы крови в соответствии с информированным согласием были взяты при поступлении и при выписке из стационара. У 12 из них был проведен молекулярно-генетический анализ.

Теломеры измеряли в ДНК, выделенной из лимфоцитов периферической крови с применением набора (Биолабмикс, Новосибирск) по протоколу производителя. Для измерения длины теломер применяли метод количественной полимеразной цепной реакции в реальном времени (кПЦР), описанный Каутоном [4]. С целью получения абсолютных значений средней длины теломер на геном использовали синтезированные олигонуклеотиды [14] с использованием амплификатора ДТ-прайм и коммерческих наборов (Биолабмикс, Новосибирск). Праймеры к теломерной последовательности: Tel1: 5'-ggg ttt tga ggg tga ggg tga ggg tga ggg t-3', Tel2: 5'-tcc cga cta tcc cta tcc cta tcc cta tcc cta-3' и к единичному гену 36B4: 36B4u: 5'-cag caa gtg gga agg tgt aat cc-3', 36B4d: 5'-ccc att cta tca tca acg ggt aca a-3' синтезированы фирмой «Синтол (Москва), как описано нами ранее [1].

Определение полиморфных аллелей гена нейротрофического фактора BDNF Val66Met (rs6265 полиморфизм – генотипы Val/Val, Val/Met, Met/Met) проводили с использованием набора реагентов для определения генетического полиморфизма методом ПЦР в режиме реального времени (Синтол, РФ) на амплификаторе (RT-PCR) ДТ-Прайм (ДНК-Технология, РФ).

**Результаты.** Предварительные результаты показали, что у 12 обследованных пациентов с пневмонией, вызванной SARS-cov-2, после 3 недель пребывания в стационаре длины теломер достоверно сократились не менее, чем на 100 пн. При проведенных ранее исследованиях длина теломер за такой срок в контрольной группе не менялась [19]. Можно сделать вывод, что укорочение теломер является одним из серьезных последствий COVID-19 и приводит к ускорению процессов старения. К сожалению, нам не удалось обнаружить достоверную связь полиморфных вариантов гена BDNF с длиной теломер или данными анамнеза.

**Заключение и выводы**

Исходя из полученных нами предварительных результатов, мы можем рассматривать возможности практического применения в персонализированной медицине измерения длины теломер при лечении пневмонии, вызванной SARS-cov-2, в качестве потенциального биомаркера тяжести течения заболевания и прогнозирования возможных последствий. Такой подход предлагался и раньше [7], но в условиях пандемии COVID-19 и в сочетании с исследованием полиморфизма гена BDNF он приобретает большую практическую ценность. Теломерная ДНК, так как она состоит из повторов –TTAGGG-, принадлежит к большому семейству полигуанозиновых (G-богатых) ДНК-олигонуклеотидов, обладающих противовоспалительной активностью [15; 17]. Следовательно, эти «потенциальные» препараты ДНК, возможно, стоит принять во внимание при лечении осложнений COVID-19.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант No. 20-013-00121 А.*

**Список литературы**

1. Смирнова Т.Ю., Рунов А.Л., Вонский М.С., Спивак Д.Л., Захарчук А.Г., Михельсон В.М., Спивак И.М. (2012) Длина теломер в группе долгожителей северо-западного региона России // Цитология. 54(5): 439 – 445.
2. Спивак И.М., Михельсон В.М., Спивак Д.Л. 2015. Длина теломер, активность теломеразы, стресс и старение. – Успехи геронтологии, 28, 3: 412-420. Spivak I. M., Mikhel'son V.M., and Spivak D. L. 2016. Telomere Length, Telomerase Activity, Stress, and Aging. *Advances in Gerontology*, 2016, Vol. 6, No. 1, pp. 29–35.
3. Bruno V., Vuotto C., Valvo S., D'Ambra C., Esposito F.M., Chiurchiù V., Devine O., Sanchez M., Borsellino G., Gilroy D., Akbar A.N., Dustin M.L., Karin M., Lann A. Intercellular telomere transfer extends T cell lifespan. *BioRxV*. 2020 doi: 10.1101/2020.10.09.331918.
4. Cawthon R.M. Telomere measurement by quantitative PCR. // *Nucleic Acids Res.* – 2002. – V. 30 – e47.
5. Epel ES. Can Childhood Adversity Affect Telomeres of the Next Generation? Possible Mechanisms, Implications, and Next-Generation Research. *Am J Psychiatry*. 2020 Jan 1;177(1):7-9. doi: 10.1176/appi.ajp.2019.19111161. PMID: 31892296.
6. Gebhard C., Regitz-Zagrosek V., Neuhauser H.K., Morgan R., Klein S.L. Impact of sex and gender on COVID-19 outcomes in Europe. *Biol. Sex Differ.* 2020;11(1):29.
7. Gorenjak V, Akbar S, Stathopoulou MG, Visvikis-Siest S. The future of telomere length in personalized medicine. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2018 Mar 1;23:1628-1654. doi: 10.2741/4664. PMID: 29293454.
8. Griesbeck M, Ziegler S, Laffont S, Smith N, Chauveau L, Tomezsko P, Sharei A, Kourjian G, Porichis F, Hart M, Palmer CD, Sirignano M, Beisel C, Hildebrandt H, Cénac C, Villani AC, Diefenbach TJ, Le Gall S, Schwartz O, Herbeuval



JP, Autran B, Guéry JC, Chang JJ, Altfeld M. Sex Differences in Plasmacytoid Dendritic Cell Levels of IRF5 Drive Higher IFN- $\alpha$  Production in Women. *J Immunol*. 2015 Dec 1;195(11):5327-36. doi: 10.4049/jimmunol.1501684. Epub 2015 Oct 30. PMID: 26519527; PMCID: PMC4654231.

9. Kuo CL, Pilling LC, Atkins JC, Masoli J, Delgado J, Tignanelli C, Kuchel G, Melzer D, Beckman KB, Levine M. COVID-19 severity is predicted by earlier evidence of accelerated aging. *medRxiv [Preprint]*. 2020 Jul 11:2020.07.10.20147777. doi: 10.1101/2020.07.10.20147777.

10. Lau H., Fitri A., M. Ludin, Rajab N. F., Shahar S. 2017. Identification of Neuroprotective Factors Associated with Successful Ageing and Risk of Cognitive Impairment among Malaysia Older Adults *Curr Gerontol Geriatr Res.*;2017:4218756. doi: 10.1155/2017/4218756.

11. Lio D., Scola L., R. M. Giarratana, G. Candore, G. Colonna-Romano, C. Caruso, C. R. Balistreri. SARS CoV2 infection \_The longevity study perspectives *Ageing Res Rev*. 2021 doi: 10.1016/j.arr.2021.101299. Online ahead of print.

12. Ludlow AT, Ludlow LW, Roth SM. Do telomeres adapt to physiological stress? Exploring the effect of exercise on telomere length and telomere-related proteins. *Biomed Res Int*. 2013;2013:601368. doi: 10.1155/2013/601368. Epub 2013 Dec 24. PMID: 24455708; PMCID: PMC3884693.

13. Marois G, Muttarak R, Scherbov S. Assessing the potential impact of COVID-19 on life expectancy. *PLoS One*. 2020 Sep 17;15(9):e0238678. doi: 10.1371/journal.pone.0238678.

14. O'Callaghan N.J., Dhillon V.S., Thomas P., Fenech M. A quantitative real-time PCR method for absolute telomere length. // *Biotechniques*. – 2008. – V. 44. – P. 807 – 9.

15. Ohto U., Shibata T., Tanji H., Ishida H., Krayukhina E., Uchiyama S., Miyake K., Shimizu T. Structural basis of CpG and inhibitory DNA recognition by Toll-like receptor 9. *Nature*. 2015;520(7549):702–705.

16. Prabu P., . Poongothai S, Shanthirani C S., Anjana R. M., Mohan V., Balasubramanyam M.. 2020. Altered circulatory levels of miR-128, BDNF, cortisol and shortened telomeres in patients with type 2 diabetes and depression *Acta Diabetol*57(7):799-807. doi: 10.1007/s00592-020-01486-9.

17. Römmler F., Hammel M., Waldhuber A., Müller T., Jurk M., Uhlmann E., Wagner H., Vollmer J., Miethke T. Guanine-modified inhibitory oligonucleotides efficiently impair TLR7- and TLR9-mediated immune responses of human immune cells. *PLoS One*. 2015;10(2) e0116703.

18. Sanchez-Vazquez R, Guío-Carrión A, Zapatero-Gaviria A, Martínez P, Blasco MA. Shorter telomere lengths in patients with severe COVID-19 disease. *Ageing (Albany NY)*. 2021 Jan 11;13(1):1-15. doi: 10.18632/aging.202463.

19. Spivak I. M., Smirnova T. Yu., Urazova A. S., Runov A. L., Vasilishina A. A., Kropotov A. V., Spivak D. L. 2018. Influence of Music Therapy upon Telomere Length: Mini Review and Pilot study. *BIOLOGIJA* No 4, <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/biologija>

20. Srinivas N, Rachakonda S, Kumar R. Telomeres and Telomere Length: A General Overview. *Cancers (Basel)*. 2020 Feb 28;12(3):558. doi: 10.3390/cancers12030558. PMID: 32121056; PMCID: PMC7139734.
21. Storci G., Bonifazi F., Garagnani P., Olivieri F., Bonafè M. The role of extracellular DNA in COVID-19: Clues from inflamm-aging *Ageing Res Rev*. 2020;66:101234. doi: 10.1016/j.arr.2020.101234. Online ahead of print.
22. Vasconcelos-Moreno M. P., G. R. Fries, C. Gubert, B. T. Dos Santos, A. Fijtman, Ju. Sartori, P. Ferrari, L. K. Grun, M. M. Parisi, F. T. Guma, F. Maria Barbé-Tuana, F. Kapczinski, Rosa, L. N Yatham, M. Kauer-Sant'Anna 2017. Telomere Length, Oxidative Stress, Inflammation and BDNF Levels in Siblings of Patients with Bipolar Disorder: Implications for Accelerated Cellular Aging. *Int J Neuropsychopharmacol.*, 20(6):445-454. doi: 10.1093/ijnp/pyx001.
23. Wolkowitz OM, Mellon SH, Epel ES, Lin J, Dhabhar FS, Su Y, Reus VI, Rosser R, Burke HM, Kupferman E, Compagnone M, Nelson JC, Blackburn EH. Leukocyte telomere length in major depression: correlations with chronicity, inflammation and oxidative stress-preliminary findings. 2011. *PLoS One*. 23;6(3):e17837
24. Zhou J.-X., Li H.-C., Bai X.-J., Chang B.-C., Li C.-J., Sun P., Chen L.-M. 2013. Functional Val66Met polymorphism of Brain-derived neurotrophic factor in type 2 diabetes with depression in Han Chinese subjects. *Behav Brain Funct*. 9:34. doi: 10.1186/1744-9081-9-34.

#### **Сведения об авторах**

**Спивак Ирина Михайловна**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИЦ ВМедА им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: irina\_spivak@hotmail.com

**Жекалов Андрей Николаевич**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник НИЦ ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: jann1960@mail.ru,

**Миронов И.В.**, адъюнкт при кафедре госпитальной терапии ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ilyamirono@mail.ru

**Слизов Павел Алексеевич**, младший научный сотрудник НИЦ ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: maidel@bk.ru

**Глушаков Руслан Иванович**, кандидат медицинских наук, начальник НИО (медико-биологических исследований) НИЦ ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: glushakovruslan@gmail.com

УДК 616.441-002+578.834.1

*Строев Ю.И., Цинзерлинг В.А., Чурилов Л.П., Яковлев Д.С.*

## ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА И COVID-19

**Аннотация.** Изучен катамнез 409 лиц с аутоиммунным тиреоидитом (АИТ), из которых 214 в период с января 2020 по октябрь 2021 страдали COVID-19. Из 214 у 23 пациентов изучены клинико-лабораторные данные в острой фазе COVID-19, а у 191 – в разные сроки реабилитационного периода (от 1 до 18 месяцев). Анализировались гемограммы, а также сывороточные уровни тиротропного гормона (ТТГ), свободных тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3), пролактина, кортизола, ферритина, аутоантител к тироглобулину, к тиропероксидазе и к рецепторам ТТГ. Уровень ферритина у лиц с АИТ, не страдавших COVID-19, колебался в пределах нормы с тенденцией к нижней её границе и находился в обратной связи с уровнем пролактина. Концентрация ферритина отражала тяжесть течения COVID-19 и особенно поражения лёгких. Средние абсолютное число и доля лимфоцитов среди лейкоцитов периферической крови в острой фазе COVID-19 снижались с последующей нормализацией в периоде реконвалесценции. Это могло быть связано с перемещением лимфоцитов из крови в ткани во время острой фазы COVID-19, что, вероятно, играет роль в развитии полиорганной постковидной аутоиммунной патологии. Приведено описание клинического случая COVID-19, тяжело протекавшего на фоне АИТ, а также патоморфологическая картина ЩЖ при летальном COVID-19 с её выраженной лимфоидной инфильтрацией (Библ. 36; Рис. 1; Табл. 1).

**Ключевые слова:** анти tiroидные (анти тиреоидные) аутоантитела; аутоиммунный тиреоидит (тиреоидит); гипотироз (гипотиреоз); лимфоциты; пролактин; тиреоидит (тиреоидит) Хашимото (Хасимото); тироидные (тиреоидные) гормоны; ферритин; COVID-19, постковидный синдром.

*Stroev Yu.I., Zinserling V.A., Churilov L.P., Yakovlev D.S.*

## THYROID AND COVID-19

**Abstract.** The catamnesis of 409 individuals with autoimmune thyroiditis (AIT) was studied, of which 214 suffered from SARS-CoV-2-infection (COVID-19) between January 2020 and October 2021. Clinical and laboratory data were studied out in 23 of them – in the acute phase of COVID-19, and in 191 – at different terms of the post-COVID rehabilitation period (from one to 18 months). Clinical blood analyses, the serum levels of thyrotropic hormone (TSH), free thyroxine (T4), free triiodothyronine (T3), prolactin, cortisol, ferritine as well as autoantibodies to: thyroglobulin, thyroperoxidase, and TSH receptor – were studied. The level of ferritin in people with AIT who did not suffer from COVID-19 fluctuated within the normal range rather with a tendency to its lower limit and correlated reciprocally with prolactin; the concentration of ferritin in peripheral blood may reflect the severity of COVID-19, especially the severity of lung damage. The average absolute lymphocyte count and the average share of lymphocytes among white blood cells clearly decreased in the acute phase of COVID-19, followed by returning to normal level during the period of convalescence. This phenomenon could be related to emigration and homing of lymphocytes during the acute phase of COVID-19, which is of particular significance in the context of the development of multiorgan autoimmune pathology after disease. The article gives a description of a clinical case of COVID-19, which proceeded severely against the background of AIT, as

well as the pathomorphological picture of the thyroid gland in lethal case of COVID-19 with pronounced lymphoid infiltration of thyroid. (Bibliography: 36 references; 1 figure; 1 table).

**Keywords:** anti-thyroid autoantibodies; autoimmune thyroiditis; COVID-19; ferritin; Hashimoto's thyroiditis; hypothyroidism; prolactin, post-COVID syndrome, lymphocytes; thyroid hormones.

### Введение

В XXI веке ведущей причиной гипотироза на планете стал аутоиммунный тиреоидит (АИТ) Хасимото [12, 13, 34]. АИТ – это полиорганная аутоиммунная патология, в которую могут вовлекаться, помимо его первой мишени – щитовидной железы (ЩЖ), различные органы и системы организма, в частности, кроветворная, которая часто страдает при гипотирозе [14, 34]. Известна высокая частота анемий при АИТ, в том числе – гипохромных микроцитарных, что связывают с увеличением продукции печеночного понижающего регулятора всасывания железа гепсидина при АИТ, происходящем по мере прогрессирования гипотироза [16]. К тому же, АИТ часто сочетается с аутоиммунными поражениями желудка и кишечника, нарушающими всасывание железа [21].

В настоящее время инфекция SARS-CoV-2 (COVID-19) представляет собой глобальную проблему для мирового здравоохранения. Иммунная система – часть иммунонейроэндокринного коммуникативно-регуляторного аппарата организма, и ответ организма на инфекцию, в том числе – COVID-19, не может рассматриваться как только иммунный.

Патогенный или саногенный результат такого ответа как в острый период, так и в отдаленной перспективе зависит от нейроэндокринных процессов, сопровождающих и балансирующих процессы иммунные, в том числе от регуляторных воздействий ЩЖ и/или нарушений ее функций. Уже опубликованы клинические наблюдения, свидетельствующие о нарушениях со стороны ЩЖ и во время, и после COVID-19. Тироциты экспрессируют большие количества молекул, «открывающих» вирусу SARS-CoV-2 путь внутрь поражаемых им клеток, ACE2 и TMPRSS2, следовательно, и первичное повреждение ЩЖ может играть важную роль в патогенезе COVID-19 [7, 15]. Однако до сих пор дискутируется вопрос о том, может ли COVID-19 привести к дисфункции ЩЖ *de novo* или же способен лишь усугубить её уже существующую патологию [10].

На сегодняшний день практически все аутоиммунные и иммунопатологические заболевания ЩЖ (болезнь фон Базедова – Грейвса, хронический АИТ Хасимото, подострый тиреоидит Де Кервена, атипичный безболезненный и послеродовой тиреоидиты) зарегистрированы как осложнения COVID-19 [3, 7, 15, 30]. Накапливаются доказательства, касающиеся различных аутоиммунных поздних осложнений COVID-19: аутоиммунной гемолитической анемии, иммунной тромбоцитопенической пурпуры, болезни Кавасаки, синдрома Гийена–Барре и аутоиммунных заболеваний ЩЖ, а обнаружение анти-тиреоидных аутоантител служит сигналом в пользу

роли COVID-19 в индуцировании аутоиммунитета вообще [34]. Обострения и новые случаи около 30 различных аутоиммунопатий наблюдались при COVID-19 и после него, что дало возможность охарактеризовать SARS-CoV-2 как «вирус аутоиммунитета» [11]. И хотя ранее существовавшее аутоиммунное заболевание ЩЖ, по-видимому, вряд ли делает таких пациентов более уязвимыми к COVID-19, в некоторых описаниях клинических случаев были зафиксированы рецидивы болезни фон Базедова-Грейвса уже через месяц после инфекции SARS-CoV-2. Вероятность того, что дисфункция ЩЖ может повысить восприимчивость к инфекции COVID-19, требует дальнейшего изучения [13, 14]. COVID-19 вызывает избыточное системное действие медиаторов воспаления, включая цитокины [12]. Некоторые из них – интерлейкин (ИЛ)-6, ИЛ-1 и фактор некроза опухоли- $\alpha$  – могут существенно влиять на функции ЩЖ и на интенсивность антитироидного аутоиммунного процесса. Типичный для всех критически больных «синдром низкого Т3», при этом также влияет на исход COVID-19, увеличивая смертность от респираторного дистресс-синдрома. COVID-19, в условиях выраженного действия на тироциты упомянутых цитокинов, служит фактором риска транзиторного гипертироза, который способствует повышению смертности при COVID-19 [10]. Оценка функции ЩЖ при COVID-19 ВОЗ, к сожалению, пока не предписана [32]. Но между COVID-19 и ЩЖ взаимосвязь несомненна [5, 7, 10, 11, 13, 14, 23, 26, 28, 34]. Уровни ТТГ и Т3 у лиц с тяжелой коронавирусной инфекцией – обычно ниже контроля. Чем тяжелее коронавирусная инфекция, тем ниже был Т3, что установили еще во время вспышки SARS в 2003 г. [31]. Концентрации ТТГ и Т3 были ниже у умерших от COVID-19, чем у выздоровевших [6]. Если в остром периоде COVID-19 фиксируются эпизоды гипертироза и «синдром низкого Т3», то картина постковидного синдрома, напротив, проявляет ряд признаков, сходных с гипотирозом [7, 13; 26].

Таким образом, заболевания ЩЖ, связанные с COVID-19, включают как вирус-ассоциированный деструктивный тиреоидит, так и её возникающие и/или рецидивирующие аутоиммунные болезни, приводящие к широкому спектру тироидных дисфункций, начиная от тиротоксикоза и заканчивая гипотирозом, что может ухудшать клиническое течение COVID-19 и влиять на его прогноз [17, 23]. Некоторые авторы придают именно тироидным поражениям существенную роль в патогенезе постковидных нарушений здоровья [18], но другие отрицают развитие после COVID-19 *de novo* стойких тироидных нарушений [34]. Так или иначе, но ввиду широчайшей распространенности тироидита Хасимото количество сочетанных случаев COVID-19 и этой болезни, безусловно, велико. По свидетельству Yazdanpanah N. и Rezaei N., неясно, развивается ли у пациентов с COVID-19, у которых ранее не было проблем со ЩЖ, её эндокринная дисфункция после данной инфекции [34]. Такого же мнения придерживаются Voelaert K. et al., которые полагают, что аутоиммунные заболевания ЩЖ не связаны с повышенным риском COVID-19 [5].

В настоящее время нарастает интерес к макрофагальному белку ферритину (Ф) как иммуномодулятору [2, 35]. Ф окисляет закисное железо в  $Fe^{+3}$  и хранит его в макрофагах, вовлеченных в аутофагоцитоз стареющих и поврежденных эритроцитов в метаболически неактивной и, что важно при инфекциях, – в недоступной патогенам форме. По уровню Ф косвенно судят о запасах железа в организме. ИЛ-1 и ИЛ-6 (уровень которых при COVID-19 повышается) стимулируют, а оксид азота (в том числе – производимый Th1-лимфоцитами) подавляет продукцию Ф. В обеднённой железом форме Ф секретируется в кровь, обладая подавляющим действием на гемопоэз и иммуносупрессорным эффектом [22]. Уровень Ф в крови особенно нарастает при некоторых онкогематологических и онкологических болезнях, а также при ряде аутоиммунных заболеваний (ревматоидный артрит, дерматомиозит, СКВ, рассеянный склероз), хотя при иных аутоиммунопатиях он может быть и нормальным. Ф – источник железа для тиропероксидазы, необходимой для синтеза тироидных гормонов [35]. Т3 стимулирует печеночную продукцию ферритина [19]. Впрочем, при тиротоксикозе польские авторы сообщали, напротив, о более низком уровне сывороточного Ф, по сравнению с нормой [36], возможно, в силу ускоренного потребления железа. В мировой литературе крайне мало данных о состоянии обмена Ф при АИТ, хотя АИТ и гипотироз, как указывалось выше, нередко сопровождаются железodefицитной анемией [2, 16]. Японские авторы обнаружили, что уровень Ф при АИТ, оставаясь в пределах нормы, снижается при понижении концентрации гормонов ЩЖ и повышается при терапии АИТ тироидными гормонами [29]. Не обнаружили отклонений уровня Ф от нормы при АИТ и в когорте польских пациентов, причем у них он не менялся значимо при терапии тироидными гормонами, хотя и коррелировал положительно с падающим при этом уровнем гепсидина [16].

Есть данные о повышении уровня Ф при подостром лимфоцитарном тироидите Де Кервена [25], причем гиперферритинемия при этом заболевании сопровождается усиленным острофазным ответом с лихорадкой [9], как и при COVID-19, где избыток Ф в крови служит неотъемлемым звеном цитокинового шторма [8]. Сведения о ферритине при инфекции COVID-19, протекающей на фоне АИТ, в литературе скудные. Но в мире описаны уже десятки случаев тироидита Де Кервена, спровоцированного COVID-19 [3, 30] и несколько случаев этой болезни после вакцинации от COVID-19 [27].

**Цель исследования.** Изучить особенности клинической картины и динамику состояния ЩЖ и уровня Ф у лиц с АИТ, страдавших COVID-19.

**Материал и методы.** Нами изучен кагмагез 409 лиц с АИТ, из которых 214 в период с января 2020 г. по октябрь 2021г. страдали COVID-19. Из 214 у 23 пациентов изучены клинико-лабораторные данные в острой фазе заболевания, а у 191 – на разных сроках постковидного реабилитационного периода (от одного месяца до полутора лет). Изучены клинические анализы крови, индекс массы тела (ИМТ), а также сывороточные концентрации Ф, железа, ТТГ, свободных Т4 и Т3, пролактина (ПРЛ), кортизола (КЗ),



аутоантител (АТ) к тироглобулину (ТГ), тиропероксидазе (ТПО) и рецепторам ТТГ (рТТГ). Данные обработаны статистически точным методом Фишера. Взаимосвязь между вышеназванными показателями изучена с помощью корреляционного анализа.

**Результаты.** На первом этапе работы были обследованы 195 больных АИТ с гипотирозом различной степени тяжести (возраст – от 9 до 84 лет), не страдавших COVID-19. Женщин было 176 (ср. возраст –  $40,26 \pm 1,06$  г.), мужчин – 19 (ср. возраст –  $42,74 \pm 4,10$  г.). Уровень Ф в общей группе составил  $41,9 \pm 3,1$  нг/мл, оставаясь в пределах нормы (для мужчин – 20–250, для женщин – 10–120 нг/мл). У мужчин средний уровень Ф равнялся  $124,5 \pm 14,6$  нг/мл, а у женщин –  $33,0 \pm 2,9$  нг/мл ( $p < 0,001$ ). У уровня Ф обнаружались положительные коррелятивные связи средней силы (с концентрациями АТ к рТТГ, гемоглобина и ИМТ), слабые (с уровнями Т3, железа и цветным показателем); найдены у Ф и слабые обратные корреляции (с АТ к ТГ, АТ к ТПО, ПРЛ, КЗ); при этом отсутствовала корреляционная связь Ф с ТТГ и с Т4.

Таким образом, наши исследования Ф у лиц с АИТ, как и исследования предшественников, подтвердили, что его уровень при этой патологии ЩЖ колеблется в пределах нормы с тенденцией к нижней её границе. Возможно, это является результатом влияния опосредующих АИТ Th1-лимфоцитов. Иммуносупрессорный ферритин находился в обратной корреляционной связи с иммуностимулирующим ПРЛ и в прямой – со стимулятором своей печеночной продукции Т3. Позитивные корреляции с концентрациями гемоглобина, железа и цветным показателем были ожидаемы ввиду функций Ф. Стоит отметить, что уровень железа и риск аутоиммунного поражения ЩЖ могут быть связаны и в силу проксидантного эффекта гиперферремии. Так, первичный гемохроматоз, характеризующийся высокими уровнями Ф и железа в сыворотке и активными свободно-радикальными процессами в органах, по данным [4], сочетается с АИТ более, чем в 8% случаев. С АТ к рТТГ уровень Ф коррелировал прямо, вероятно, ввиду тиростимулирующего характера этих АТ, а с уровнем КЗ – обратно, возможно из-за подавления последним острофазного ответа.

На втором этапе работы мы изучили клинико-лабораторные показатели у 15 женщин с АИТ, страдавших COVID-19. У пациенток преобладали лёгкая и средней тяжести формы COVID-19. Тяжёлые формы COVID-19 лечились, как правило, в специализированных стационарах Санкт-Петербурга. У большинства больных с тяжёлой и средней тяжести формами COVID-19 использовались глюкокортикоиды (дексаметазон).

Всем пациентам назначались иммуномодулирующие препараты и симптоматические средства из группы нестероидных противовоспалительных (чаще парацетамол), а при наличии пневмонии – использовались антибиотики (азитромицин, цефтриаксон и др.). Температура тела у больных COVID-19 в острый период колебалась от нормальной до  $39,6^\circ\text{C}$ . У подавляющего их большинства наблюдались расстройства обоняния вплоть до полной

аносмии. В 2-х случаях была полная утрата вкусовых ощущений (агевзия). В 4-х случаях отмечалась диарея, в 2-х были тошнота и рвота. Степень поражения легких, по данным компьютерной томографии (КТ), достигала 75%. При этом, как правило, наблюдался сильный кашель. Нередкими были общая резкая слабость, потливость, ломота в теле и артралгии. Сатурация крови кислородом в отдельных случаях падала до 77%. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у большинства больных была невысокой и составила в среднем 13 мм/ч, но у одной женщины при многократных исследованиях СОЭ достигала 82–89 мм/ч (!). Кстати, в реабилитационном периоде СОЭ у этой пациентки снизилась до 12 мм/ч, что свидетельствует о связи данного феномена именно с COVID-19. Уровень С-реактивного белка (СРБ) существенно нарастал, достигая у ряда лиц 102 мг/л (!) при верхней границе нормы – 5 мг/л. Тяжесть течения COVID-19 отражал и уровень Ф. Так, самый высокий его показатель – 2939,8 нг/мл (!) – наблюдался у мужчины К., 53 лет, переносившего тяжёлую ковидную пневмонию. По-видимому, здесь наблюдались и эффект «утечки» ферритина из легочной ткани вследствие ее разрушения, и выраженный гиперергический ответ острой фазы — до степени шокоподобного расстройства. При этом концентрация Ф в динамике отражала как тяжесть течения COVID-19, так и изменения площади поражения лёгких по данным КТ.

Гиперферритинемия считается важным показателем и патогенетическим звеном цитокинового шторма, в частности, при COVID-19 [8]. Цитокиновый шторм – это гипераутоакемия, т.е. состояние, сопровождающееся чрезмерной активизацией иммунной системы, утратой барьерности очагов воспаления и лавинообразной продукцией его медиаторов, концентрации которых, выходя за пределы воспалительных очагов, в кровотоке растут в десятки раз, нарушая текучесть крови, несмачиваемость стенок микрососудов и мешая системной регуляции жизненно важных функций [24]. Такая картина цитокинового шторма наблюдалась в одном нашем случае у 40-летнего мужчины с АИТ, переносившего COVID-19 с вовлечением лёгочной паренхимы, по данным КТ, до 30%. Уровень ферритина достигал у него в этот момент 828,2 нг/мл, СРБ – 91,4 мг/л, ввиду цитолиза активность ряда ферментов в крови также повысилась (аланинаминотрансферазы – до 135 Ед/л, аспаратаминотрансферазы – до 163 Ед/л, гамма-глутамилтранспептидазы – до 99 Ед/л, лактатдегидрогеназы – до 583 Ед/л). Концентрация D-димера была 0,56 мг/л, СОЭ – 30 мм/ч, численность лимфоцитов в крови резко упала: абсолютная до  $0,63 \times 10^9/\text{л}$ , а относительная – до 13,6% (!).

Примером, иллюстрирующим состояние ЦЖ при тяжелом фатальном COVID-19, может служить наблюдение, отраженное на микрофотографии среза щитовидной железы при COVID-19, полученной *post mortem* (Рис.1).

У больных АИТ, страдавших COVID-19, мы изучили динамику содержания лимфоцитов периферической крови. По данным А.А. Иванчак [1], у лиц с АИТ, не имевших в анамнезе COVID-19, среднее абсолютное число

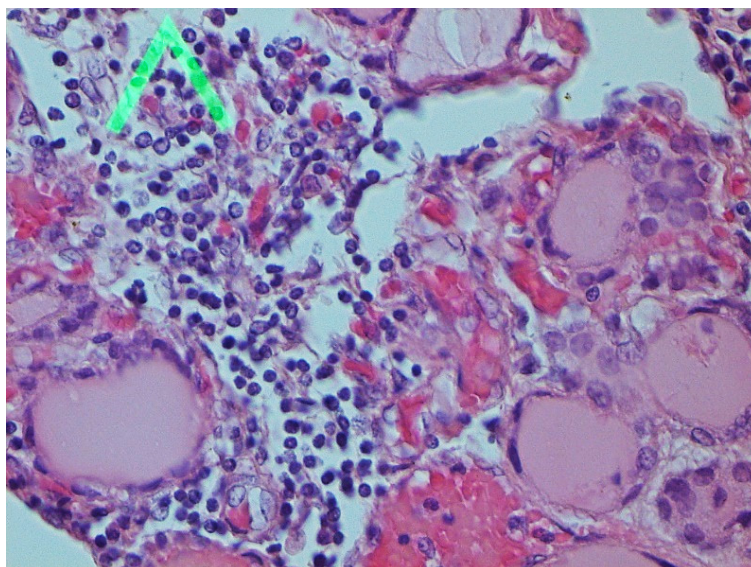


Рисунок 1 – Микрофотография среза щитовидной железы. Гематоксилин-эозин, ув.  $\times 200$ . Пациентка X., 34 лет, погибла от субтотальной ковидной пневмонии с генерализацией процесса после кесарева сечения на 27–28 нед. беременности. В препарате – неравномерные небольшие фолликулы щитовидной железы, выстилающие эпителиальные клетки – с крупными светлыми ядрами (возможно, вирусиндуцированными); знаком ^ помечена очаговая лимфоцитарная инфильтрация (наблюдение В.А. Цинзерлинга)

лимфоцитов в единице объема крови составляет  $2,32 \pm 0,04 \times 10^9/\text{л}$ , а средняя доля лимфоцитов среди лейкоцитов –  $35,57 \pm 0,47\%$ . У наших пациентов с АИТ в острой фазе COVID-19 эти показатели составили соответственно, лишь  $1,88 \pm 0,14 \times 10^9/\text{л}$  и  $32,02 \pm 2,37\%$ , т.е. понизились (разница по обоим показателям статистически значима). В периоде реконвалесценции наблюдалось возвращение уровней лимфоцитов практически к норме – соответственно  $2,27 \pm 0,09 \times 10^9/\text{л}$  и  $36,27 \pm 0,85\%$  (в сравнении с острой фазой COVID-19 разница статистически значима,  $p < 0,01$ ) (Табл. 1).

Таблица 1 – Динамика абсолютного и относительного содержания лимфоцитов периферической крови у лиц с АИТ, страдавших COVID-19

<b>Пациенты с аутоиммунным тиреоидитом Хасимото</b>		<b>Среднее содержание лимфоцитов (абс.) <math>\times 10^9/\text{л}</math></b>	<b>Среднее содержание лимфоцитов (%)</b>
Не страдавшие COVID-19		$2,32 \pm 0,04$	$35,57 \pm 0,47$
Страдавшие COVID-19	Острая фаза болезни	$1,88 \pm 0,14$	$32,02 \pm 2,37$
	Период реконвалесценции	$2,27 \pm 0,09$	$36,27 \pm 0,85$

По-видимому, падение численности лимфоцитов в крови у лиц с АИТ, страдающих COVID-19, обусловлено не только гибелью этих клеток, усиленной при SARS-CoV-2, но также процессами эмиграции и хоуминга лимфоцитов в ходе иммунного ответа и формирования иммунопатологических органных поражений, продиктованных течением COVID-19 [33]. Как видно на рис. 1, лимфоидная инфильтрация происходит и в ЩЖ. Следует учесть и влияние на судьбу лимфоцитов крови как собственных (при выраженном стрессорном ответе надпочечников), так и использовавшихся в лечении экзогенных (дексаметазон) глюкокортикоидов. Так или иначе, известно, что апоптоз лимфоцитов человека – это процесс, зависимый от тироидных гормонов [20], а следовательно, транзиторный гипертироз, о котором сообщалось при остром COVID-19, может ему способствовать.

Вопрос, связанный с перемещением лимфоцитов из крови в ткани во время острой фазы COVID-19, имеет, по-видимому, особую значимость в контексте развития полиорганной аутоиммунной патологии после COVID-19 и требует дальнейшего изучения.

### Список литературы

1. Иванчак А.А., Строев Ю.И., Чурилов Л.П. Лимфоциты периферической крови и аутоиммунный тиреоидит /Труды XIII Всеросс. научн.-практ. конф. с междунар. участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения», Санкт-Петербург, 20–23 ноября 2019. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та Петра Великого, 2019; 13: 585-605.
2. Яковлев Д. С., Строев Ю. И., Чурилов Л. П. Аутоиммунный тиреоидит и кроветворная система. Здоровье–основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020; 15(1): 663–674.
3. Aemaz Ur Rehman M, Farooq H, Ali MM, Ebaad Ur Rehman M, Dar QA, Hussain A. The Association of Subacute Thyroiditis with COVID-19: a Systematic Review. SN Compr Clin Med. 2021: 1-13. doi: 10.1007/s42399-021-00912-5.
4. Barton JC, Barton JC. Autoimmune Conditions in 235 Hemochromatosis Probands with HFE C282Y Homozygosity and Their First-Degree Relatives. J Immunol Res. 2015; 2015:453046. doi: 10.1155/2015/453046.
5. Boelaert K. et al. Endocrinology in the time of COVID-19: Management of hyperthyroidism and hypothyroidism // Eur. J. Endocrinol. 2020 Jul;183(1): G33-G39. doi: 10.1530/EJE-20-0445.PMID: 32438340.
6. Chen T, Wu D, Chen H, Yan W, Yang D, Chen G, Ma K, Xu D, Yu H, Wang H, Wang T, Guo W, Chen J, Ding C, Zhang X, Huang J, Han M, Li S, Luo X, Zhao J, Ning Q. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. BMJ. 2020; 368:m1091. doi: 10.1136/bmj.m1091. Erratum in: BMJ. 2020; 368:m1295.
7. Clarke SA, Abbara A, Dhillon WS. Impact of COVID-19 on the Endocrine System – a mini-review. Endocrinology. 202: bqab203. doi: 10.1210/endoqr/bqab203.
8. Colafrancesco S., Alessandri C., Conti F., Priori R. COVID-19 gone bad: A new character in the spectrum of the hyperferritinemic syndrome? // Autoimmun Rev.

2020 Jul;19(7):102573. doi: 10.1016/j.autrev.2020.102573.

9. Cunha BA, Chak A, Stollo S. Fever of unknown origin (FUO): de Quervain's subacute thyroiditis with highly elevated ferritin levels mimicking temporal arteritis (TA). *Heart Lung*. 2010; 39(1):73-7. doi: 10.1016/j.hrtlng.2009.06.006.

10. Czarnywojtek A. et al. Influence of SARS-CoV-2 infection on thyroid gland function: The current knowledge // *Adv. Clin. Exp. Med*. 2021; 30(7):747–755.

11. Dotan A, Muller S, Kanduc D, David P, Halpert G, Shoenfeld Y. The SARS-CoV-2 as an instrumental trigger of autoimmunity. *Autoimmun Rev*. 2021; 20(4):102792. doi: 10.1016/j.autrev.2021.102792.

12. Dufort EM, Koumans EH, Chow EJ, Rosenthal EM, Muse A, Rowlands J, Barranco MA, Maxted AM, Rosenberg ES, Easton D, Udo T, Kumar J, Pulver W, Smith L, Hutton B, Blog D, Zucker H; New York State and Centers for Disease Control and Prevention Multisystem Inflammatory Syndrome in Children Investigation Team. Multisystem Inflammatory Syndrome in Children in New York State. *N Engl J Med*. 2020; 383(4): 347-358. doi: 10.1056/NEJMoa2021756.

13. Duntas L.H., Jonklaas J. COVID-19 and Thyroid Diseases: A Bidirectional Impact. *J. Endocr. Soc*. 2021; 5(8): bvab 076. doi: 10.1210/jendso/bvab076.

14. Dworakowska D., Grossman A.B. Thyroid disease in the time of COVID-19. *Endocrine*. 2020; 68(3):471–474. doi: 10.1007/s12020-020-02364-8.

15. Inaba H., Aizawa T. Coronavirus Disease 2019 and the Thyroid – Progress and Perspectives. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2021; 12: 708333. doi: 10.3389/fendo.2021.708333.

16. Hernik A, Szczepanek-Parulska E, Filipowicz D, Abdolall A, Borowczyk M, Wrotkowska E, Czarnywojtek A, Krasiński Z, Ruchała M. The hepcidin concentration decreases in hypothyroid patients with Hashimoto's thyroiditis following restoration of euthyroidism. *Sci Rep*. 2019; 9(1):16222. doi: 10.1038/s41598-019-52715-3.

17. Kahaly GJ. Management of Graves Thyroidal and Extrathyroidal Disease: An Update. // *J. Clin. Endocrinol. Metab*. 2020. Dec 1;105(12):3704–20. doi: 10.1210/clinem/dgaa646.PMID: 32929476.

18. Karimifard, M., Eshagh Hoseini, J., Mohamadkhani, A., & Akbari, M. Subacute Thyroiditis as Evidence of SARS-CoV2 Related Autoimmune Disorders and Case Descriptions. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 2021; 23(10): doi: org/10.32592/ircmj.2021.23.10.1134

19. Leedman PJ, Stein AR, Chin WW, Rogers JT. Thyroid hormone modulates the interaction between iron regulatory proteins and the ferritin mRNA iron-responsive element. *J Biol Chem*. 1996; 271(20): 12017-23. doi: 10.1074/jbc.271.20.12017.

20. Mihara S, Suzuki N, Wakisaka S, Suzuki S, Sekita N, Yamamoto S, Saito N, Hoshino T, Sakane T. Effects of thyroid hormones on apoptotic cell death of human lymphocytes. *J Clin Endocrinol Metab*. 1999; 84(4): 1378–85. doi: 10.1210/jcem.84.4.5598.

21. Rayman MP. Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc Nutr Soc*. 2019; 78(1): 34-44. doi: 10.1017/S0029665118001192.



22. Recalcati S, Invernizzi P, Arosio P, Cairo G. New functions for an iron storage protein: the role of ferritin in immunity and autoimmunity. *J Autoimmun.* 2008; 30(1-2): 84-9. doi: 10.1016/j.jaut.2007.11.003.
23. Ruggeri RM, Campenni A, Deandreis D, Siracusa M, Tozzoli R, Petranović Ovcariček P, Giovanella L. SARS-COV-2-related immune-inflammatory thyroid disorders: facts and perspectives. *Expert Rev Clin Immunol.* 2021; 17(7):737–759. doi: 10.1080/1744666X.2021.1932467.
24. Ryabkova VA, Churilov LP, Shoenfeld Y. Influenza infection, SARS, MERS and COVID-19: Cytokine storm – The common denominator and the lessons to be learned. *Clin Immunol.* 2021; 223:108652. doi: 10.1016/j.clim.2020.108652.
25. Sakata S, Nagai K, Maekawa H, Kimata Y, Komaki T, Nakamura S, Miura K. Serum ferritin concentration in subacute thyroiditis. *Metabolism.* 1991; 40(7): 683-8. doi: 10.1016/0026-0495(91)90084-a.
26. Şandru F, Carsote M, Petca RC, Gheorghisan-Galateanu AA, Petca A, Valea A, Dumitraşcu MC. COVID-19-related thyroid conditions (Review). *Exp Ther Med.* 2021; 22(1):756. doi: 10.3892/etm.2021.10188.
27. Siolos A, Gartzonika K, Tigas S. Thyroiditis following vaccination against COVID-19: Report of two cases and review of the literature. *Metabol Open.* 2021 Dec;12:100136. doi: 10.1016/j.metop.2021.100136.
28. Speer G., Somogyi P. Thyroid complications of SARS and coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Endocr J.* 2021; 68(2):129-136. doi: 10.1507/endocrj. E J20-0443. Epub 2021 Jan 19. PMID: 33473054.
29. Takamatsu J, Majima M, Miki K, Kuma K, Mozai T. Serum ferritin as a marker of thyroid hormone action on peripheral tissues. *J Clin Endocrinol Metab.* 1985; 61(4):672-6. doi: 10.1210/jcem-61-4-672.
30. Trimboli P, Cappelli C, Croce L, Scappaticcio L, Chiovato L, Rotondi M. COVID-19-Associated Subacute Thyroiditis: Evidence-Based Data From a Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2021; 12:707726. doi: 10.3389/fendo.2021.707726.
31. Wang W, Ye YX, Yao H 2003 Evaluation and observation of serum thyroid hormone and parathyroid hormone in patients with severe acute respiratory syndrome. *J. Chin. Antituberculous. Assoc.* 2003; 25:232–234.
32. WHO. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020. – World Health Organization: Geneva a.e. 2020.
33. Xiang Q, Feng Z, Diao B, Tu C, Qiao Q, Yang H, Zhang Y, Wang G, Wang H, Wang C, Liu L, Wang C, Liu L, Chen R, Wu Y, Chen Y. SARS-CoV-2 Induces Lymphocytopenia by Promoting Inflammation and Decimates Secondary Lymphoid Organs. *Front Immunol.* 2021; 12: 661052. doi: 10.3389/fimmu.2021.661052.
34. Yazdanpanah N, Rezaei N. Autoimmune complications of COVID-19. *J Med Virol.* 2021; doi: 10.1002/jmv.27292.
35. Zandman-Goddard G., Shoenfeld Y. Ferritin in autoimmune diseases. *Autoimmunity Reviews.* 2007; 6(7): 457–463.



36. Zwirska-Korczała K, Buntner B, Sobieraj H, Ostrowska Z, Kniazewski B, Swietochowska E. Serum ferritin, iron and transferrin in women with thyrotoxic Graves' disease before and after methimazole treatment. Acta Physiol Pol. 1990; 41(7):163–8.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

*Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов. Работа поддержана грантом Правительства РФ, договор 14.W03.31.0009.*

### Сведения об авторах

**Строев Юрий Иванович**, профессор кафедры патологии, кандидат медицинских наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: svetlanastroeva@mail.ru

**Цинзерлинг Всеволод Александрович**, заведующий НИО патоморфологии, доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ. Санкт-Петербург, Россия; e-mail: zinserling@yandex.ru

**Чурилов Леонид Павлович**, заведующий кафедрой патологии СПбГУ, кандидат медицинских наук, доцент, зам. руководителя лаборатории мозаики аутоиммунитета, Санкт-Петербургский государственный университет, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского НИИ фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: elpach@mail.ru

**Яковлев Дмитрий Сергеевич**, студент 6 курса медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: iakovlev986@mail.ru

УДК 616.83 : 616.9

Тибекина Л.М.

## НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

**Аннотация.** В обзоре представлены данные о поражении нервной системы при коронавирусной инфекции и клинические особенности заболевания, вызываемого SARS-CoV-2. Указывается, что новая коронавирусная инфекция имеет сходство как по морфологии, так и клиническим проявлениям с другими возбудителями семейства коронавирусов, особенно SARS-CoV-1 и MERS-CoV. Это требует тщательной диагностики и исключения этиологической роли SARS-CoV-2 в каждом конкретном случае заболевания. Для клиники SARS-CoV-2 характерно более частое вовлечение в патологический процесс периферических отделов обонятельного и вкусового анализаторов по сравнению с другими коронавирусами. Нередко эти и другие симптомы поражения нервной системы появляются без катаральных явлений. Особое внимание обращается на возможные механизмы нейроинвазии и нейротропность коронавирусов. Не исключается поражение стволовых структур при SARS-CoV-2, влияющих на функцию дыхания и усугубляющих дыхательную и сердечно-сосудистую деятельность.

**Ключевые слова:** коронавирусы, COVID-19, нейротропность, нейроинвазия, поражение ЦНС и ПНС, инсульт, синдром Гийена-Барре

*Tibekina L.M.*

## NEUROLOGICAL ASPECTS OF CORONAVIRUS INFECTION

**Abstract.** The review presents data on the damage to the nervous system in coronavirus infection and the clinical features of the disease caused by SARS-CoV-2. It is indicated that the new coronavirus infection has similarities both in morphology and clinical manifestations with other pathogens of the coronavirus family, especially SARS-CoV-1 and MERS-CoV. This requires careful diagnosis and exclusion of the etiological role of SARS-CoV-2 in each specific case of the disease. The SARS-CoV-2 clinic is characterized by a more frequent involvement of the peripheral parts of the olfactory and gustatory analyzers in the pathological process compared to other coronaviruses. Often these and other symptoms of damage to the nervous system appear without catarrhal symptoms. Special attention is paid to the possible mechanisms of neuroinvasion and neurotropicity of coronaviruses. Damage to the stem structures is not excluded with SARS-CoV-2, which affect the respiratory function and aggravate respiratory and cardiovascular activity.

**Keywords:** coronaviruses, COVID-19, neurotropicity, neuroinvasion, CNS and PNS damage, stroke, Guillain-Barré syndrome.

### Введение

Распространение заболевания под названием COVID-19 (CoronaVirus Disease 2019), вызванного коронавирусом SARS-CoV-2, приобрело большие масштабы и продолжает сопровождаться высокой заболеваемостью, приводя к значительной убыли населения Земли.

Коронавирусы (Coronavirus, CoV) представляют большое семейство РНК-содержащих вирусов, вызывающих различные заболевания не только у животных, но и людей. При этом чаще всего страдает дыхательная система и желудочно-кишечный тракт. Возможно развитие тяжелого острого респираторного синдрома с поражением дыхательной системы, особенно на фоне инфицирования CoV – SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2 [1]. Они относятся ко II группе патогенности инфекционных возбудителей, имеют высокий эпидемический потенциал и могут приводить к летальному исходу. Более легкие и умеренные по тяжести варианты острой респираторной инфекции с поражением верхних дыхательных путей вызываются преимущественно такими коронавирусами, как HCoV-229E, HCoV -OC43, -NL63 и -HKU1. Клинические и экспериментальные исследования показали, что MERS-CoV, SARS-CoV и SARS-CoV-2 имеют тропность не только к эпителиоцитам легких, но при вирусемии могут вызывать поражение других органов и систем [2,3]. Поскольку коронавирусы обладают нейротропными свойствами необходимо понимание возможности проникновения SARS-CoV-2 в центральную (ЦНС) и периферическую (ПНС) нервную систему, его персистенция в клетках тканей организма.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных изучению патогенеза заболевания, вызываемого SARS-CoV-2, диагностике и поиску наиболее эффективных методов лечения, многие аспекты проблемы остаются недостаточно изученными. В частности, механизмы проникновения вируса в нервную ткань и поражение её структурных элементов, возможности персистенции вируса в нервных и других клетках организма, влияние поражения терминальных ветвей черепных нервов и центральных отделов нервной системы на развитие или усугубление дыхательной недостаточности, когнитивных, психоэмоциональных расстройств у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию и ряд других вопросов требуют дальнейшего изучения.

### **Нейротропность коронавирусов и инвазия в клетки**

Большинство представителей семейства CoV обладают сходной клеточной структурой и имеют те же пути заражения и распространения в организме [4]. Так, у вируса SARS-CoV-2 не только близкая к SARS-CoV структура и аналогичный трансмембранный рецептор для проникновения в клетки человека, но и сходные клинические проявления вызванной им острой тяжелой пневмонии с высокой летальностью, как и при поражении возбудителем MERS-CoV [5]. Проникновение коронавирусов в организм человека происходит воздушно-капельным и контактным путями, и первыми поражаются эпителиальные клетки слизистых оболочек полости носа, рта, глаза, верхних и нижних дыхательных путей. В носоглотку вирусы могут поступать со слезой через слезно-носовый канал [6,7]. Иннервация этих структур обеспечивается конечными ветвями и рецепторным аппаратом обонятельного, тройничного, лицевого (вкусовые волокна), языкоглоточного и блуждающего нервов. Вирусы, внедряясь и размножаясь в эпителиальных клетках носовой полости, носоглотки, по аксонам терминальных ветвей «мигрируют» в нейроны I, V, VII пар черепных нервов [8]. Преградой на их пути к оболочкам и структурам головного мозга становится локальный иммунный контроль в местах взаимодействия вируса с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента (angiotensin-converting enzyme – ACE2) и трансмембранной сериновой протеазы 2 (transmembrane protease serine 2, TMPRSS2). Это обуславливает необходимость на самых ранних этапах заболевания активизировать местный иммунитет. У человека ACE2 имеют широкое представительство. По данным X. Zou и соавт. [9], наиболее уязвимыми к вирусу SARSCoV-2 являются легкие и нижние отделы дыхательных путей, сердце, почки, кишечник, а также гладкомышечные клетки сосудистой стенки (преимущественно микроциркуляторное русло). Рецепторы ACE2 представлены также в нейронах, глиальных клетках и эндотелиоцитах [10].

В дебюте заболевания COVID-19 больные могут жаловаться на болевые ощущения в лице, заложенность носа (иногда она отсутствует) без ринореи, изменения в восприятии запахов и вкуса. Отмечено, что внезапная

потеря обоняния может наступать при относительно хорошем самочувствии больного [11]. В дальнейшем нарушения обоняния и вкуса у большей части больных проходят.

SARS-CoV-2 и SARS-CoV посредством S-белка (Spike Protein) на их отростках прикрепляются к мембранным рецепторам ACE2) и проникают в клетки хозяина [5]. Для активации S-белка необходима TMPRSS2 [12,13]. В связи с большей экспрессией гена ACE2 в нижних дыхательных путях SARS-CoV-2 поражает преимущественно легкие. Страдают альвеолоциты 1-го и 2-го типов, клетки эндотелия сосудов, что приводит к нарушению функционирования аэрогематического барьера и сурфактантного альвеолярного комплекса. Одним из предполагаемых механизмов гибели клеток, инфицированных SARS-CoV-2, является пироптоз. Это вид программируемой некротической гибели клетки, при котором в результате активации каспазы 1 происходит нарушение целостности плазматической мембраны с формированием пор и быстрым высвобождением наружу содержимого клетки [14,15]. В очагах воспаления активированные макрофаги, кроме выработки медиаторов воспаления, секретируют ростовые факторы, запускающие процесс репарации и активирующие фибробласты. Активация нейтрофилов, возникающая на любое нарушение гомеостаза в органах дыхания, способствует повреждению эндотелия, ухудшению реологических свойств крови, активации тромбоцитов и нарушению микроциркуляции. Нейтрофилами выделяется фактор активации тромбоцитов, обуславливая тем самым агрегацию и секвестрацию тромбоцитов, синтез фактора роста тромбоцитов, стимулирующего процессы фиброобразования легочной ткани. Репликация вируса в клетках-мишенях приводит к их гибели, развитию системной воспалительной реакции, продукции С-реактивного белка (СРБ) и других острофазных белков, активации альвеолярных макрофагов, продуцирующих интерлейкины, что в сумме запускает «цитокиновый шторм» и субтотальное поражение легких [16], гиперкоагуляцию и полиорганную недостаточность [17]. Объем и степень поражения микроциркуляторного русла напрямую коррелируют с течением и прогнозом заболевания.

Вирусы и токсины могут проникнуть через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) в сосудистую систему, мозговые оболочки и паренхиму мозга [18]. Они способны внедряться в эндотелиальные клетки микроциркуляторного русла головного мозга и нарушать плотные контакты между ними, повышая проницаемость ГЭБ. Это было отмечено в экспериментальных исследованиях со штаммом вируса гриппа H7N1. Сосуды микроциркуляторного русла, обеспечивающие кровоснабжение зрительных бугров, субкортикальных, перивентрикулярных областей белого вещества больших полушарий, при повреждении вызывают структурные изменения в мозговой ткани, что находит подтверждение при нейровизуализации в виде некроза, макро- и микрокровоизлияний, лейкоэнцефалопатии с поражением мозолистого тела, белого вещества лобных и височных долей.

### *Нейротропность и нейроинвазивность SARS-CoV-2*

В настоящее время имеются данные о вовлечении различных отделов нервной системы в патологический процесс у пациентов с COVID-19. [19, 20]. Для вируса SARS-CoV-2, как и для ряда других вирусов этого семейства, характерны нейротропность и нейроинвазивность с интраназальным путем попадания инфекции.

О нейротропности и нейроинвазивности коронавирусов свидетельствуют, например, патоморфологические исследования у пациентов, умерших от атипичной пневмонии, вызванной SARS-CoV. В мозговой отечной ткани, в нейронах у них находили вирусные частицы [21, 22]. Неврологические осложнения описаны при заболевании, вызванном возбудителем MERS-CoV [23], а экспериментальные исследования на трансгенных мышах, выявили при интраназальном введении проникновение SARS-CoV и MERS-CoV в структуры головного мозга по обонятельным нервам и в дальнейшем размножение вирусов в клетках таламуса и ствола мозга [24, 25].

Проникновению вирусов в спинномозговую жидкость и нейрональные клетки препятствуют ГЭБ и гематоликворный барьер. Микроглия обеспечивает иммунную защиту нервной системы [26]. Тем не менее коронавирусы и представители ряда других семейств (вирусы Коксаки В3, ВИЧ, флавивирусы и другие) могут проникать в ЦНС через ГЭБ путем нейроретроградного транспорта [26-28]. О преодолении вирусом ГЭБ свидетельствуют данные аутопсии, позволившие определить наличие РНК SARS-CoV-2 в паренхиме мозга и ликворе с помощью ПЦР [19, 20]. Аналогичный механизм проникновения в ЦНС имеют вирусы гриппа А, В и энтеровирус D68, поражающие преимущественно дыхательную систему человека [29, 30]. Эти возбудители могут проникать в нейрональные структуры ЦНС через обонятельный тракт и черепные нервы - тройничный и блуждающий [31-33]. В частности, при назальном вдыхании, инокуляции HCoV-OC43, MERS-CoV-13, SARS-CoV, SARS-CoV-34 и других, вирусы у экспериментальных животных были обнаружены через несколько суток сначала в обонятельной луковице, затем в обонятельной коре, таламусе, стволе, спинном мозге. Прерывание распространения вируса путем абляции на уровне обонятельной луковицы препятствовало его инвазии в мозговые нейроны [34]. Ключевую роль в сопротивляемости центральных нейрональных систем к проникновению COV и их дальнейшей репликации, формировании иммунитета играют микроглия и периваскулярные макрофаги [35, 36].

Известно, что ядро солитарного тракта блуждающего нерва получает афферентную информацию от хемо- и механорецепторов дыхательной системы, а эфферентные волокна двойного ядра иннервируют клетки гладкомышечной ткани, желез и кровеносных сосудов дыхательных путей. Проникновение вирусов в ядра (n. solitarius, n. ambiguus) и комплекс дыхательного центра, получающих информацию от хеморецепторов о содержании в крови O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, регулирующих глубину и ритм дыхания,

возможно по сенсорным волокнам блуждающего нерва и микроциркуляторной сети [37]. При вирусемии РНК и белки MERS-CoV, SARS-CoV, SARS-CoV-2 у погибших определялись в верхних дыхательных путях, легких, стволе мозга, таламусе, гипоталамусе, гиппокампе, корковых извилинах лобной, височной доли, гипофизе, щитовидной, паращитовидной железах, внутренних, репродуктивных органах, потовых железах, спинномозговой жидкости [39]. Однако, данные литературы свидетельствуют, что относительно пути поражения SARS-CoV-2 нервной системы нет единой точки зрения. Так, масштабные исследования, проведенные в Испании, показали, что поражение нервной системы у пациентов с COVID-19 носит вторичный характер, связанный с нарушениями мозгового кровообращения, иммуноопосредованными реакциями, и они, по мнению авторов, не обусловлены непосредственной инвазией вируса в нервную ткань [40].

Тем не менее, критическое состояние и смерть больного могут быть связаны не только с выраженным поражением легочной ткани, но и вовлечением ствола мозга [41,42]. Угнетение дыхательного центра и возможно связанное с этим развитие дыхательной недостаточности у ряда пациентов нуждается в дальнейшем подробном изучении с проведением рандомизированных экспериментальных, клинических и патоморфологических исследований [36].

Следует отметить, что коронавирусы участвуют в процессах, приводящих к демиелинизации различных структур ЦНС и ПНС [43]. Описаны случаи развития энцефалита Бикерстаффа и синдрома Гийена-Барре у пациентов с инфекционным заболеванием, вызванным MERS-COV. При этом симптомы поражения нервной системы возникали через 2–3 недели от начала болезни [44].

К негативным проявлениям вирусной нейроинвазии SARS-CoV-2 можно отнести тот факт, что она способствует развитию обострений и прогрессированию таких заболеваний, как миастения, рассеянный склероз, оптикомиелит, парапротеинемические хронические полиневропатии, нейродегенеративные, нервно-мышечные и др. заболевания [45, 46].

### **Клинические варианты поражения ЦНС при COVID-19**

При SARS-CoV-2 патологический процесс может сопровождаться вовлечением оболочек, сосудов, паренхимы головного мозга, клинически проявляясь менингитом, энцефалитом, энцефалопатией, острыми нарушениями мозгового кровообращения (ОНМК). Возможно поражение спинного мозга с развитием клиники миелопатии. Тяжелой и труднокурабельной патологией является изолированное поражение спинного мозга в виде острого поперечного миелита [47].

Как указывалось выше, имеются данные, свидетельствующие о нейротропности и нейроинвазивности SARS-CoV-2, как и у других коронавирусов человека и животных [19, 48]. Прямое нейротоксическое действие вируса может быть обусловлено взаимодействием с ACE2-позитивными нейроэпителиальными клетками и ретроградным аксональным распространением вируса.



Помимо прямого нейротоксического действия SARS-CoV-2 возможно развитие ишемии мозга вследствие гипоксемии и нарушения кровоснабжения ЦНС, обусловленного коагулопатией, эндотелиальной дисфункцией и тромбозами сосудов. По такому механизму развиваются, например, энцефалопатия критических состояний, ишемические и геморрагические поражения ЦНС. Другой механизм включает аутоиммунное поражение нервной системы, возникающее вследствие антигенной мимикрии и воспалительной гиперактивации клеточного и гуморального звена иммунитета. Не исключается возможность распространения (персистенции) коронавируса SARS-CoV-2 в организме за счет инфицирования клеток иммунной системы, более вероятно, макрофагов [49]. В реальных условиях поражение оболочек и паренхимы мозга возникает достаточно редко [50, 51].

По данным исследования L. Mao et al. (2020), из 214 пациентов у 88 (41,1%) больных с новой коронавирусной инфекцией отмечалось тяжелое течение заболевания, у 126 (58,9%) – легкое или средней тяжести. При этом в группе с тяжелым течением заболевания превалировали пациенты более старшего возраста и с более частой сопутствующей патологией (47,7% и 32,5%, соответственно). Изменения в неврологическом статусе отмечались в 36,4% (78 человек) и они ассоциировались с тяжелым течением заболевания. У 5,7% больных в первой группе диагностировался инсульт в то время, как в группе с менее тяжелым течением – в 0,8%. Обращено внимание на большую долю пациентов первой группы по сравнению со второй с нарушением сознания (14,8% и 2,4%, соответственно) и поражением мышц (19,3% и 4,8%) [52].

#### *Цереброваскулярные нарушения при коронавирусной инфекции*

Одним из серьезных осложнений коронавирусной инфекции является острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), которое может протекать по ишемическому, геморрагическому и смешанному типу. Больные, как правило, переносят инсульт в остром периоде коронавирусной инфекции на фоне гипертермии и пневмонии. Развитие окклюзии магистральных экстракраниальных или интракраниальных сосудов происходит обычно при иммобилизации больного, активации процесса тромбообразования, нередко резистентности к гепарину и антиагрегантной терапии. Имеются данные, что риск возникновения ишемического инсульта (ИИ), транзиторных ишемических атак, тромбоза синусов и вен головного мозга при респираторных инфекциях возрастает в несколько раз [53, 54]. Вероятность ИИ при острой коронавирусной инфекции составляет примерно 6%. Факторами риска развития инсульта при COVID-19 могут быть артериальная гипертензия и гипотензия, ишемия и/или воспаление миокарда, нарушения сердечного ритма, гемореологические нарушения, возникающие у больных с тяжелой пневмонией и/или с острым респираторным дистресс-синдромом, васкулиты и эндотелиты, нарушение проницаемости сосудистой стенки. В развитии цереброваскулярных расстройств значительная роль принадлежит острому диффузному поражению миокарда [55].

У больных COVID-19 существенное значение в развитии ОНМК может иметь декомпенсация сопутствующих заболеваний, в первую очередь сахарного диабета, ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии [9].

Установлена связь многоочагового поражения мозга с коагулопатией и антифосфолипидными антителами (к кардиолипину,  $\beta 2$ -гликопротеину I, IgA и IgG) [56]. Возможны тромбоэмболии, в том числе легочной артерии, церебральных сосудов, парадоксальная эмболия при открытом овальном окне сердца. Одной из особенностей коагулопатии при коронавирусной инфекции является быстрое истощение системы физиологических антикоагулянтов, в том числе протеинов С и S, снижение фибринолитического потенциала крови. Гемостазиологические исследования указывают на снижение антитромбина III, протеинов S и C, укорочение времени свертывания крови, а также увеличение концентрации фибриногена, ферритина и уровня D-димера. При этом уровень D-димера коррелирует с тяжестью заболевания и его увеличение часто свидетельствует о развитии коагулопатии. Этот показатель считается одним из наиболее надёжных биомаркеров гиперкоагуляции у больных с коронавирусной инфекцией [57]. Иногда тромбообразование достигает степени диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови, определяющим исход заболевания. Создаются условия для формирования микротромбов, нарушающих микроциркуляцию и ведущих к развитию ишемии разных органов и тканей.

В структуре ИИ преобладают тромботические окклюзии крупных артерий [58]. Кроме того, возможны диффузные повреждения мозга по типу острой (токсической, гипоксемической, ишемической) энцефалопатии [57]. Существенным отличием COVID-зависимого ИИ от атеротромботического ИИ является отсутствие связи тромба с атеросклеротической бляшкой и наличие признаков воспаления сосудистой стенки. Воспаление и отёк сосудистой стенки прямо или косвенно может быть связан с воздействием вируса или аутоиммунной реакцией.

При геморрагическом инсульте первостепенное значение в его развитии приобретают нарушения гемостаза, проницаемости сосудистой стенки и неконтролируемая артериальная гипертензия. Особенностью клинических проявлений интрацеребрального кровоизлияния, геморрагического инфаркта при тромбозе внутримозговых синусов является преобладание общемозговых симптомов над очаговыми [53, 59].

В литературе представлены публикации о сосудистой патологии мозга, ассоциированной с коронавирусом – острая геморрагическая задняя обратимая энцефалопатия [60]. Она характеризуется развитием цефалгии, нарушением сознания, судорогами, поведенческими расстройствами без выраженных метаболических и соматических осложнений. При проведении нейровизуализации (КТ, МРТ) определяется типичный паттерн – субкортикальный вазогенный отек, билатеральное, чаще симметричное

поражение белого вещества затылочных, височных долей, подкорковых ядер, кроме таламуса, а также наличие множественных микрогеморрагий в коре, мозолистом теле. Проведение КТ-ангиографии и венографии позволяют исключать стенозы, окклюзии и нарушения кровотока. Ликвор обычно не изменен, либо в нем отмечается небольшое повышение белка, возможна ксантохромия. Геморрагический компонент вначале заболевания при нейровизуализации определяется не всегда. Результаты тестирования образцов крови и ЦСЖ на вирусы гриппа А, В, простого герпеса, цитомегаловируса, ветряной оспы, респираторно-синцитиального вируса, и др. у обследуемых пациентов отрицательны. В мазках из носоглотки обнаруживается SARS-CoV-2, в ЦСЖ он может не выявляться [60–62].

Тяжелое течение инфекции способствует провоспалительным изменениям, сдвигу гемостаза в прокоагулянтную сторону и микроциркуляторным расстройствам. Одной из проблем сочетания цереброваскулярной патологии и COVID-19 является влияние инсульта на течение этой инфекции. Инсульт сопровождается активацией симпатической нервной системы и острой иммуносупрессией, что может утяжелять течение COVID-19 с последующим усугублением инсульта [46]. Основными причинами смерти больных с тяжелой коронавирусной инфекцией являются обусловленные «цитокиновым штормом» острый респираторный дистресс-синдром, сочетание дыхательной и сердечной недостаточности, септический шок, множественные тромбозы вследствие коагулопатии, полиорганная недостаточность [63]; при развитии острой церебральной патологии – отек и дислокация мозга.

*Воспалительные и аутоиммунные поражения нервной системы при коронавирусной инфекции*

Коронавирусы HCoV-229E, -OC43, -NL63, -HKU1, MERS – CoV, SARS-CoV, в том числе SARS-CoV-2, а также энтеровирусы, вирусы парагриппа, герпеса могут вызывать острый геморрагический энцефалит, или некротизирующую энцефалопатию [61, 64-66]. Её клинические проявления характеризуются кашлем, одышкой, возникновением на этом фоне головной боли, дезориентировки, двигательного беспокойства, судорог, речевых гностических нарушений, гиперкинезов, потери сознания. Очаговые и менингеальные симптомы выявляются не всегда. При нейровизуализации (КТ, МРТ головного мозга) определяется симметричное распространенное или ограниченное поражение белого вещества височной доли, островка, базальных ганглиев, таламуса с признаками кровоизлияния (от множественных рассеянных микрогеморрагий до сливных), размягчение мозга. Значительно реже встречаются изменения стволовых структур и мозжечка. Определено, что носители мутаций в гене, кодирующем белок RANBP2 (Ran Binding Protein 2), составляют группу риска развития острой некротической энцефалопатии, ассоциированной с респираторной инфекцией [67]. Генетическая предрасположенность, гибель серого и белого

вещества мозга, активация микроглии, цитокинов аутосенсibilизированных клонов (CD4+, Th1, Th17 клеточного иммунного ответа), молекулярная микрия – значимые факторы инициации демиелинизации в ЦНС и ПНС во время инфицирования респираторными вирусами человека [68, 69].

Предполагается возможность участия коронавирусов в генезе рассеянного склероза [70]. Установлено, что аутореактивные лимфоциты могут перекрестно реагировать как с эпитопами коронавируса HCoVOC43 зараженных мышей, так и с миелином человека [61].

По данным других исследователей (Arbour N. et al., 2000) в развитии рассеянного склероза пусковым фактором может быть CoV – 229E [71].

Parsons T. et al. (2020) описали острый диссеминированный энцефаломиелит, который ассоциировался с коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2. Диагноз был поставлен на основании мультифокального поражения мозгового вещества, выявляемого при нейровизуализации и неврологическом осмотре, билатеральном поражении зрительных нервов, белого вещества в полушариях мозга и на грудном уровне спинного мозга. В ликворе определялся лимфоцитарный плеоцитоз и повышенный белок. Тест ПЦР на SARS-CoV-2 был положительным. Иммунотерапия сопровождалась хорошим клиническим эффектом [72].

#### *COVID-19 и судорожный синдром*

В генезе судорожных приступов важная роль отводится индукции цитокинов, нейротоксичности, активации рецепторов глутаматергической трансмиссии, гипокальциемии, гипоксемии [73]. Предполагается, что носительство вируса, проникновение его в нейроны коры головного мозга не инициирует развития эпилептиформной активности и не влияет на клинические характеристики приступов у больных эпилепсией. Структурно-функциональные нарушения в очаге поражения, вызванные SARS-CoV-2, имеют важное, но не определяющее значение для эпилептизации нейронов. Частота возможного осложнения при COVID-19 не превышает 1%. В соответствии с имеющейся информацией можно говорить о низком риске ухудшения течения приступов у большинства пациентов с эпилепсией при заражении. Однако существует риск ухудшения состояния у пациентов с фебрилитетом из-за COVID-19 при эпилептических синдромах, при которых приступы провоцируются лихорадкой или инфекционным процессом. Кроме того, учитывая психоэмоциональный статус пациентов с эпилепсией, наличие у них коморбидных когнитивных, психопатологических нарушений, можно ожидать в условиях стрессовой ситуации присоединения конверсионных расстройств, требующих дифференциальной диагностики с истинно эпилептическими припадками. Сообщается, также, что при поступлении в стационар больного эпилепсией имеется риск не только провокации или учащения приступов, но и развития эпилептического статуса [74, 75].

Следует отметить, что неврологические нарушения, которые могут возникать до появления симптомов инфицирования и в последующие

периоды течения заболевания, выявляются у 25% больных и в ряде случаев требуют оказания быстрой помощи. К ним относятся агитация, панические атаки, спутанность сознания, психомоторное возбуждение, дезориентация и некоторые другие проявления церебральных нарушений [76, 77].

### **Поражение ПНС**

#### *Нарушение вкуса и обоняния*

Частыми проявлениями прямого нейротоксического действия SARS-CoV-2 являются мононейропатии I, II, V, VII, IX и X пар черепных нервов, проявляющиеся нарушением обоняния (аносмия, гипосмия, парасмия) и вкуса (агевзия, гипогевзия, дисгевзия), реже – оптической нейропатией, прозопарезом/прозоплегией, бульбарными и вегетативными нарушениями [69].

Наиболее частым неврологическим проявлением COVID-19 являются поражение обонятельного и вкусового анализаторов.

По данным разных исследований нарушение обоняния при заболевании колеблется от 5,1% до 88,0% [52, 78]. При этом у большинства из заболевших (88,2%) эти нарушения возникают одновременно или после появления общеинфекционных симптомов, а у 11,8% – при их отсутствии. Расстройства обоняния могут проявляться в виде иллюзий, искаженного восприятия, обонятельных галлюцинаций. Специфичность поражения обонятельного анализатора при инфицировании SARS-CoV-2 выше, чем у больных с респираторными заболеваниями, вызванными риновирусом, вирусом Эпштейна–Барр, гриппа, некоторыми коронавирусами. Нарушение обоняния, описанное при других коронавирусных инфекциях, но никогда не рассматриваемое как клинически значимый для диагностики признак, в настоящее время некоторыми авторами предлагается признать в качестве биомаркера COVID-19-инфекции [79]. Однако, надо иметь в виду возможность изменения обоняния при других респираторных инфекциях. Нарушения вкуса при инфицировании SARS-CoV-2 отмечалось в виде агевзии (1,4–5,6%), гипогевзии (47,5%) и дисгевзии (21,1%) [52, 79]. Ветви лицевого нерва, за исключением п. lingualis, обеспечивающего восприятие соленого, кислого, горького, сладкого на передних 2/3 языка, остаются обычно интактными. Мимические мышцы лица страдают крайне редко. Одной из причин их поражения может стать коинфекция. «Мишенью» коронавирусов могут быть хеморецепторы сосочков языка, эпителиальные клетки слизистых оболочек полости рта, глотки; афферентные нервные волокна краниальных нервов; при виремии и ретроградном распространении – кора височной доли, ствол мозга.

В 23,6–41,7% случаев у пациентов развивается нарушение и обоняния и вкуса [80]. Установлено, что расстройства вкуса и обоняния чаще развиваются у женщин, предшествуя другим проявлениям COVID-19. Эти расстройства могут возникать у пациентов без выраженных симптомов ринита или при их полном отсутствии. Указанные особенности подтверждают

вероятность первичного нейротропного поражения при инвазии вируса в нервные волокна обонятельной системы и последующее их поступление в обонятельные луковицы.

При обследовании больных, инфицированных не только SARS-CoV-2, но и CoV-229E, HCoV-NL63 были диагностированы оптическая невропатия и повреждение переднего сегмента глаза [81]. Установлено, что конъюнктивит/кератоконъюнктивит может быть первым и единственным симптомом COVID-19 [82].

#### *Блуждающий нерв и его участие в развитии дыхательной недостаточности*

Особого внимания заслуживает дисфункция блуждающего нерва, наиболее ярко проявляющаяся при развитии острого респираторного синдрома. В результате раздражения конечных ветвей языкоглоточного (IX) и блуждающего (X) нервов, сенсорные рецепторы которых локализуются в слизистых оболочках нёба, глотки, верхних отделах дыхательной системы, пищевода, желудка возникает насильственный сухой кашель, плохо купирующийся бронхолитиками; беттолепсия (кашлевые синкопы), гастроинтестинальная дисфункция; более чем у 30% больных развивается диарея [83, 84]. Боль в горле, першение, сухой кашель, позывы на рвоту – это симптомы не только коронавирусных, но и других респираторных инфекций, что следует учитывать при постановке диагноза [69].

Длительное сохранение симптомов фарингодисфункции у ряда больных можно объяснить периферической сенситизацией (повышением чувствительности) ноцицепторов к медиаторам воспаления при сенсорной вирусной невропатии. В эксперименте показано, что коронавирус может ретроградно перемещаться по блуждающему нерву [41, 85]. У инфицированных интраназально SARS-CoV мышей высокие уровни вирусной РНК были обнаружены в таламусе и стволе мозга со 2–4-го дня после инокуляции [86]. Летальный исход у животных наступал к концу недели до развития клеточного иммунного ответа. Установлено, что в продолговатом мозге имеются рецепторные зоны связывания ангиотензина II – в ядре одиночного пути, в дорсальных моторных ядрах блуждающего нерва, в ростральных и вентральных отделах продолговатого мозга (Allen A. et al., 1988). Воздействие на эти рецепторы сопровождается ангиотензин-II опосредованными многочисленными эффектами, включая регуляцию сердечно-сосудистой, дыхательной деятельности. В связи с этим логично предположить, что тяжелый острый респираторный дистресс-синдром при инвазии SARS-CoV-2 может быть связан не только с повреждением пневмоцитов и альвеолярных клеток легкого, но и с нейротропным влиянием вируса на дыхательный центр продолговатого мозга, о чем уже упоминалось [87].

#### *Синдром Гийена–Барре*

Одной из наиболее тяжелых и редких форм поражения ПНС при COVID-19 является синдром Гийена–Барре (СГБ), Guillain-Barré syndrome,



(GBS), характеризующийся острой воспалительной полиневропатией аутоиммунного характера [88, 89].

Анализ имеющихся данных о связи SARS-CoV-2 с развитием СГБ позволил установить более низкую частоту его развития по сравнению с частотой СГБ, развивающегося на фоне других инфекционных агентов, в частности *Campylobacter jejuni* (~1 случай на 1000 заболевших) и вируса Зика (~1 случай на 4000 заболевших). Также отмечено, что у пациентов с COVID-19 и СГБ относительно нечасто наблюдаются миалгии и радикулопатии (14,2%), которые регистрируются примерно у 2/3 пациентов с СГБ без COVID-19 [90].

Возможно несколько основных вариантов течения синдрома Гийена-Барре: демиелинизирующий, аксональный варианты, с дизавтономией и неадекватной секрецией антидиуретического гормона, сенсорные, моторные, моторно-сенсорные. Развитие СГБ при SARS-CoV-2 может предшествовать поражению легких. Клинические проявления, нейрофизиологические и лабораторные данные аналогичны таковым при других вирусных и бактериальных инфекциях, включая некоторые типы коронавирусов [91]. Развитие симптомов (нарастающая слабость, парализация нижних конечностей) происходит на протяжении суток с наличием или без предшествующих признаков острого респираторного заболевания, но в ряде случаев первоначально возникает потеря вкуса и обоняния. К 3–4-му дню выраженность двигательных нарушений достигает максимума. В ЦСЖ к концу недели определяется повышенное содержание белка при неизменном цитозе (белково-клеточная диссоциация). Данные электронейромиографического исследования типичны для демиелинизирующей или аксональной полинейропатии. При визуализации с гадолинием на МРТ определяются утолщение, накопление контраста в корешках спинного мозга, иногда лицевого нерва [92], оболочках по передней поверхности ствола и верхнешейных сегментов спинного мозга. Поражение черепных нервов проявляется развитием прозопагезии/прозоплегии изолированно или в сочетании с бульбарными нарушениями. Клинические проявления миело- и аксонопатий предшествуют появлению соматических жалоб. Помимо VII, IX, X пар могут страдать III, IV, VI черепные нервы [69]. Случай, описанный J. Kim et al. (2017), свидетельствует о возможности одновременного вовлечения в патологический процесс ЦНС и ПНС при заражении бетакоронавирусами с клинической картиной воспалительной полиневропатии и стволового энцефалита Бикерстаффа.

### **Заключение**

Проблемы, связанные с коронавирусной инфекцией, в частности SARS-CoV-2, изучаются разными специалистами с целью определения особенностей её течения, диагностики, разработки эффективных методов лечения заболевания и способов её профилактики. Разные механизмы поражения ЦНС и ПНС при коронавирусной инфекции обуславливают разнообразие клинических форм данной патологии. Как показывает обзор литературы, сходные симптомы и осложнения со стороны нервной системы

могут вызывать многие представители семейства коронавирусов, поражая ЦНС и ПНС. Требуется хорошая лабораторная база для идентификации возбудителя. Не является уникальной особенностью коронавирусов нейротропность и нейроинвазия, что свойственно ряду других вирусов, а значит наличие риска развития неврологических осложнений. Полиморфизм симптоматики с достаточно большой долей расстройств вкуса и обоняния рядом исследователей отнесены к клиническим маркерам SARS-CoV-2, вызывающего COVID-19. Однако, развитие этих симптомов может возникать при инфицировании другими вирусами. Тем не менее большая доля поражений обонятельного и вкусового анализаторов принадлежит SARS-CoV-2. Обращают на себя внимание варианты развития гипо-аносмии, агевзии, предшествующие катаральным и общеинфекционным симптомам, что должно учитываться в диагностике заболевания. Кроме того, в ряде случаев некоторые симптомы (астения, ажитация, панические атаки и др.) могут также предшествовать общеинфекционным симптомам.

Как показывает практика, коронавирусная инфекция может протекать в форме бессимптомного вирусоносительства или острой респираторной вирусной инфекции с легким, умеренным или тяжелым течением. Тяжесть состояния обуславливается интоксикацией, воспалением верхних и нижних дыхательных путей с развитием пневмонии и дыхательной недостаточности, поражением других органов и систем, в том числе нервной системы, с присоединением вторичных бактериальных осложнений, сепсиса, коагулопатии с риском летального исхода. Тяжелые варианты течения заболевания требуют тщательного наблюдения за больными, изучения их коморбидного, нейроэндокринно-иммунного статуса, генетических особенностей и минимизации факторов риска, влияющих на течение заболевания. Вовлечение стволовых и подкорковых структур в патологический процесс сопровождается углублением дыхательной недостаточности и сердечно-сосудистых расстройств и в дальнейшем может приводить к когнитивному дефициту, психоэмоциональным нарушениям, астении, требующим наблюдения за больным и консультации специалиста-невролога.

Вопросы нейротропизма и нейроинвазии коронавирусов, способность их к персистированию в клетках организма и определение путей предотвращения нейроинвазии требуют особого внимания и нуждаются в дальнейших клинических и экспериментальных исследованиях с использованием широких возможностей современной лабораторной базы, нейровизуализационных, электрофизиологических и других методов исследования.

### Список литературы

1. Al-Tawfiq JA. Viral loads of SARS-CoV, MERS-CoV and SARS-CoV-2 in respiratory specimens: What have we learned? *Travel Med Infect Dis.* 2020;34:101629. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101629.

2. Li Z, Huang Y, Guo X. The brain, another potential target organ, needs early protection from SARS-CoV-2 neuroinvasion. *Sci China Life Sci.* 2020;63(5):771–773. doi: 10.1007/s11427-020-1690-y.
3. Berger JR, Brandstadter R, Bar-Or A. COVID-19 and MS disease-modifying therapies. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm.* 2020;7(4):e761. doi: 10.1212/NXI.0000000000000761.
4. Yuan Y, Cao D, Zhang Y, et al. Cryo-EM structures of MERSCoV and SARS-CoV spike glycoproteins reveal the dynamic receptor binding domains. *Nat Commun.* 2017;8:15092. doi: 10.1038/ncomms15092.
5. Song Z, Xu Y, Bao L, et al. From SARS to MERS, Thrusting Coronaviruses into the Spotlight. *Viruses.* 2019;11(1):59. doi: 10.3390/v11010059
6. Giacomelli A, Pezzati L, Conti F, et al. Self-reported olfactory and taste disorders in SARS-CoV-2 patients: a cross sectional study. *Clin Infect Dis.* 2020;ciaa330. doi: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa330>.
7. Qing H, Li Z, Yang Z, et al. The possibility of COVID-19 transmission from eye to nose. *Acta Ophthalmol.* 2020;98(3):e388. doi: 10.1111/aos.14412
8. Xu H., Zhong L., Deng J. et al. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. *Int J Oral Sci.* 2020;12(1):8. doi: 10.1038/s41368-020-0074-x.
9. Zou X, Chen K, Zou J, Han P, Hao J, Han Z. Single-cell RNA-seq data analysis on the receptor ACE2 expression reveals the potential risk of different human organs vulnerable to 2019-nCoV infection. *Front Med.* 2020;14(2):185-192. <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0754-0>.
10. Wang XL, Iwanami J, Min LJ, Tsukuda K, Nakaoka H, Bai HY, Shan BS, Kanno H, Kukida M, Chisaka T, Yamauchi T, Higaki A, Mogi M, Horiuchi M. Deficiency of angiotensin-converting enzyme 2 causes deterioration of cognitive function. *NPJ Aging Mech Dis.* 2016;2:16024. <https://doi.org/10.1038/npjamd.2016.24>.
11. Gane SB, Kelly C, Hopkins C. Isolated sudden onset anosmia in COVID-19 infection. A novel syndrome? *Rhinology.* 2020;58(3):299–301. doi: 10.4193/Rhin20.114.
12. Zhang H, Penninger JM, Li Y, et al. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) as a SARS-CoV-2 receptor: molecular mechanisms and potential therapeutic target. *Intensive Care Med.* 2020; 46:586– 590. doi: 10.1007/s00134-020-05985-9.
13. Heurich A, Hofmann-Winkler H, Gierer S, et al. TMPRSS2 and ADAM17 Cleave ACE2 differentially and only proteolysis by TMPRSS2 augments entry driven by the severe acute respiratory Syndrome Coronavirus spike protein. *J Virol.* 2014;88(2):1293–1307. doi: 10.1128/JVI.02202-13.
14. Варганян А.А., Косоруков В.С. Пироптоз – воспалительная форма клеточной гибели // Клиническая онкогематология. 2020. Т.13. №2. С. 129–135. doi: 10.21320/2500-2139-2020-13-2-129-135.
15. Jeremy KY, Moriyama M, Iwasaki A. Inflammasomes and pyroptosis as therapeutic targets for COVID-19. *J Immunol.* 2020 ; ji2000513. doi: 10.4049/jimmunol.2000513.

16. Zabozlaev FG, Kravchenko EV, Gallyamova AR, Letunovskiy NN. Pulmonary pathology of the new coronavirus disease (Covid-19). The preliminary analysis of post-mortem findings. *Journal of Clinical Practice*. 2020;11(2):21–37. doi: 10.17816/clinpract34849.
17. Klypa TV, Bychinin MV, Mandel IA, et al. Clinical characteristics of patients admitted to an ICU with COVID-19. predictors of the severe disease. *Journal of Clinical Practice*. 2020;11(2):6–20. doi: 10.17816/clinpract 34182.
18. Le Coupanec A., Desforges M, Meessen-Pinard M, et al. Cleavage of a neuroinvasive human respiratory virus spike glycoprotein by proprotein convertases modulates neurovirulence and virus spread within the central nervous system. *PLoS Pathog*. 2015;11(11):e1005261. doi: 10.1371/journal.ppat.1005261.
19. Hung EC, Chim SS, Chan PK, et al. Detection of SARS coronavirus RNA in the cerebrospinal fluid of a patient with severe acute respiratory syndrome. *Clin Chem*. 2003;49(12):2108–2109. doi: 10.1373/clinchem.2003.025437.
20. Paniz-Mondolfi A, Bryce C, Grimes Z, et al. Central nervous system involvement by severe acute respiratory Syndrome Coronavirus-2 (SARS-CoV-2). *J Med Virol*. 2020;92(7):699–702. doi: 10.1002/jmv.25915.
21. Lau KK, Yu WC, Chu CM, et al. Possible central nervous system infection by SARS coronavirus. *Emerg Infect Dis*. 2004;10(2):342–344. doi: 10.3201/eid1002.030638.
22. Gu J, Gong EC, Zhang B, Zheng J. Multiple organ infection and the pathogenesis of SARS. *J Exp Med*. 2005;202(3):415–424. doi: 10.1084/jem.20050828.
23. Arabi YM, Harthi A. Severe neurologic syndrome associated with Middle East respiratory syndrome corona virus (MERS-CoV). *Infection*. 2015;43(4):495–501. doi: 10.1007/s15010-015-0720-y.
24. Li K, Wohlford-Lenane C, Perlman S, et al. Middle east respiratory syndrome Coronavirus causes multiple organ damage and lethal disease in mice transgenic for human dipeptidyl peptidase 4. *J Infect Dis*. 2016;213(5):712–722. doi: 10.1093/infdis/jiv499.
25. Netland J, Meyerholz DK, Moore S, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus infection causes neuronal death in the absence of encephalitis in mice transgenic for human ACE2. *J Virol*. 2008;82(15):7264–7275. doi: 10.1128/JVI.00737-08.
26. Desforges M, Le Coupanec A, Dubeau P, et al. Human Coronaviruses and other respiratory viruses: underestimated opportunistic pathogens of the central nervous system? *Viruses*. 2019;12(1):14. doi: 10.3390/v12010014.
27. Neal JW. Flaviviruses are neurotropic, but how do they invade the CNS? *J Infect*. 2014;69(3):203–215. doi: 10.1016/j.jinf.2014.05.010.
28. Войтенков В.Б., Екушева Е.В., Скрипченко Н.В., и др. Вирус Зика и поражение нервной системы // *Инфекционные болезни*. 2019. Т.17, №1. С.153–156. doi: 10.20953/1729-9225-2019-1-153-156.
29. Choi SM, Xie H, Campbell AP, Kuypers J. Influenza viral RNA detection in blood as a marker to predict disease severity in hematopoietic cell transplant recipients. *J Infect Dis*. 2012;206 (12):1872– 1877. doi: 10.1093/infdis/jis610.

30. Imamura T, Suzuki A, Lupisan S, et al. Detection of enterovirus 68 in serum from pediatric patients with pneumonia and their clinical outcomes. *Influenza Other Respir Viruses*. 2014;8(1):21–24. doi: 10.1111/irv.12206.
31. Mori I. Transolfactory neuroinvasion by viruses threatens the human brain. *Acta Virol*. 2015;59(4):338–349. doi: 10.4149/av\_2015\_04\_338.
32. Lochhead JJ, Kellohonen KL, Ronaldson PT, Davis TP. Distribution of insulin in trigeminal nerve and brain after intranasal administration. *Sci Rep*. 2019;9(1):2621. doi: 10.1038/s41598-019-39191-5.
33. Bohmwald K, Galvez NM, Rios M, Kalergis AM. Neurologic alterations due to respiratory virus infections. *Front Cell Neurosci*. 2018;12:386. doi: 10.3389/fncel.2018.00386.
34. Perlman S, Evans G, Afifi A. Effect of olfactory bulb ablation on spread of a neurotropic corona-virus into the mouse brain. *J Exp Med*. 1990;172(4):1127–1132. doi: 10.1084/jem.172.4.1127.
35. Wheeler DL, Sariol A, Meyerholz DK, Perlman S. Microglia are required for protection against lethal coronavirus encephalitis in mice. *J Clin Invest*. 2018;128(3):931–943. doi: 10.1172/JCI97229.
36. Войтенков В.Б., Екушева Е.В. К вопросу нейротропности и нейроинвазивности коронавирусов. *Клиническая практика*. 2020.Т.11, №2. С.81-86.
37. Xu J, Zhong S, Liu J, et al. Detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus in the brain: potential role of the chemokine mig in pathogenesis. *Clin Infect Dis*. 2005;41(8):1089–1096. doi: 10.1086/444461.
38. Tsai ST, Lu MK, San S, Tsai CH. The Neurologic Manifestations of Coronavirus Disease 2019 Pandemic: A Systemic Review. *Front Neurol*. 2020;11:498. doi: 10.3389/fneur.2020.00498.
39. Koralnik IJ, Tyler KL. COVID-19: a global threat to the nervous system. *Ann Neurol*. 2020;88(1):1–11. doi: 10.1002/ana.25807.
40. Portela-Sánchez S., Sánchez-Soblechero A., Ojalora P. et al. Neurological complications of COVID-19 in hospitalized patients: The registry of a neurology department in the first wave of the pandemic. *Eur J Neurol*. 2021, Jan 21. DOI: 10.1111/ene.14748. Online ahead of print.
41. Tassorelli C, Mojoli F, Baldanti F, et al. COVID-19: What if the brain had a role in causing the deaths? *Eur J Neurol*. 2020;10.1111/ene.14275. doi: 10.1111/ene.14275.
42. Singh AK, Bhushan B, Maurya A, et al. Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) and neurodegenerative disorders. *Dermatol Ther*. 2020; e13591. doi: 10.1111/dth.13591.
43. Savarin C, Dutta R, Bergmann CC. Distinct gene profiles of bone marrow-derived macrophages and microglia during neurotropic Coronavirus-Induced demyelination. *Front Immunol*. 2018;9:1325. doi: 10.3389/fimmu.2018.01325.
44. Kim JE, Heo JH, Kim HO, Song SH. Neurological complications during treatment of middle east respiratory syndrome. *J Clin Neurol*. 2017;13(3):227–233. doi: 10.3988/jcn.2017.13.3.227.

45. Jacob S, Muppidi S, Guidon A, et al; International MG/COVID-19 Working Group. Guidance for the management of myasthenia gravis (MG) and Lambert-Eaton myasthenic syndrome (LEMS) during the COVID-19 pandemic. *J Neurol Sci.* 2020;412:116803. doi: 10.1016/j.jns.2020.116803.
46. Гусев Е.И., Мартынов М.Ю., Бойко А.Н., и др. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) и поражение нервной системы: механизмы неврологических расстройств, клинические проявления, организация неврологической помощи // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020. Т.120. №6. С. 7–16. doi: 10.17116/jnevro20201200617. <https://doi.org/10.17116/jnevro20201200617>.
47. Sotoca J, Rodríguez-Álvarez Y. COVID-19-associated acute necrotizing myelitis. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm.* 2020;7(5):e803. doi: 10.1212/NXI.0000000000000803.
48. Wu Y, Xu X, Chen Z, et al. Nervous system involvement after infection with COVID-19 and other Coronaviruses. *Brain Behav Immun.* 2020;87:18–22. doi: 10.1016/j.bbi.2020.03.031.
49. Merad M, Martin JC. Pathological inflammation in patients with COVID-19: a key role for monocytes and macrophages. *Nat Rev Immunol.* 2020;20(6):355–362. doi: 10.1038/s41577-020-0331-4.
50. Arbour N, Day R, Newcombe J, Talbot PJ. Neuroinvasion by human respiratory Coronaviruses. *J Virol.* 2000;74(19):8913–8921. doi: 10.1128/jvi.74.19.8913-8921.2000.
51. Lau K-K, Yu W-C, Chu C-M, et al. Possible central nervous system infection by SARS coronavirus. *Emerg Infect Dis.* 2004;10(2):342–344. doi: 10.3201/eid1002.030638.
52. Mao L., Jin H., Wang M. et al. Neurologic manifestations of hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol.* 2020;77(6):683–690. DOI: 10.1001/jamaneurol.2020.1127.
53. Aggarwal G, Lippi G, Henry BM. Cerebrovascular disease is associated with an increased disease severity in patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): a pooled analysis of published literature. *Int J Stroke.* 2020;15(4):385–389. doi: 10.1177/1747493020921664.
54. Young K. COVID-19: Stroke in Young Adults/New Presentation in Kids/ACS Admissions. *N Engl J Med.* 2020. doi: 10.1056/NEJMc2009787.
55. Shi S, Qin M, Shen B, Cai Y, Liu T, Yang F, Gong W, Liu X, Liang J, Zhao Q, Huang H, Yang B, Huang C. Association of cardiac injury with mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Wuhan, China. [published online ahead of print, 2020 Mar 25]. *JAMA Cardiol.* 2020;e200950. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.0950>.
56. Zhang Y, Xiao M, Zhang S, et al. Coagulopathy and antiphospholipid antibodies in patients with Covid-19. *N Engl J Med.* 2020;382(17):e38. doi: 10.1056/NEJMc2007575.
57. Широков Е.А. COVID-ассоциированный ишемический инсульт. *Клиническая медицина.* 2020;98(5):375-377. <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2020-98-5-375-377>.



58. McNamara D. COVID-19 Linked to Large Vessel Stroke in Young Adults/ April 24, 2020/ [https://www.medscape.com/viewarticle/929345?src=wnl\\_edit\\_tpal&uac=296430PX&impID=2359734&faf=1JAMANeurol](https://www.medscape.com/viewarticle/929345?src=wnl_edit_tpal&uac=296430PX&impID=2359734&faf=1JAMANeurol).doi:10.1001/jamaneurol.2020.1127 Published online April 10, 2020.

59. Chougar L., Mathon B., Weiss N., Degos V., Shor N. Atypical Deep Cerebral Vein Thrombosis with Hemorrhagic Venous Infarction in a Patient Positive for COVID-19. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2020. doi: 10.3174/ajnr.A6642.

60. Franceschi AM, Ahmed O, Giliberto L, Castillo M. Hemorrhagic posterior reversible encephalopathy syndrome as a manifestation of COVID-19 infection. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2020. doi: 10.3174/ajnr.A6595.

61. Desforges M, Le Coupanec A, Dubeau P, et al. Human Coronaviruses and other respiratory viruses: underestimated opportunistic pathogens of the central nervous system? *Viruses.* 2019;12(1):14. doi: 10.3390/v12010014.

62. Kandemirli SG, Dogan L, Sarikaya ZT, et al. Brain MRI findings in patients in the intensive care unit with COVID-19 infection. *Radiology.* 2020;201697. doi: 10.1148/radiol.2020201697.

63. Potere N, Valeriani E, Candeloro M, Tana M, Porreca E. et al. Acute complications and mortality in hospitalized patients with coronavirus disease 2019: <https://doi.org/10.17816/clinpract3485179a> systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2020;24(1):389. doi: 10.1186/s13054-020-03022-1.

64. Чучин М.Ю. Острая некротическая энцефалопатия при вирусной инфекции // *Детская больница.* 2012. No1. С. 23–28.

65. Dixon L, Varley J, Gontsarova A, Mallon D, et al. COVID-19-related acute necrotizing encephalopathy with brain stem involvement in a patient with aplastic anemia. *Neurol Neuroimmun. Neuroinflamm.* 2020;7(5):e789.doi:10.1212/NXI.0000000000000789.

66. Hoshino A, Saitoh M, Oka A, et al. Epidemiology of acute encephalopathy in Japan, with emphasis on the association of viruses and syndromes. *Brain Dev.* 2012;34(5):337–343. doi:10.1016/j.braindev.2011.07.012

67. Neilson DE, Adams MD, Orr CMD, Schelling DK, Eiben RM et al. Infection-triggered familial or recurrent cases of acute necrotizing encephalopathy caused by mutations in a component of the nuclear pore, RANBP2. *Am J Hum Genet.* 2009; 84:44–51. doi: 10.1016/j.ajhg.2008.12.009.

68. Cappello F. COVID-19 and molecular mimicry: The Columbus' egg? *J Clin Neurosci.* 2020;77:246. doi: 10.1016/j.jocn.2020.05.015.

69. Белопасов В.В., Яшу Я., Самойлова Е.М., Баклаушев В.П. Поражение нервной системы при COVID-19. *Клиническая практика* 2020. Т.11, №2. С.60-80.

70. Bailey OT, Pappenheimer AM, Cheever FS, Daniels JB. A murine virus (JHM) causing disseminated encephalomyelitis with extensive destruction of myelin. II. Pathology. *J Exp Med.* 1949;90(3):195–212. doi: 10.1084/jem.90.3.195.

71. Arbour N, Day R, Newcombe J, Talbot PJ. Neuroinvasion by human respiratory coronaviruses. *J Virol.* 2000;74(19):8913–8921. doi: 10.1128/jvi.74.19.8913-8921.2000.

72. Parsons T, Banks S, Bae C, et al. COVID-19-associated Acute Disseminated Encephalomyelitis (ADEM). *J Neurol.* 2020;1–4. doi: 10.1007/s00415-020-09951-9.

73. Elgamasy S, Kamel MG, Ghozy S, et al. First case of focal epilepsy associated with sars-coronavirus-2. *J Med Virol.* 2020;10.1002/jmv.26113. doi: 10.1002/jmv.26113.
74. Kuroda N. Epilepsy and COVID-19: Associations and important considerations. *Epilepsy Behav.* 2020;108:107122. doi: 10.1016/j.yebeh.2020.107122.
75. Карлов В.А., Бурд С.Г., Лебедева А.В., и др. Эпилепсия и COVID-19. Тактика и лечение. Рекомендации Российской противоэпилептической лиги // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2020. Т.12, №1. С. 84–88.
76. Rogers JP, Chesney E, Oliver D, et al. Psychiatric and neuropsychiatric presentations associated with severe coronavirus infections: a systematic review and meta-analysis with comparison to the COVID-19 pandemic. *Lancet Psychiatry.* 2020;7(7):611–627. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30203-0.
77. Ahmad I, Rathore FA. Neurological manifestations and complications of COVID-19: A literature review. *J Clin Neurosci.* 2020;77:8–12. doi: 10.1016/j.jocn.2020.05.017.
78. Lechien J.R., Cabaraux P., Chiesa-Estomba C. et al. Psychophysical olfactory tests and detection of COVID-19 in patients with sudden onset olfactory dysfunction: A prospective study. *Ear Nose Throat J.* 2020;99(9):579–583. DOI: 10.1177/0145561320929169
79. Moein ST, Hashemian SM, Mansourafshar B, et al. Smell dysfunction: a biomarker for COVID-19. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2020;10.1002/alr.22587. doi: 10.1002/alr.22587.
80. Vaira LA, Deiana G, Fois AG, et al. Objective evaluation of anosmia and ageusia in COVID-19 patients: Single-center experience on 72 cases. *Head Neck.* 2020;42(6):1252–1258. doi: 10.1002/hed.26204.
81. Баклаушев В.П., Кулемзин С.В., Горчаков А.А., и др. COVID-19. Этиология, патогенез, диагностика и лечение // Клиническая практика. 2020. Т.11, N1. С. 7–20.
82. Scalinci SZ, Trovato Battagliola E. Conjunctivitis can be the only pre-senting sign and symptom of COVID-19. *IDCases.* 2020;20:e00774. doi: 10.1016/j.idcr.2020.e00774.
83. Татарников В.С. Роль ростральных вентролатеральных отделов продолговатого мозга в регуляции активности дыхательного центра: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Самара, 1996. 22 с.
84. Shastin D, Nidamanuri P, Nannapaneni R. Recurrent hiccups may signal brainstem pathology and should be investigated. *BMJ Case Rep.* 2018;2018. pii: bcr-2017-222926. doi: 10.1136/bcr-2017-222926.
85. Li Y-C, Bai W-Z, Hashikawa T. The neuroinvasive potential of SARS-CoV2 may play a role in the respiratory failure of COVID-19 patients. *J Med Virol.* 2020;92(6):552–555. doi: 10.1002/jmv.25728.
86. McCray PB, Pewe L, Wohlford-Lenane C, et al. Lethal infection of K18-hACE2Mice infected with severe acute respiratory syndrome Coronavirus. *J Virol.* 2007;81(2):813–821. doi: 10.1128/JVI.02012-06.
87. Natoli S, Oliveira V, Calabresi P, et al. Does SARS-Cov-2 invade the brain?

Translational lessons from animal models. Eur J Neurol. 20 20;10.1111/ene.14277. doi: 10.1111/ene.14277.

88. Ширшова, Е.В. Кнауб В.В., Баклаушев В.П., Клинический случай синдрома Гийена-Барре, индуцированный COVID-19 //Клиническая практика 2021.Т.12, №2 С.111-118.

89. Leonhard SE, Mandarakas MR, Gondim FA, et al. Diagnosis and management of Guillain-Barre syndrome in ten steps. Nat Rev Neurol. 2019;15(11):671–683. doi: 10.1038/s41582-019-0250-9.

90. Пирадов М.А., Супонева Н.А. Синдром Гийена–Барре: диагностика и лечение. Москва: Мед. информ. агентство, 2011. С. 10–37.

91. Gigli GL, Bax F, Marini A, et al. Guillain-Barré syndrome in the COVID-19 era: just an occasional cluster? J Neurol. 2020;1–3. doi: 10.1007/s00415-020-09911-3.

92. Gupta A., Paliwal VK, Garg RK. Is COVID-19-related Guillain-Barrésyndrome different? Brain Behav Immun. 2020;87:177–178. doi: 10.1016/j.bbi.2020.05.051.

#### **Сведения об авторе:**

*Тибекина Людмила Михайловна*, доктор медицинских наук, профессор кафедры нейрохирургии и неврологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: lmtibekina@mail.ru

УДК 616-009.8/ 981.21/.958.7

*Улюкин И.М., Шуклина А.А., Орлова Е.С., Сечин А.А.*

### **ПОРАЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ COVID-19–ГЕНЕЗА**

**Аннотация.** В настоящем обзоре рассмотрены клинические, диагностические и прогностические вопросы поражения центральной нервной системы у больных COVID-19 для улучшения медико-психологического сопровождения таких пациентов в динамике их болезни. Считается, что вирус SARS-CoV-2 обычно ограничивается носовым эпителием и нижними дыхательными путями человека; тем не менее, в не совсем понятных условиях он может пройти через барьер эпителия и достичь кровотока или лимфы, распространяясь в центральной нервной системе больного. В настоящее время представление о молекулярных механизмах контроля распространения вирусов в центральной нервной системе полностью не сформировано. Считается, что вирусы взаимодействуют с клетками хозяина по многим метаболическим путям, что, вероятно, определяет особенности клинической картины поражения головного мозга больного. Важно подчеркнуть воздействия эпидемии COVID-19 на людей с преморбидными хроническими расстройствами психического здоровья (потому что нарушения психического здоровья могут повышать риск инфекций, включая пневмонию; у больных есть

когнитивные нарушения, обуславливающие недостаточную осведомленность о риске и снижение усилий в отношении личной защиты пациентов; имеются ограниченные условия в психиатрических отделениях). Принимая во внимание вероятные повышенные риски неблагоприятного влияния COVID-19 на общество, а также трудности, с которыми сталкиваются некоторые люди при распознавании и сообщении о физических симптомах или своих потребностях в отношении здоровья, людям, которым грозит риск или у которых диагностирован COVID-19, может потребоваться медицинский контроль, для чего необходимо тесное сотрудничество между службами психиатрии, первичной медико-санитарной помощи, другими медицинскими и социальными службами для снижения неблагоприятных клинических исходов в наиболее уязвимых группах населения.

**Ключевые слова:** вирусы центральной нервной системы, инвазия вирусов в центральную нервную систему, трансмиссия вирусов в центральной нервной системе, коронавирус, SARS-CoV-2, COVID-19, неврологические признаки и симптомы при COVID-19, центральная нервная система на фоне COVID-19.

*Uliukin I.M., Sechin A.A., Shuklina A.A., Orlova E.S.*

## LESIONS OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM BY COVID-19–GENESIS

**Abstract.** This review discusses the clinical, diagnostic and prognostic issues of central nervous system damage in patients with COVID-19 to improve the medical and psychological support of such patients in the dynamics of their disease. It is believed that the SARS-CoV-2 virus is usually limited to the nasal epithelium and the lower respiratory tract of a person; nevertheless, in not entirely clear conditions, it can pass through the barrier of the epithelium and reach the bloodstream or lymph, spreading in the central nervous system of the patient. Currently, the idea of molecular mechanisms for controlling the spread of viruses in the central nervous system is not fully formed. It is believed that viruses interact with host cells in many metabolic pathways, which probably determines the clinical features of the patient's brain lesion. It is important to emphasize the impact of the COVID-19 epidemic on people with pre-morbid chronic mental health problems (because mental health problems can increase the risk of infections, including pneumonia; patients have cognitive impairments that make them less aware of risk and less effort to protect patients personally; there are limited conditions in psychiatric wards). Considering the likely increased risks of adverse effects of COVID-19 on society, as well as the difficulties that some people experience in recognizing and reporting physical symptoms or their health needs, people at risk or diagnosed with COVID-19, medical monitoring may be required, which requires close collaboration between psychiatry, primary health care, other medical and social services to reduce adverse clinical outcomes in the most vulnerable populations.

**Keywords:** viruses of the central nervous system, invasion of viruses into the central nervous system, transmission of viruses in the central nervous system, coronavirus, SARS-CoV-2, COVID-19, neurological signs and symptoms in COVID-19, central nervous system in COVID-19.

### Введение

Известно, что в конце 2019 года в Китайской Народной Республике произошла вспышка новой коронавирусной инфекции с эпицентром в городе Ухань (провинция Хубэй). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)

11 февраля 2020 г. присвоила официальное название этой болезни – COVID-19 («Coronavirus disease 2019»). Международный комитет по таксономии вирусов 11 февраля 2020 г. присвоил официальное название возбудителю заболевания – SARS-CoV-2. Заболевание быстро распространилось по планете [1–3] с активным заносом возбудителя заболевания на территорию Российской Федерации при летальности среди госпитализированных за рубежом в диапазоне от 4% до 11%. Почти каждый аспект этой болезни в настоящее время остается в значительной степени изученным недостаточно, начиная от механизмов, участвующих в передаче вируса, взаимодействия с иммунной системой человека, и заканчивая скрытыми механизмами повреждения внутренних органов (которые могут не иметь явных клинических дефектов).

На сегодняшний день Постановлением Правительства РФ от 31.01.2020 г. № 66 «О внесении изменения в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих» новая КВИ (COVID-19, код МКБ-10 – В34.2 «Коронавирусная инфекция неуточненная») добавлена [4] в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих, наряду с особо опасными инфекциями (чума, холера, оспа), утвержденных ранее Постановлением Правительства РФ от 01.12.2004 г. № 715 «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих» [5], что свидетельствует о важности данной патологии для нашей страны.

**Цель исследования** – обсуждение клинических, диагностических и прогностических вопросов поражения центральной нервной системы у больных COVID-19 для улучшения медико-психологического сопровождения таких пациентов в динамике их болезни.

**Материалы и методы.** Анализ, согласно цели изучения, научной литературы, размещенной в зарубежных и отечественных научных библиографических базах.

**Результаты и их обсуждение.** Необходимо отметить, что мир не первый раз сталкивается с эпидемией коронавируса (КВ). Так, респираторное вирусное заболевание, вызываемое коронавирусом SARS-CoV (англ. Severe acute respiratory syndrome coronavirus, SARS, тяжёлый острый респираторный синдром, ТОРС, атипичная пневмония) [6], первый случай которого был зарегистрирован в ноябре 2002 года в южном Китае [7] так же характеризовалось вирусной пневмонией, быстро прогрессирующей до дыхательной недостаточности [8], как и диагностированное в 2012 году заболевание, вызванное коронавирусом MERS-CoV (англ. Middle East respiratory syndrome, MERS, ближневосточный респираторный синдром) [9].

Ранее изучение свойств КВ и клинико-лабораторных особенностей коронавирусной инфекции человека (КВИ) представляло почти исключительно научный интерес [10], а диагностика этого заболевания не входила в спектр рутинных лабораторных исследований ни в нашей стране, и за рубежом, хотя в экспериментах на приматах и была подтверждена способность КВ вызывать не только респираторные и желудочно-кишечные заболевания у челове-

ка и животных [11,12], но и полиорганные поражения [13]. Предполагалась склонность КВ к поражению ЦНС [7] и к персистенции в пораженных органах [14].

В настоящее время в эпидемиологическом отношении основными являются семь типов человеческого КВ, из которых четыре обычно приводит к легкому острому респираторному заболеванию [15], это HCoV-229E ( $\alpha$ -КВ), HCoV-NL63 ( $\alpha$ -КВ), HCoV-OC43 ( $\beta$ -КВ), HCoV-NKU1 ( $\beta$ -КВ) [16]. Степень тяжести поражения верхних дыхательных путей, вызванной этими КВ, может варьировать от легкой до тяжелой, в зависимости от возраста человека, и от наличия проблем, связанных с преморбидными болезнями лёгких и сердца [17]. Так, показано, что КВ HCoV-OC43 у лиц с ослабленным иммунитетом вызывал острый диссеминированный энцефаломиелит с рассеянными участками поражения по всему головному мозгу (ГМ), мозжечку и спинному мозгу [18]. Важно подчеркнуть, что серопозитивность по отношению к КВ (HCoV-229E, HCoV-293 и HCoV-OC43) была зарегистрирована на фоне различных неврологических расстройств (недифференцированный энцефалит [19], неврит зрительного нерва [20], рассеянный склероз [21, 22], болезнь Паркинсона [23]). Однако значение этих результатов не совсем ясно, потому что данные вирусы широко распространены, а их причинная роль при этих заболеваниях не установлена.

Остальные три вируса – SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2 – оказались смертельно патогенными, способными вызвать острый респираторный дистресс-синдром, поражения печени, кишечные заболевания, и полиорганную недостаточность [24–26]. В частности, вирус MERS-CoV вызвал острый тяжелый диссеминированный энцефаломиелит и васкулопатию [27]; были описаны также постинфекционный энцефалит и синдром Гийена-Барре [28].

Распространение по миру заболевания, вызванного КВ SARS-CoV-2 (COVID-19) в настоящее время расценивается как пандемия, основными (но неспецифическими) симптомами заболевания являются высокая температура тела, кашель, одышка, боль в груди, затруднение дыхания [29], тогда как некоторая потеря запаха и вкуса некоторыми пациентами может расцениваться как незначительная. Считается, что вирус SARS-CoV-2 обычно ограничивается носовым эпителием и нижними дыхательными путями; тем не менее, в не совсем понятных условиях он может пройти через барьер эпителия и достичь кровотока или лимфы, распространяясь в ЦНС [30].

Вирус проникает в ГМ во время латентной фазы заболевания. Возможный механизм состоит в том, что SARS-CoV-2 после вдыхания проникает в обонятельную борозду ГМ, а позже он распространяется на весь мозг благодаря своей способности преодолевать гематоэнцефалический барьер через нейроны периферических нервов черепной коробки [31–34]. В случае поражения вирусом SARS-CoV, о которых сообщалось в прошлом, результаты вскрытия пациентов показали наличие этого вируса в тканях ГМ с помощью методов электронной микроскопии, иммуногистохимии и полимеразной цепной реакции [35].



В настоящее время представление о молекулярных механизмах контроля распространения вирусов в центральной нервной системе (ЦНС) полностью не сформировано. Считается, что вирусы взаимодействуют с клетками хозяина по многим метаболическим путям. В частности, KB SARS-CoV-2 использует для доступа к ЦНС гематогенный, транскрипционный и нейрональный ретроградный пути распространения были предложены для SARS-CoV-2 для [26, 33, 36].

Заболевание обусловлено поражением рецепторов белка АПФ2 (ангиотензинпревращающий фермент 2, АПФ2, angiotensin-converting enzyme 2, ACE2) экспрессируется в большинстве тканей, главным образом белок находится на мембранах пневмоцитов II типа, энтероцитов тонкого кишечника, эндотелиальных клеток артерий и вен, а также гладкомышечных клеток в большинстве органов [37]; но, кроме того микроРНК для АПФ2 обнаружена в клетках коры ГМ, полосатого тела, гипоталамуса и ствола ГМ [38], что делает эти клетки чувствительными к инфицированию вирусом SARS-CoV-2, и, тем самым может приводить к потере обоняния и развитию неврологического дефицита, наблюдаемых при заболевании COVID-19 [39]. Поэтому потеря обоняния и вкуса может явиться признаком вовлечения нервной системы в патологический процесс, и изменения, связанные с anosmией и дисгевзией, следует расценивать как индикацию инфекции SARS-CoV-2 и признак COVID-19 [36].

Есть мнение, что вирус SARS-CoV-2, подавляя АПФ2, может приводить к токсическому избыточному накоплению ангиотензина II и брадикинина [40], что вызывает острый респираторный дистресс-синдром, отёк лёгких и миокардит [41, 42]. Секретция цитокинов астроцитами и микроглией I типа способствует патогенезу потенциально энцефалитной КВИ и указывает на обоснование антицитокиновой терапии для COVID-19 [43].

Поэтому неврологическая симптоматика на фоне COVID-19 (острые цереброваскулярные заболевания, нарушение сознания, нарушение функционирования скелетных мышц) [29, 33] позволяют рассмотреть ЦНС как мишень для вируса SARS-CoV-2 (но в таких случаях также необходимо исключать преморбидную патологию).

Наиболее распространенными показаниями для визуализации ГМ у больных были измененный психический статус, обморок / падение, очаговый неврологический дефицит [44]; наиболее частыми результатами визуализации были неспецифическая микроангиопатия белого вещества, хронический инфаркт, острый или подострый ишемический инфаркт ГМ, острое кровоизлияние, в этой работе ни у одного пациента с измененным психическим статусом не было выявлено острого ишемического инфаркта или острого кровоизлияния (но такие изменения были отмечены в других исследованиях, и это необходимо учитывать во время обследования больных с депрессивными состояниями) [45, 46]. На фоне COVID-19 острый инсульт выявлен в 6% случаев, а измененный психический статус – в 15% [47].

Нейротропизм коронавируса может объяснять и ранее выявленные неврологические поражения [18, 48]. Так, кроме энцефалита, у пациентов с SARS-CoV, несмотря на оптимальную антикоагулянтную терапию, наблюдалась повышенная частота тромбоза глубоких вен и тромбоэмболия легочной артерии [49]; случаи внутрочерепного артериального инсульта были зарегистрированы и у пациентов, получающих лечение иммуноглобулином внутривенно.

Помимо нейротропизма, еще один потенциальный механизм неврологических проявлений может быть связан с синдромом «цитокинового шторма» [50]. Основная дифференциальная диагностика в таком случае должна проводиться между инфекционными и аутоиммунными энцефалитами, необходимо выявить генез судорог, гипогликемии и гипоксии [51–54].

При инструментальном обследовании больных COVID-19 выявлены преходящие ишемические нарушения, парциальная эпилепсия, легкие когнитивные нарушения [55]; но пока не сформированы данные для определения того, какие из этих признаков были вызваны критической энцефалопатией, связанной с заболеванием, цитокинами, эффектом или отменой лекарств, и какие особенности были характерны для инфекции, вызванной SARS-CoV-2; возможно, это обусловлено тем, что кортикальные микрогеморрагии и разрушение гематоэнцефалического барьера могут сопровождать гипоксию, – а это может привести к такой картине.

В отношении дифференциальной диагностики поражения ГМ при COVID-19-инфекции особняком стоит острый некротизирующий энцефалит (ОНЭ), который относится к редким заболеваниям, встречается в основном у детей (средний возраст 4 года). Этиология и патогенез в настоящее время остаются неизвестными [56], но, по разным данным, в части случаев заболевание развивалось вторично по отношению к предшествующей вирусной инфекции, включая вирусы гриппа «А» и «Б», энтеровирус, герпеса. Клинические проявления неспецифичны, лабораторно вирус в ликворе и веществе ГМ не определяется, признаки воспаления в ликворе отсутствуют, в веществе мозга минимальны, основа диагностики – магнитно-резонансная томография [57]. Это заболевание характеризуется двусторонними некротическими, геморрагическими поражениями (участвуют как серое, так и белое вещество ГМ), которые симметрично встречаются в таламусе, спинном мозге и зубчатых ядрах [58–60], заболевание является, как полагают, следствием внутрочерепного «цитокинового шторма», который приводит к нарушению гематоэнцефалического барьера, но без прямой вирусной инвазии или параинфекционной демиелинизации [61]. Хотя ОНЭ и считается заболеванием ЦНС с благоприятным исходом, около 2% случаев этой патологии связаны с острым геморрагическим лейкоэнцефалитом, который является молниеносным (сверхострым) вариантом ОНЭ с неблагоприятным исходом и высокой смертностью, сообщения об этом единичны [62].

Считается, что определенные вирусные и аутоиммунные энцефалиты могут иметь специфические признаки вовлечения ГМ, что полезно при

проведении дифференциальной диагностики, однако неспецифическая картина визуализации препятствует достижению специфического диагноза на основе МРТ [63]; кроме того, комплексное клиническое течение, включающее такие сопутствующие состояния, как сахарный диабет, длительное пребывание в ОРИТ с применением нескольких лекарств, респираторный дистресс-синдром с эпизодами гипоксии, могут смазать картину четкой причинно-следственной связи между инфекцией COVID-19 и результатами МРТ (то есть, необходимы дополнительные данные для определения того, какие результаты визуализации связаны с нейротропизмом SARS-CoV-2, а какие связаны с другими причинами, такими как синдром «цитокинового шторма», гипоксия, субклинические судороги и энцефалопатия, связанная с критическими состояниями).

Однако основанием для установления диагноза заболевания COVID-19 может явиться только выделение специфической РНК SARS-CoV-2 или из носоглоточного мазка [45], или из ликвора [64]. Вместе с тем, выбор основного заболевания в случаях, связанных с COVID-19, должен производиться в конце эпизода оказания медицинской помощи, и этот заключительный диагноз может не совпадать с предварительным диагнозом, диагнозом при поступлении или профилем отделения при оказании медицинской помощи в стационарных условиях [65].

Кроме того, важно подчеркнуть воздействия эпидемии COVID-19 на людей с преморбидными хроническими расстройствами психического здоровья (потому что нарушения психического здоровья могут повышать риск инфекций, включая пневмонию; у больных есть когнитивные нарушения, обуславливающие недостаточную осведомленность о риске и снижение усилий в отношении личной защиты пациентов; имеются ограниченные условия в психиатрических отделениях). Кроме того, на фоне эпидемии люди с психическими расстройствами могут сталкиваться с большими препятствиями при получении доступа к своевременным медицинским услугам из-за дискриминации, связанной с психическим нездоровьем в медицинских учреждениях. Люди с психическими расстройствами могут быть в большей степени подвержены влиянию эмоциональных реакций (страх, тревога, депрессия), вызванных эпидемией COVID-19, что приводит к рецидивам или ухудшению уже существующего психического здоровья из-за высокой подверженности стрессу по сравнению с населением в целом. Наконец, многие люди с психическими расстройствами посещают регулярные амбулаторные визиты для оценки и назначения лекарств. Незнание о различном влиянии эпидемии на этих пациентов не только помешает каким-либо целям предотвратить дальнейшее распространение COVID-19, но также увеличит уже существующие неравенства в отношении здоровья [66], так как известно – эпидемии никогда не затрагивают все группы населения одинаково, а неравенство всегда может стимулировать распространение инфекций.

Исследования по суицидам на фоне эпидемии COVID-19 публикуются, но они разнонаправлены, что, возможно, обусловлено различными общественно-политическими проблемами в странах исследования. Основные проблемы обозначены, в частности, как возможные преморбидные психиатрические проблемы, употребление психоактивных веществ [67], расстройства пищевого поведения [68], экономический спад (приводящий к безработице, депрессии, тревоге, стрессу и т. д.), социальная изоляция и дистанцирование [69].

### **Выводы**

Принимая во внимание вероятные повышенные риски неблагоприятного влияния COVID-19 на общество, а также трудности, с которыми сталкиваются некоторые люди при распознавании и сообщении о физических симптомах или своих потребностях в отношении здоровья, людям, которым грозит риск или у которых диагностирован COVID-19, может потребоваться медицинский контроль, для чего необходимо тесное сотрудничество между службами психиатрии, первичной медико-санитарной помощи, другими медицинскими и социальными службами для снижения неблагоприятных клинических исходов в наиболее уязвимых группах населения [70], для чего необходимо изучение фактического воздействия пандемии COVID-19 на здоровье, эмоциональное, социальное и экономическое состояние людей.

### **Список литературы**

1. Sarzi-Puttini P., Giorgi V., Sirotti S., Marotto D., Ardizzone S., Rizzardini G., Antinori S., Galli M. COVID-19, cytokines and immunosuppression: what can we learn from severe acute respiratory syndrome? *Clin. Exp. Rheumatol.* 2020; Vol. 38, No. 2. pp. 337-342. PMID: 32202240
2. Sifuentes-Rodríguez E., Palacios-Reyes D. COVID-19: The outbreak caused by a new coronavirus. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.* 2020; Vol. 77, No. 2. pp. 47-53. DOI: 10.24875/BMHIM.20000039
3. Singhal T. A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19). *Indian J. Pediatr.* 2020; Vol. 87, No. 4. pp. 281-286. DOI: 10.1007/s12098-020-03263-6
4. Постановление Правительства РФ от 31.01.2020 г. № 66 «О внесении изменения в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих» [Decree of the Government of the Russian Federation of January 31, 2020, No. 66 «On Amending the List of Diseases that Danger Others» (In Russ.)]. – <https://base.garant.ru/73492109/>
5. Постановление Правительства РФ от 01.12.2004 г. № 715 «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих» [Decree of the Government of the Russian Federation dated December 1, 2004, No. 715 «On approval of the list of socially significant diseases and the list of diseases that are dangerous to others» (In Russ.)]. <http://base.garant.ru/12137881/>
6. Weiss S.R., Navas-Martin S. Coronavirus pathogenesis and the emerging pathogen severe acute respiratory syndrome coronavirus. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*

2005; Vol. 69, No. 4. pp. 635-64. DOI: 10.1128/MMBR.69.4.635-664.2005

7. Chan-Yeung M. Severe acute respiratory syndrome (SARS) and healthcare workers. *Int. J. Occup. Environ. Health.* 2004; Vol. 10, No. 4. pp. 421-27. DOI: 10.1179/oeh.2004.10.4.421

8. Lau A.C.-W., Yam L.Y.-C., So L.K.-Y. Management of Critically Ill Patients With Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS). *Int. J. Med. Sci.* 2004; Vol. 1, No. 1. pp. 1-10. doi: 10.7150/ijms.1.1.

9. Chafekar A., Fielding B.C. MERS-CoV: Understanding the Latest Human Coronavirus Threat. *Viruses.* 2018; Vol. 10, No. 2. pp. 93. doi: 10.3390/v1002009

10. Осидак Л.В., Мурадян А.Я., Румель Н.Б., Дринеvский В.П. Коронавирусная инфекция (этиология, эпидемиология, клинико-лабораторная характеристика, противовирусная терапия). Пособие для врачей, СПб.: Человек, 2007. 64 с. [Osidak L.V., Muradyan A.Ya., Rumel N.B., Drinevsky V.P. Coronavirus infection (etiology, epidemiology, clinical and laboratory characteristics, antiviral therapy). Manual for doctors, St. Petersburg: Man, 2007. 64 p. (in Russ.)].

11. Гончарук Е.И., Шевцова З.В., Румель Н.Б., Федоринов В.В. Изучение свойств коронавирусов обезьян. *Вопр. вирусолог.* 1993. № 3. С. 126-129 [Goncharuk E.I., Shevtsova Z.V., Rumel N.B., Fedorinov V.V. Study of the properties of monkey coronaviruses. *Problems of Virology*, 1993. No. 3, pp. 126-129 (In Russ.)].

12. Мурадян А.Я. Роль коронавирусной инфекции в острой патологии респираторного тракта: автореф. дисс. на соискание уч. степени к.м.н. СПб.: Научно-исследовательский институт гриппа РАМН, 2005. 24 с. [Muradyan A.Ya. The role of coronavirus infection in acute pathology of the respiratory tract: Ph.D. thesis. Saint Petersburg: Influenza Research Institute, Publ., 2005; 24 p. (In Russ.)].

13. Foley J.E., Lapointe J.M., Koblik P., Poland A., Pedersen N.C. Diagnostic features of clinical neurologic feline infectious peritonitis. *J. Vet. Intern. Med.* 1998; Vol. 12, No. 6. pp. 415-23. DOI: 10.1111/j.1939-1676.1998.tb02144.x

14. Arbour N., Ekandé S., Côté G., Lachance C., Chagnon F., Tardieu M., Cashman N.R., Talbot P.J. Persistent infection of human oligodendrocytic and neuroglial cell lines by Human Coronavirus 229E. *J. Virol.* 1999; Vol. 73, No. 4. pp. 3326-37. PMC104097

15. El-Sahly H.M., Atmar R.L., Glezen W.P., Greenberg S.B., Spectrum of clinical illness in hospitalized patients with «common cold» virus infections, *Clin. Infect. Dis.* 2000; Vol. 31, No. 1. pp. 96-100. doi: 10.1086/313937.

16. Su S., Wong G., Shi W., Liu J., Lai A.C., Zhou J., Liu W., Bi Y., Gao G.F. Epidemiology, genetic recombination, and pathogenesis of coronaviruses, *Trends Microbiol.* 2016; Vol. 24, No. 6, pp. 490-502. doi: 10.1016/j.tim.2016.03.003.

17. Falsey A.R., Walsh E.E., Hayden F.G. Rhinovirus and coronavirus infection-associated hospitalizations among older adults. *J. Infect. Dis.* 2002; Vol. 185, No. 9, pp. 1338-41. doi: 10.1086/339881.

18. Morfopoulou S., Brown J.R., Davies E.G., Anderson G., Virasami A., Qasim W., Chong W.K., Hubank M., Plagnol V., Desforges M., Jacques T.S., Talbot P.J., Breuer J. Human Coronavirus OC43 Associated with Fatal Encephalitis. *N. Engl. J. Med.* 2016; Vol. 375, No. 5. pp. 497-98. doi: 10.1056/NEJMc1509458

19. Li Y., Li H., Fan R., Wen B., Zhang J., Cao X., Wang C., Song Z., Li S., Li X., Lv X., Qu X., Huang R., Liu W. Coronavirus Infections in the central nervous system and respiratory tract show distinct features in hospitalized children. *Intervirology*. 2016; Vol. 59, No. 3. pp. 163-169. doi: 10.1159/000453066.
20. Dessau R.B., Lisby G., Frederiksen J.L. Coronaviruses in spinal fluid of patients with acute monosymptomatic optic neuritis. *Acta Neurol. Scand.* 1999; Vol. 100, No. 2. pp. 88-91. doi: 10.1111/j.1600-0404.1999.tb01043.x.
21. Burks J.S., Devald B.L., Janovsky L.D., Gerdes J.C. Two coronaviruses isolated from central nervous system tissue of two multiple sclerosis patients. *Science*. 1980; Vol. 209, No. (4459). pp. 933-4. doi: 10.1126/science.7403860.
22. Salmi A., Ziola B., Hovi T., Reunanen M. Antibodies to coronaviruses OC43 and 229E in multiple sclerosis patients. *Neurology*. 1982; Vol. 32, No. 3. pp. 292-5. doi: 10.1212/wnl.32.3.292.
23. Fazzini E., Fleming J., Fahn S. Cerebrospinal fluid antibodies to coronavirus in patients with Parkinson's disease. *Mov. Disord.* 1992; Vol. 7, No. 2. pp. 153-8. doi: 10.1002/mds.870070210.
24. Peiris J.S.M., Lai S.T., Poon L.L.M., Guan Y., Yam L.Y.C., Lim W., Nicholls J., Yee W.K.S., Yan W.W., Cheung M.T., Cheng V.C.C., Chan K.H., Tsang D.N.C., Yung R.W.H., Ng T.K., Yuen K.Y., SARS study group. Coronavirus as a possible cause of severe acute respiratory syndrome, *Lancet*. 2003; Vol. 361, No. 9366, pp. 1319-25. doi: 10.1016/s0140-6736(03)13077-2.
25. Kupferschmidt, K. Emerging Diseases. Researchers Scramble to Understand Camel Connection to MERS. *Science*. 2013; Vol. 341, No. 6147. pp. 702. doi: 10.1126/science.341.6147.702.
26. Zhou L., Zhang M., Wang J., Gao J. Sars-Cov-2: Underestimated damage to nervous system. *Travel Med. Infect. Dis.* 2020; 101642. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101642. Online ahead of print.
27. Arabi Y.M., Harthi A., Hussein J., Bouchama A., Johani S., Hajeer A.H., Saeed B.T., Wahbi A., Saedy A., Al Dabbagh T., Okaili R., Sadat M., Balkhy H. Severe neurologic syndrome associated with Middle East respiratory syndrome corona virus (MERS-CoV). *Infection*. 2015; Vol. 43, No. 4. pp. 495-501. doi: 10.1007/s15010-015-0720-y.
28. Turgay C., Emine T., Ozlem K., Muhammet S.P., Haydar A.T. A rare cause of acute flaccid paralysis: human corona viruses. *J. Pediatr. Neurosci.* 2015; Vol. 10, No. 3. pp. 280-81. doi: 10.4103/1817-1745.165716.
29. Mao L., Jin H., Wang M., Hu Y., Chen S., He Q., Chang J., Hong C., Zhou Y., Wang D., Miao X., Li Y., Hu B. Neurological Manifestations of Hospitalized Patients with COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA Neurol.* 2020; Vol. 77, No. 6. pp. 683-690. doi:10.1001/jamaneurol.2020.1127
30. Desforges M., Le Coupanec A., Dubeau P., Bourguin A., Lajoie L., Dubé M., Talbot P.J. Human Coronaviruses and Other Respiratory Viruses: Underestimated Opportunistic Pathogens of the Central Nervous System? *Viruses*. 2019; Vol. 12, No. 1. pp. 14. doi: 10.3390/v12010014.



31. Desforges M., Le Coupanec A., Stodola J.K., Meessen-Pinard M., Talbot P.J. Human coronaviruses: Viral and cellular factors involved in neuroinvasiveness and neuropathogenesis. *Virus Res.* 2014; No. 194. pp. 145-58. doi: 10.1016/j.virusres.2014.09.011.
32. Dubé M., Le Coupanec A., Wong A.H.M., Rini J.M., Desforges M., Talbot P.J. Axonal transport enables neuron-to-neuron propagation of human coronavirus OC43. *J. Virol.* 2018; Vol.92, No. 17. e00404-18. doi: 10.1128/JVI.00404-18.
33. Li Y.C., Bai W.Z., Hashikawa T. The neuroinvasive potential of SARS-CoV2 may play a role in the respiratory failure of COVID-19 patients. *J. Med. Virol.* 2020; Vol. 92, No. 6. pp. 552-555. doi: 10.1002/jmv.25728.
34. Vellingiri B., Jayaramayya K., Iyer M., Narayanasamy A., Govindasamy V., Giridharan B., Ganesan S., Venugopal A., Venkatesan D., Ganesan H., Kamarajan R., Rahman P.K.S.M., Cho S.-G., Kumar N.S., Subramaniam. Mohana Devi. COVID-19: a promising cure for the global panic. *Sci. Total Environ.* 2020; No. 725. 138277. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138277.
35. Netland J., Meyerholz D.K., Moore S., Cassell M., Perlman S. Severe acute respiratory syndrome coronavirus infection causes neuronal death in the absence of encephalitis in mice transgenic for human ACE2. *J. Virol.* 2008; Vol. 82, No. 15. pp.7264-75. doi: 10.1128/JVI.00737-08.
36. Baig A.M., Khaleeq, A., Ali U., Syeda H. Evidence of the COVID-19 Virus Targeting the CNS: Tissue Distribution, Host-Virus Interaction, and Proposed Neurotropic Mechanisms. *ACS Chem. Neurosci.* 2020; Vol. 11, No. 7. pp. 995–998. DOI: 10.1021/acchemneuro.0c00122
37. Hamming I., Timens W., Bulthuis M., Lely A., Navis G., van Goor H., Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis, *J Pathol.* 2004; Vol. 203, No. 2. pp. 631-7. doi: 10.1002/path.1570.
38. Kabbani N., Olds J.L. Does COVID19 infect the brain? If so, smokers might be at a higher risk. *Mol. Pharmacol.* 2020; Vol. 97, No. 5. pp. 351-353. doi: 10.1124/molpharm.120.000014.
39. Baig A.M. Neurological manifestations in COVID-19 caused by SARS-CoV-2. *CNS Neurosci. Ther.* 2020; 26 (5): 499–501. doi:10.1111/cns.13372
40. van de Veerdonk F., Netea, M.G., van Deuren M., van der Meer J.W., de Mast Q., Bruggemann R.J., van der Hoeven H. Kinins and Cytokines in COVID-19: A Comprehensive Pathophysiological Approach. *Preprints* 2020; 2020040023. doi: 10.20944/preprints202004.0023.v1.
41. Hanff T.C., Harhay M.O., Brown T.S., Cohen J. B., Mohareb A.M. Is There an Association Between COVID-19 Mortality and the Renin-Angiotensin System—a Call for Epidemiologic Investigations. *Clin. Infect. Dis.* 2020; ciaa329. doi: 10.1093/cid/ciaa329. Online ahead of print.
42. Cheng H., Wang Y., Wang G.Q. Organ-protective Effect of Angiotensin-Converting Enzyme 2 and Its Effect on the Prognosis of COVID-19. *J. Med. Virol.* 2020; Vol. 92, No. 7. pp.726

43. Lavi E., Cong L. Type I Astrocytes and Microglia Induce a Cytokine Response in an Encephalitic Murine Coronavirus Infection. *Exp Mol Pathol.* 2020; Vol. 115:104474. doi: 10.1016/j.yexmp.2020.104474. Online ahead of print.
44. Radmanesh A., Raz E., Zan E., Derman A., Kaminetzky M. Brain Imaging Utilization and Findings in COVID-19: A Single Academic Center Experience in the Epicenter of Disease in the United States. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2020; doi: 10.3174/ajnr.A6610. Online ahead of print.
45. Poyiadji N., Shahin G., Noujaim D., Stone M., Patel S., Griffith B. COVID-19-associated acute hemorrhagic necrotizing encephalopathy: CT and MRI features. *Radiology.* 2020; 201187. doi: 10.1148/radiol.2020201187. Online ahead of print.
46. Radmanesh A., Derman A., Lui Y.W., Raz E., Loh J.P., Hagiwara M., Borja M.J., Zan E., Fatterpekar G.M. COVID-19-Associated Diffuse Leukoencephalopathy and Microhemorrhages. *Radiology.* 2020; 202040. doi: 10.1148/radiol.2020202040. Online ahead of print.
47. Mao L., Jin H., Wang M., Hu Y., Chen S., He Q., Chang J., Hong C., Zhou Y., Wang D., Miao X., Li Y., Hu B. Neurologic Manifestations of Hospitalized Patients With Coronavirus Disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol.* 2020; Vol. 77, No. 6. pp. 1-9. doi: 10.1001/jamaneurol.2020.1127.
48. Tsai L.K., Hsieh S.T., Chang Y.C. Neurological manifestations in severe acute respiratory syndrome. *Acta Neurol Taiwan* 2005; Vol. 14, No. 3. pp. 113-119. PMID: 16252612
49. Umapathi T., Kor A.C., Venketasubramanian N., Lim C.C.T., Pang B.C., Yeo T.T., Lee C.C., Lim P.L., Ponnudurai K., Chuah K.L., Tan P.H., Tai D.Y.H., Ang S.P.B. Large artery ischaemic stroke in severe acute respiratory syndrome (SARS). *J. Neurol.* 2004; Vol. 251, No. 10. pp.1227-1231. doi: 10.1007/s00415-004-0519-8
50. Mehta P., McAuley D.F., Brown M., Sanchez E., Tattersall R., Manson J., HLH Across Speciality Collaboration. COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet.* 2020; Vol. 395, No. 10229. pp. 1033-1034. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30628-0
51. Bathla G., Policeni B., Agarwal A. Neuroimaging in patients with abnormal blood glucose levels. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2014; Vol. 35, No. 5. pp. 833-840. doi: 10.3174/ajnr.A3486
52. Cianfoni A., Caulo M., Cerase A., Della Marca G., Falcone C., Di Lella G.M., Gaudino S., Edwards J., Colosimo C. Seizure-induced brain lesions: a wide spectrum of variably reversible MRI abnormalities. *Eur. J. Radiol.* 2013; Vol. 82, No. 11. pp. 1964-1972. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.05.020.
53. Kelley B.P., Patel S.C., Marin H.L., Corrigan J.J., Mitsias P.D., Griffith B. Autoimmune Encephalitis: Pathophysiology and Imaging Review of an Overlooked Diagnosis. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2017; Vol. 38, No. 6. pp. 1070-1078. doi: 10.3174/ajnr.A5086.
54. Fanou E.M., Coutinho J.M., Shannon P., Kiehl T.-R., Levi M.M., Wilcox M.E., Aviv R.I., Mandell D.M. Critical Illness-Associated Cerebral Microbleeds. *Stroke.* 2017; Vol. 48, No. 4. pp. 1085-1087. doi: 10.1161/strokeaha.116.016289

55. Helms J., Kremer S., Merdji H., Clere-Jehl R., Schenck M., Kummerlen C., Collange O., Boulay C., Fafi-Kremer S., Ohana M., Anheim M., Meziani F. Neurologic Features in Severe SARS-CoV-2 Infection. *N. Engl. J. Med.* 2020; Vol. 382, No. 23. pPp. 2268-2270. doi: 10.1056/NEJMc2008597.

56. Singh R.R., Sedani S., Lim M., Wassmer E., Absoud M. RANBP2 Mutation and Acute Necrotizing Encephalopathy: 2 Cases and a Literature Review of the Expanding Clinico-Radiological Phenotype. *Eur. J. Paediatr. Neurol.* 2015; Vol. 19, No. 2. pp. 106-13. doi: 10.1016/j.ejpn.2014.11.010.

57. Чучин М.Ю. Острая некротическая энцефалопатия при вирусной инфекции. *Детская больница.* 2012. №1 (47). С. 23–28 [Chuchin M.Yu. Acute necrotizing encephalopathy after viral infection. *Children's Hospital.* 2012. No. 1 (47), pp. 23–28 (In Russ.)].

58. Sener R.N., Atalar M.H. Acute Necrotizing Encephalopathy in an Infant: Observations by CT, Contrast-Enhanced MRI and Diffusion MRI. A Case Report. *Neuroradiol. J.* 2008; Vol. 21, No. 4. pp. 538-42. doi: 10.1177/197140090802100411.

59. Kobayashi Y., Kanazawa H., Hoshino A., Takamatsu R., Watanabe R., Hoshi K., Ishii W., Yahikozawa H., Mizuguchi M., Sato S. Acute Necrotizing Encephalopathy and a Carnitine Palmitoyltransferase 2 Variant in an Adult. *J. Clin. Neurosci.* 2019; No. 61. pp. 264-266. doi: 10.1016/j.jocn.2018.11.045.

60. Williams T.A., Brunson R.K., Burton K.L.O., Drevensek S., Brady C., Dale R.C., Mohammad S.S. Neuropsychological Outcomes of Childhood Acute Necrotizing Encephalopathy. *Brain Dev.* 2019; Vol. 41, No. 10. pp. 894-900. doi: 10.1016/j.braindev.2019.07.007.

61. Rossi A. Imaging of acute disseminated encephalomyelitis. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2008; Vol. 18, No. 1. pp. 149-61. doi: 10.1016/j.nic.2007.12.007.

62. Yae Y., Kawano G., Yokochi T., Imagi T., Akita Y., Ohbu K., Matsuishi T. Fulminant Acute Disseminated Encephalomyelitis in Children. *Brain Dev.* 2019; Vol. 41, No. 4. pp. 373-377. doi: 10.1016/j.braindev.2018.11.007.

63. Koeller K.K., Shih R.Y. Viral and Prion Infections of the Central Nervous System: Radiologic-Pathologic Correlation: From the Radiologic Pathology Archives. *Radiographics* 2017; Vol. 37, No. 1. pp. 199-233. doi: 10.1148/rg.2017160149

64. Moriguchi T, Harii N., Goto J., Harada D., Sugawara H., Takamino J., Ueno M., Sakata H., Kondo K., Myose N., Nakao A., Takeda M., Haro H., Inoue O., Suzuki-Inoue K., Kubokawa K., Ogihara S., Sasaki T., Kinouchi H., Kojin H., Ito M., Onishi H., Shimizu T., Sasaki Y., Enomoto N., Ishihara H., Furuya S., Yamamoto T., Shimada S. A first Case of Meningitis/Encephalitis associated with SARS-Coronavirus-2. *Int. J. Infect. Dis.* 2020; No. 94. pp. 55-58. doi: 10.1016/j.ijid.2020.03.062.

65. Методические рекомендации по кодированию и выбору основного состояния в статистике заболеваемости и первоначальной причины в статистике смертности, связанные с COVID-19, утв. зам. МЗ РФ 27.05.2020 г. М.: 2020. 24 с. [Guidelines for coding and selection of the main state in morbidity and initial cause statistics in mortality statistics related to COVID-19, approved by the Deputy Ministry of Health of the Russian Federation on 05.27.2020, Moskva: 2020. 24 p. (In Russ.)].

66. Yao H., Chen J.-H., Xu Y.-F. Patients with mental health disorders in the COVID-19 epidemic, *Lancet Psychiatry*. 2020; Vol. 7, No. 4. e21. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30090-0.

67. Rajkumar R.P. Suicides related to the COVID-19 outbreak in India: A pilot study of media reports *Asian J. Psychiatr.* 2020; No. 53. 102196. doi: 10.1016/j.ajp.2020.102196. Published online 2020 Jun 5.

68. Shah M., Sachdeva M., Johnston H. Eating Disorders in the Age of COVID-19. *Psychiatry Res.* 2020; No. 290. 113122. doi: 10.1016/j.psychres.2020.113122. Published online 2020 May 29.

69. Mamun M.A., Ullah I. COVID-19 Suicides in Pakistan, Dying Off Not COVID-19 Fear but Poverty? – The Forthcoming Economic Challenges for a Developing Country. *Brain Behav. Immun.* 2020; No. 87. pp. 163-166. doi: 10.1016/j.bbi.2020.05.028.

70. Shinn A.K., Viron M. Perspectives on the COVID-19 Pandemic and Individuals With Serious Mental Illness. *J. Clin. Psychiatry.* 2020; Vol. 81, No. 3. p.20com13412. doi: 10.4088/JCP.20com13412.

#### **Сведения об авторах**

*Улюкин Игорь Михайлович*, кандидат медицинских наук, н.с., Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: igor\_ulyukin@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8911-4458

*Шуклина Алёна Александровна*, врач–эпидемиолог Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: basted-17@yandex.ru;

*Орлова Елена Станиславовна*, кандидат медицинских наук, с.н.с. Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: oes17@yandex.ru;

*Сечин Алексей Александрович*, начальник научно–исследовательской лаборатории Военно-медицинской академии имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: sechinalex@rambler.ru.

УДК 616.127-005.8

*Шишкин А. Н., Князева А. И.*

### **ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА И ОЖИРЕНИЕ У БОЛЬНЫХ В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ**

**Аннотация.** В статье представлены данные о распространённости ишемической болезни сердца (ИБС) и ожирения у пациентов с COVID-19. Обсуждаются механизмы повреждения миокарда, роль эндотелиальной дисфункции (ЭД). Представлено влияние демографических характеристик на исходы инфекции. Рассмотрены патогенетические факторы развития миокардита, аритмии, инфаркта миокарда, обусловленные коронавирусной инфекцией. Приводятся сведения об ухудшении функциональных возможностей, повышенном риске сердечно-

сосудистых осложнений и летальности среди больных ИБС и ожирением, перенесших COVID-19.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, ишемическая болезнь сердца, ожирение, коронавирус, SARS-CoV-2, COVID-19.

*A. N. Shishkin, A. I. Kniazeva.*

## **CORONARY HEART DISEASE AND OBESITY IN POST-COVID-19 PERIOD PATIENTS**

**Abstract.** The article presents data on the prevalence of coronary heart disease (CHD) and obesity in patients with COVID-19. Mechanisms of myocardial damage and role of the endothelial dysfunction (ED) are discussed. The influence of demographic characteristics on outcomes of infection is presented. Pathogenetic factors of myocarditis, arrhythmias, myocardial infarction caused by coronavirus infection are considered. There is information about decline of functional capabilities, increased risk of cardiovascular complications and mortality among post-COVID-19 period patients with coronary artery disease and obesity.

**Keywords:** cardiovascular disease, coronary heart disease, obesity, coronavirus, SARS-CoV-2, COVID-19.

Коронавирусная болезнь 2019 года или COVID-19, с которой сталкивается мир сегодня, является серьезной пандемией, оказавшей значительное влияние на общественное здравоохранение [1, 2]. Заболевание приводит к развитию пневмонии, острого респираторного дистресс-синдрома, полиорганной недостаточности и по разным оценкам имеет уровень летальности 2-3% [3, 4]. Наблюдающийся при коронавирусной инфекции высокий риск полиорганной недостаточности в том числе связан с поражением сердечно-сосудистой системы. У лиц с COVID-19 часто встречаются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), а также кардиоваскулярные факторы риска, в частности ожирение. В работе итальянских ученых, включавшей 22 512 больных с COVID-19, у 30% была выявлена сопутствующая ИБС, фибрилляция предсердий наблюдалась у 24,5% [5]. В исследовании, включавшем 5 700 историй болезней пациентов с COVID-19, проходивших лечение в 12 госпиталях Нью-Йорка, ИБС наблюдалась у 11% больных и ожирение – у 41,7% [6]. При анализе показателей 1007 больных COVID-19 в Российской Федерации, госпитализированных с острым респираторным дистресс синдромом, ССЗ были обнаружены у 61,4%; у 16,3% встречалась ИБС, реже наблюдалась фибрилляция предсердий (9,3%); ожирением страдали 26,1% пациентов [7].

В общемировой медицинской практике доминирует теория системного воспаления как основного повреждающего фактора в патогенезе COVID-19 и особой роли ЭД, которая также является важным патогенетическим звеном у пациентов с ИБС и ожирением [8, 9].

При коронавирусной инфекции возможно сочетание различных этиопатогенетических механизмов формирования сердечно-сосудистых осложнений: наличия предрасполагающих ССЗ, прямое и опосредованное

повреждение миокарда и сосудов. Имеющиеся ССЗ способны утяжелять клиническое течение инфекции COVID-19, не влияя при этом на риск инфицирования SARS-CoV-2. Существуют данные об ухудшении функциональных возможностей после перенесенной коронавирусной инфекции [10].

Продолжается изучение механизмов возникновения сердечно-сосудистых осложнений у лиц с COVID-19, которые могут также развиваться после стабилизации пациента. Описана роль прямого повреждающего действия вируса на клетки миокарда, ассоциирующегося с высоким уровнем ангиотензинпревращающего фермента II типа [11], а также опосредованного воздействия на миокард SARS-CoV-2 при «цитокиновом шторме». Развитие ЭД при COVID-19 способствует процессам гиперкоагуляции и возникновению оксидативного стресса, которые обуславливают дисбаланс между потребностью и доставкой кислорода клетками миокарда, что способно вызвать нестабильность, разрыв атеромы и тромбоз коронарных артерий [12, 13]. Возникновение аритмий при COVID-19 связывают с активацией симпатической нервной системы и выбросом катехоламинов, а также с развитием электролитного дисбаланса и гипокалиемии [14]. Однако точный механизм повреждения миокарда при COVID-19 требует уточнения.

Факторами риска неблагоприятного исхода у пациентов с коронавирусной инфекцией служат демографические характеристики (мужской пол, пожилой возраст) и наличие ССЗ – гипертония, ИБС, как наиболее часто встречающихся сопутствующих заболеваний у инфицированных больных [15].

Что касается гендерных особенностей течения заболевания, несмотря на вариативность в разных странах случаев подтверждения инфекции, эпидемиологические данные демонстрируют более тяжелое течение инфекции у мужчин. Причина данных различий до конца не выяснена, предположено влияние половых гормонов, образа жизни на тяжесть исходов коронавирусной инфекции. Повышение уязвимости лиц мужского пола связано со снижением воздействия эстрогенов, улучшающих эндотелиальную функцию с помощью следующих механизмов: уменьшения окислительного стресса, воздействия на ренин-ангиотензиновую систему и клеточную систему эндотелина-1. Известно, что при активации эндотелиальных рецепторов эстрогена наблюдается увеличение высвобождения оксида азота (NO). То есть, для улучшения состояния пожилых пациентов мужского пола важным является сохранение функции эндотелия [15, 16].

У лиц пожилого возраста наблюдается усиление вазоконстрикции, которая индуцируется сосудистыми модуляторами, и наблюдается ослабление эндотелиальной вазодилатации. У них также происходит снижение адаптационной способности сосудов, сердца [17]. Существует предположение, что лица с ССЗ, ассоциированными со стойкой дисфункцией эндотелия, возможно, являются более восприимчивыми к COVID-19. Нужно отметить, что и сама коронавирусная инфекция способна через развитие воспалитель-



ных изменений приводить к повреждению эндотелия. Кроме этого выявлено, что при пневмонии у пациентов имеются разные изменения реакций сосудов на NO, эндотелин-1, адреномодулин и др. В проведенных исследованиях подтверждено, что при SARS-CoV-2 полиорганное повреждение имеет для всех пациентов общую основу, представленную ЭД [18].

Существуют данные о способности кардиотропных вирусов, в том числе SARS-CoV-1, сохраняться в миокарде несколько недель и месяцев. С учетом информации об инфекции, вызванной SARS-CoV-1, у лиц, перенесших инфекцию COVID-19, возможно увеличение развития сердечно-сосудистых осложнений [9].

Проводилось исследование по изучению влияния коронавирусной инфекции на клинические исходы у пациентов с субклинической ИБС с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (оценки содержания коронарного кальция). Величина коронарного кальция более 400 ед. Агатстона была обнаружена у 75% больных и служила показателем худших исходов у пациентов, госпитализированных с COVID-19 [19].

Факторами, играющими роль в этиопатогенезе развития нарушений ритма и проводимости сердца при коронавирусной инфекции, могут служить гипертермии, гипоксия, гиперкатехоламинемия, возбуждение, метаболические и электролитные нарушения, ишемия, повреждением и инфаркт миокарда, а также побочные эффекты применяемых лекарственных препаратов [10].

Суправентрикулярные и желудочковые аритмии по данным китайского исследования встречались у 16,7% больных COVID-19, при тяжелом течении инфекции частота аритмий увеличивалась в 5 раз [20, 5]. Среди находящихся в отделении реанимации и интенсивной терапии аритмии наблюдались у 44% пациентов [10]. У 23-33% больных с тяжелым течением коронавирусной инфекции наблюдались рецидивы пароксизмальной формы фибрилляции предсердий, у 10% пароксизмы фибрилляции предсердий возникали впервые [20]. Нарушения ритма и степень тяжести инфекции обуславливают прогноз у лиц, перенесших COVID-19 [9].

Артериальная гипоксемия повышает вероятность возникновения фибрилляции предсердий, в особенности пожилых пациентов; также аритмогенным фактором служит повреждение миокарда, сопровождающееся повышением в крови содержания кардиоспецифического тропонина. У больных с нормальным уровнем биомаркера частота жизнеугрожающих желудочковых аритмий составила 5,2%, а при гипертропонинемии достигала 11,5% [21].

У более 20% госпитализированных пациентов с COVID-19 наблюдаются значительные повреждения миокарда и развитие миокардита. Больные с повреждением миокарда старше, чем остальные, имеют большую коморбидность, более выраженные лейкоцитоз и концентрацию D-димера, гиперферментемия и другие клинико-лабораторные изменения.

Хотя повреждения миокарда могут быть вторичны и развиваются после возникновения серьезного патологического процесса в легких (при цитокиновом шторме, индуцированной острой гипоксией гибели клеток), чаще наблюдается развитие прямой инфекции сердца, в особенности у лиц с сопутствующими заболеваниями. Обнаружено, что вирусная инфекция нарушает жизнеспособность кардиомиоцитов, приводит к развитию цитопатического эффекта в клетках сердца.

Данное заключение подтверждается в исследовании, продемонстрировавшем, что при заражении стволовых клеток кардиомиоцитов COVID-19 увеличивается клеточная гибель путем апоптоза [22]. Специфические протеазы вируса (основная протеаза (M<sub>pro</sub>), папаиноподобная протеаза (PL<sub>pro</sub>)) необходимы для репликации коронавируса, который использует при заражении рибосомы клетки хозяина с их дальнейшим протеолизом для получения белковых компонентов и воспроизведения новых вирионов.

Обсуждаются несколько видов повреждения кардиомиоцитов при SARS-CoV-2: прямое повреждение миокарда, обусловленное взаимодействием коронавируса с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента II типа в миокарде; а также вирусный миокардит, повреждение мышцы сердца цитокинами, провоспалительными факторами, изменение микроциркуляции и ЭД, гипоксические изменения клеток миокарда [10].

При высокой вирусной нагрузке у 7% пациентов отмечается возникновение фульминантного миокардита. В клинической картине могут наблюдаться жалобы на умеренный дискомфорт в груди и сердцебиение, которое сопровождается систолической дисфункцией сердечной мышцы, тахикардиями и нарушением проводимости. Проявления миокардита чаще фиксируются спустя две недели от начала симптомов инфекции COVID-19 [9].

При коронавирусной инфекции присутствуют патогенетические факторы инфаркта миокарда. Системное воспаление может способствовать дестабилизации, разрыву нестабильных атеросклеротических бляшек, увеличению прокоагуляционного потенциала крови – способствовать тромбозу коронарных артерий, в результате может возникать инфаркт миокарда 1-го типа. Факторами риска инфаркта миокарда 2-го типа являются: повышение уровня цитокинов, гипертермия, гиперкатехоламинемия, тахикардия, повышающие потребность в кислороде, а также гипоксемия, укорочение периода диастолической перфузии миокарда при тахикардии, повышение конечно-диастолического давления в желудочках, что способно снижать доставку кислорода кардиомиоцитам [10].

Пандемия коронавирусной инфекции привлекла внимание к эпидемии ожирения, которое при инфицировании COVID-19 оказывает значительное влияние на прогноз. Отмечается, что вместе с артериальной гипертензией и ИБС ожирение формирует более тяжелое течение коронавирусной инфекции.

В исследовании, включавшем почти 10000 больных было показано, что при COVID-19 и ожирении наблюдается более высокий риск смерти на 21,45 дни. Сообщается, что у лиц с коронавирусной инфекцией и ожирением чаще возникает критическое состояние и потребность в интубации [23].

Избыточная жировая ткань воздействует механически на возможность вдыхать воздух, при ожирении больше усилий затрачивается на дыхание, что может способствовать гиповентиляции и снижению в крови уровня кислорода. Ожирение сопровождается постоянным высвобождением цитокинов, возможно возникновение цитокинового дисбаланса, который нарастает при коронавирусной инфекции, что способствует большему повреждению легких по сравнению с пациентами без увеличения индекса массы тела. Помимо этого, хроническое воспаление способно привести к ЭД. В данном состоянии возникает вазоспазм, который способствует еще большему снижению в тканях уровня кислорода [24].

В организме увеличение количества жировой ткани может способствовать большей выработке ангиотензинпревращающего фермента II типа – фермента, который дает возможность коронавирусу проникать в клетки и начинать их повреждение, что подтверждает роль ожирения при возникновении инфекции более тяжелого течения коронавирусной инфекции [25].

Таким образом, ишемическая болезнь сердца и ожирение являются частыми заболеваниями у пациентов, перенесших COVID-19, и служат факторами риска более существенных последствий инфекции, развития сердечно-сосудистых осложнений, особенности которых требуют дальнейшего изучения и выбора алгоритма лечения.

### Список литературы

1. Alturki S. O., Alturki S. O., Connors J. et al. The 2020 Pandemic: Current SARS-CoV-2 Vaccine Development. // *Front Immunol.* – 2020. – Vol. 11. – P. 1-13.
2. Dhar D., Mohanty A. Gut microbiota and Covid-19-possible link and implications. // *Virus Res.* – 2020. – P. 1-6.
3. Singhal T. A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19). // *Indian J Pediatr.* – 2020. – Vol. 84, №4. – P. 281-286.
4. Wang C., Horby P. W., Hayden F. G. et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. // *The Lancet.* – 2020. – Vol. 395, № 10223. – P. 470–473.
5. Onder G., Rezza G., Brusaferro S. Case-fatality rate and characteristics of patients dying in relation to COVID-19 in Italy. // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, №18. – P. 1775–1776.
6. Richardson S., Hirsch J. S., Narasimhan M. et al. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, №20. – P. 2052–2059.
7. Бубнова М. Г., Аронов Д.М. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания: от эпидемиологии до реабилитации. // *Пульмонология.* – 2020. – Вып. 30, №5. – С. 688–699.

8. Абдурахимов А. Х., Эргашева З. А., Херай Л. Н. COVID-19 и дисфункция эндотелия (обзор литературы). // *Re-health journal* – 2021. – Вып.2, № 6. – С. 1-6.
9. Теплова Н. В. Коррекция эндотелиальной дисфункции при COVID-19. // *Медицинский алфавит*. – 2020. – Вып.22. – С. 56-59.
10. Козлов И. А., Тюрин И. Н. Сердечно-сосудистые осложнения COVID-19. // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 14-22.
11. Jaffe A. S., Cleland J. G. F., Katus H. A. Myocardial injury in severe COVID-19 infection. // *Eur. Heart J.* – 2020. – Vol. 41, № 22. – P. 2080–2082.
12. Sardu C., Gambardella J., Morelli M. B. et al. Hypertension, thrombosis, kidney failure, and diabetes: Is COVID-19 an endothelial disease? A comprehensive evaluation of clinical and basic evidence. // *J. Clin. Med.* – 2020. – Vol. 9, № 5. – P. 1417.
13. Guzik T., Mohiddin S. A., Dimarco A. et al. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. // *Cardiovasc. Res.* – 2020. – Vol. 116, №10. – P. 1666–1687.
14. Xiong T. Y., Redwood S., Prendergast B. et al. Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. // *Eur. Heart J.* – 2020. – Vol. 41, №19. – P. 1798–1800.
15. Костинова М. П. Основы иммунореабилитации при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Пособие для врачей. // М.: Группа МДВ. – 2020. – С. 1-112.
16. Hendren N. S., Drazner M. H., Bozkurt B. et al. Description and proposed management of the acute COVID-19 cardiovascular syndrome. // *Circulation*. – 2020. – Vol. 141, №23. – P. 1903– 1914.
17. Lakatta E. G. Arterial and cardiac aging: Major shareholders in cardiovascular disease enterprises. Part III: Cellular and molecular clues to heart and arterial aging. // *Circulation*. – 2003. – Vol. 107.– P. 490–497.
18. Varga Z., Flammer A. J., Steiger P. et al. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395.- P. 1417–1418.
19. Fovino L. N., Cademartiri F., Tarantini G. Subclinical coronary artery disease in COVID-19 patients. // *Eur. Heart J. Cardiovas. Imaging*. – 2020. – Vol. 21, № 9. – P. 1055–1056.
20. Wang D., Hu B., Hu Ch. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. // *JAMA*. – 2020. – Vol. 323, №11. – P. 1061– 1069.
21. Guo T, Fan Y., Chen M. et al. Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). // *JAMA Cardiol*. – 2020. – Vol. 27. – P. 2010-2017.
22. Sharma A., Garcia G. Jr., Wang Y. et al. Human iPSC-Derived Cardiomyocytes are Susceptible to SARS-CoV-2 Infection. // *Cell Rep Med*. – 2020. – Vol. 1, №4. – P. 1-13.
23. Tartof S. Y., Qian L., Hong V. Obesity and Mortality Among Patients Diagnosed With COVID-19: Results from an Integrated Health Care Organization. // *Ann Intern Med*. – 2020. – Vol. 173, №10. – P. 773-781.
24. Varney C. COVID-19 reveals how obesity harms the body in real time, not just over a lifetime. // *The Conversation*. – 2020. – P. 1-5.

25. Lemyze M., Courageux N., Maladobry T. et al. Implications of Obesity for the Management of Severe Coronavirus Disease 2019 Pneumonia. // Crit Care Med. – 2020. – Vol.48, №9. – P. 761-767.

#### **Сведения об авторах**

*Шишкин Александр Николаевич*, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой факультетской терапии медицинского факультета, Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: alexshishkin@bk.ru.

*Князева Алена Игоревна*, аспирант кафедры факультетской терапии медицинского факультета, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: knyazeva.alyona@inbox.ru.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ТОМ 16, № 1

#### **Россия и страны Евразийского экономического союза**

Приветственное слово академика РАН Глазьева С.Ю. на XVI всероссийской конференции «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» 25.11.2021 г. ....5

#### **Об исторических лидерствах России в мире**

Выступление Багдасаряна В.Э. на XVI всероссийской конференции «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» 25.11.2021 г. ....9

#### **Россия в год 80-летия обороны Москвы**

Вступительное слово главного редактора С.А. Варзина ..... 17

### РАЗДЕЛ 1.

## ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

### 1.1. Актуальные проблемы гигиены

#### 1.1.1. Проблемы водоснабжения

*Бадаева Е.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Федоров В.Н., Ганичев П.А., Серикова Я.Ю.*

Оценка группы суммации загрязняющих веществ однонаправленного действия при выборе водоисточника .....23

*Ганичев П.А., Шварц А.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Мясников И.О., Кирьянова М.Н.*

Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Тосненском районе Ленинградской области .....37

*Копытенкова О.И., Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Кирьянова М.Н.*

Современные технологии обращения с осадками сточных вод. Краткий литературный обзор .....45

*Мясников И.О., Шварц А.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Кирьянова М.Н.*

Гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Кингисеппском районе Ленинградской области .....59

*Мясников И.О., Сергеев А.А., Ковшов А.А.*

Гигиенические аспекты организации питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения на территории Мурманской области .....68

*Степанян А.А., Шварц А.А., Еремин Г.Б., Мясников И.О., Бадаева Е.А.*

Гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Бокситогорском районе Ленинградской области .....75



<i>Степанян А.А., Еремин Г.Б., Шварц А.А., Мясников И.О., Кирьянова М.Н.</i> Обоснование выбора веществ для контроля качества питьевой воды подземных водоисточников в Тихвинском районе Ленинградской области .....	83
<i>Шварц А.А., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Мясников И.О., Ганичев П.А., Булавина И.Д.</i> Обоснование выбора веществ для контроля качества питьевой воды подземных водоисточников в Выборгском районе Ленинградской области .....	91
<i>Шварц А.А., Еремин Г.Б., Степанян А.А., Мясников И.О., Булавина И.Д.</i> Гигиеническая оценка качества воды подземных водоисточников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Гатчинском районе Ленинградской области .....	101
<i>Мясников И.О., Носков С.Н., Ганичев П.А., Кирьянова М.Н.</i> О работе Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора по реализации научных проектов по обеспечению населения питьевой водой гарантированного качества .....	112

### 1.1.2. Вопросы безопасности питания

<i>Белова Л.В., Пилькова Т.Ю., Федотова И.М., Стрежнева Н.П.</i> Вопросы обеспечения качества и безопасности пищевой продукции и услуг общественного питания на основе современных требований ...	123
<i>Зарицкая Е.В., Маркова О.Л., Ганичев П.А., Еремин Г.Б., Михеева А.Ю.</i> Бисфенол А: к вопросу о гигиенической безопасности пищевой упаковки .....	133
<i>Маркова О.Л., Ганичев П.А., Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б.</i> Исследование миграции ди (2-этилгексил) фталата из полимерных материалов для бутилированной воды.....	138
<i>Никанов А.Н., Чащин В.П., Талыкова Л.В., Гребеньков С.В., Гудков А.Б., Быков В.Р.</i> Значение лечебно-профилактических напитков в профилактике производственных интоксикаций на металлургических предприятиях Арктики.....	144

### 1.1.3. Прочие проблемы гигиены

<i>Афанасьева Т.А., Леванчук Л.А., Ганичев П.А.</i> Основные направления решения проблем, связанных с акустической нагрузкой в районах с развитой транспортной инфраструктурой .....	150
<i>Дударев А.А., Дождиков А.В.</i> Сравнительный анализ условий проживания и факторов среды обитания городского и сельского населения применительно к оценке санитарно-эпидемиологического благополучия жителей Ненецкого АО.....	172

<i>Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Скляр Д.Н.</i> Основные проблемы измерения микроклимата жилых и общественных зданий в условиях меняющегося климата.....	188
<i>Кулырова А.В.</i> Эколого-рекреационная оценка современного экологического состояния Нижнего Большого Суздальского озера и разработка проекта по повышению его туристической привлекательности (Выборгский район, г. Санкт-Петербург).....	198
<i>Лебедев К.Ю., Кирьянова М.Н.</i> Актуальные вопросы гигиенического нормирования седьмой подзоны приаэродромных территорий .....	215
<i>Малькова Н.Ю., Петрова М.Д.</i> Результаты пилотного исследования интенсивности лазерного излучения у современных проекторов, используемых для создания лазерного шоу.....	225
<i>Никанов А.Н., Катаев Г.Д.</i> Влияние промышленных поллютантов на биологические показатели млекопитающих российской Арктики .....	230
<i>Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н, Ляшко Г.Г., Плеханов В.П.</i> Нормативно-методическое обеспечение и инструментальный контроль уровней электромагнитных полей базовых станций сотовой связи на селитебных территориях .....	234
<i>Носков С.Н., Головина Е.Г., Гончик К.Р., Степанян А.А.</i> Вклад загрязнения воздуха в оценку биометеорологического режима г. Санкт-Петербурга .....	243
<i>Сюрин С.А.</i> Профессиональные риски и заболевания работников непромышленной сферы в Российской Арктике .....	249
<i>Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ковшов А.А.</i> Современные цифровые технологии как важный инструмент для оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в Российской Арктике .....	257
<i>Леванчук А.В., Шилова Е.А., Петрова М.Д., Ганичев П.А.</i> Комплексный подход к оценке воздействия дорожно-автомобильного комплекса на здоровье жителей городских поселений .....	266

## **1.2. Актуальные вопросы в эпоху новой коронавирусной инфекции Covid-19**

<i>Сулакишин С.С.</i> К публичной полемике о «росте» случаев заболеваний и смертей в результате массового вакцинирования от ковида .....	286
<i>Балацкий П.С., Команденко А.С.</i> Студенты медицинских вузов в условиях коронавирусной инфекции ...	294

<i>Баранов И.А., Козлова Н.С.</i> Сигнальный путь mtor в связи с патогенезом новой коронавирусной инфекции COVID-19 .....	301
<i>Бубнова Н.А., Стрижелецкий В.В., Сулима В.В., Шатиль М.А., Чернышев О.Б., Авдошин И.В., Акинчиц Л.Г.</i> Полиорганная недостаточность при коронавирусной инфекции. Обзор литературы .....	309
<i>Золотов В.Д., Суровцева Т. В., Мазуренко С.О.</i> Сосудистые осложнения у пациентов с новой коронавирусной инфекцией.....	320
<i>Иванова Н.В., Белов В.С., Самаркин А.И., Ле М.Т., Серенко М.С.</i> Влияние сопутствующих заболеваний при COVID-19 на риски неблагоприятных исходов: региональный аспект .....	329
<i>Мартюшев-Поклад А.В., Янкевич Д.С., Савицкая Н.Г., Петрова М.В.</i> Неиспользованные возможности в борьбе с COVID-19 с точки зрения 4П-медицины .....	340
<i>Потанина О.Н., Айрапетян С.А., Мазуренко С.О., Стрижелецкий В.В. Пальчикова Л.С., Теплякова Н. А., Ермолаева Л.Г., Гомон Ю.М.</i> Случаи повторной госпитализации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию .....	348
<i>Селезнева А.А., Козлова Н.С.</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> и COVID-19: взаимосвязь в контексте пандемии.....	357
<i>Семенова Т.С., Егоров К.С., Мазуренко С.О., Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г.</i> Краткосрочный прогноз пациентов с коронавирусной инфекцией COVID-19, перенесших низкоэнергетический перелом бедра.....	365
<i>Сивак И.М., Жекалов А.Н., Миронов И.В., Слижов П. А., Глушаков Р.И.</i> Укорочение длины теломер при пневмонии, вызванной новой коронавирусной инфекцией.....	371
<i>Строев Ю.И., Цинзерлинг В.А., Чурилов Л.П., Яковлев Д.С.</i> Щитовидная железа и COVID-19.....	378
<i>Тибеккина Л.М.</i> Неврологические аспекты коронавирусной инфекции .....	388
<i>Улюкин И.М., Шуклина А.А., Орлова Е.С., Сечин А.А.</i> Поражения центральной нервной системы COVID-19–генеза.....	408
<i>Шишкин А.Н., Князева А.И.</i> Ишемическая болезнь сердца и ожирение у больных в постковидном периоде.....	421

### 1.3. Избранные вопросы дерматологии

- Козлова Н.С., Нестерова Е.В., Трофимова Н.Н., Васильев О.Д., Куготова Д.А., Мураховский В.С.*  
 Антибиотикорезистентность штаммов *Candida spp.*, выделенных у больных дерматозами .....429
- Козлова Н.С., Нестерова Е.В., Трофимова Н.Н., Сагомонов А.В., Куготова Д.А., Гусева У.С.*  
 Антибиотикорезистентность штаммов золотистого стафилококка, выделенных у больных дерматозами в Санкт-Петербурге .....435
- Метляева А.В., Нестерова Е.В., Трофимова Н.Н., Куготова Д.А., Гусева У.С.*  
 Микробиота кожи у больных дерматозами .....441
- Фролова М.С., Строев Ю.И., Хаджидис А.К., Чурилов Л.П.*  
 Роаккутан в комплексной терапии акне при тиреоидите Хасимото .....448
- Николаева А.А., Шишкин А.Н.*  
 Особенности микробиоты кишечника при псориазе и псориатическом артрите.....457

### 1.4. Некоторые вопросы акушерства и педиатрии

- Первунина Т.М., Эрман М.В., Грысык Е.Е., Кирюхина Л.В., Балацкий П.С.*  
 Распространенность и структура кардиоренального синдрома у детей Санкт-Петербурга .....464
- Гончарова А.Р., Краева Л.А., Гладин Д.П., Метляева А.В.*  
 Антибиотикорезистентность энтерококков в педиатрическом стационаре в 2019 году.....469
- Джалалова Н.А., Азимова А.А., Атамухамедова Д.М.*  
 Клинико-эпидемиологические и биохимические особенности вирусного гепатита В и С у беременных .....475
- Колодкина Е.В., Бехтерева И.А.*  
 Инкреция и выделение из крови пищеварительных ферментов у женщин при естественных родах и кесаревом сечении.....483
- Осипов В.Г.*  
 Технология комплексной психофизической подготовки беременных женщин к родам .....488
- Пунченко О.Е., Березницкая Е.А., Ермоленко Е.И.*  
 Пробиотическая поддержка в комплексной терапии .....494
- Шабашова Н.В.*  
 Традиционная терапия и развитие синдрома частых острых респираторных заболеваний у детей.....500

## 1.5. Актуальные проблемы стоматологии

- Адамчик А.А., Таиров В.В., Кири К.Д., Коровашкин С.А., Ибрагимов О.Р., Запорожская-Абрамова Е.С., Соловьева Ж.В., Иващенко В.А.*  
Клинические аспекты восстановления очагов деструктивных форм периодонтита..... 505
- Ахмадов И.Н.*  
Состояние слизистой оболочки полости рта при съёмных пластиночных протезах ..... 513
- Баринев Е.Х., Иорданишвили А.К., Баринев А.Е., Ромодановский П.О.*  
Проблема профилактики конфликтов при оказании медицинской помощи..... 521
- Данилова Н.Б., Соколович Н.А., Павлова С.Г.*  
Медицинские осмотры студентов врачами стоматологами как один из ключевых моментов профилактики стоматологических заболеваний ..... 529
- Тимченко П.Е., Тимченко Е.В., Бажутова И.В., Волова Л.Т., Фролов О.О., Ионов А.Ю.*  
Возможность применения метода спектроскопии комбинационного рассеяния для оценки эмали зубов при пародонтите до и после открытого кюретажа ..... 536
- Лунёва Ю.А., Солдатова Л.Н., Иорданишвили А.К.*  
Оценка рынка стоматологических услуг и возможности оказания стоматологической помощи для маломобильных групп населения ..... 543
- Мальчикова Д.В., Слесарев О.В.*  
Особенности диагностики и реабилитации пациентов с дефектами кости критических размеров альвеолярного отростка верхней челюсти .... 550
- Мулендеев П.Г., Андреева Н.А., Московский А.В., Уруков Ю.Н., Московская О.И.*  
Особенности препаровки под керамические виниры ..... 556
- Мушегян П.А., Шарангин Н.М., Иорданишвили А.К.*  
Клинический случай проявления кандидозной инфекции полости рта. Терапевтические стратегии..... 564
- Ортикова Н.Х., Ризаев Ж.А.*  
Пути преодоления тревожности и беспокойство у детей на стоматологическом приёме ..... 570
- Питиримова А.С., Московский А.В., Лузикова Е.М., Уруков Ю.Н., Московская О.И.*  
Лечение преруптивной интракорональной резорбции первого моляра .. 581
- Солдатов В.С., Солдатова Л.Н., Иорданишвили А.К.*  
Роль отечественных средств ухода за полостью рта в комплексной адаптации молодых людей с гиперестезией твердых тканей зубов ..... 588
- Тегза Н.В., Солдаткина А.С., Лунёва Ю.А.*  
Характеристика показателей здоровья полости рта у лиц молодого возраста..... 595

## 1.6. Актуальные проблемы внутренних болезней

<i>Бондарчук С.В.</i>	
Дефицит железа: современные представления.....	603
<i>Дорофейков В.В., Петрова Н.Н., Смирнов М.С., Копосов Н.Р.</i>	
Объективная оценка состояния здоровья атлета и анализ крови на тропонин (собственный опыт и обзор литературных данных) .....	610
<i>Коноплева Е.В., Воеводская Ю.М.</i>	
Клинико-фармакологические подходы к выбору растительных лекарственных средств для повышения адаптации к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды .....	615
<i>Котрова А.Д., Шишкин А.Н.</i>	
Энтеротипы при метаболическом синдроме.....	622
<i>Кощеева Т.А., Мазуренко С.О., Соин П.В., Старосельский К.Г.</i>	
Влияние нарушения функции околотитовидных желез на качество жизни больных с хронической болезнью почек, получающих лечение гемодиализом.....	626
<i>Крупин Н.О., Козлова Н.С.</i>	
Влияние кишечной микробиоты на психическое здоровье человека .....	634
<i>Лемещенко А.В., Жекалов А.Н., Спивак И.М., Ким А.Е.</i>	
Некоторые показатели вегетативного статуса и заболеваемости у мигрантов разных морфо-конституциональных типов при краткосрочной адаптации к условиям полярной гипоксии в Арктике.....	643
<i>Липская И.Л., Строев Ю.И., Чурилов Л.П.</i>	
К патогенезу булимии при аутоиммунном тиреоидите .....	654
<i>Сахацкая О.А., Строев Ю.И., Чурилов Л.П.</i>	
Аутоиммунный тиреоидит, гипотироз и паратирокринин.....	662
<i>Свитнев И.В., Харитонова Е.А., Лукьянова Л.А.</i>	
Программный комплекс оценки вероятности заболевания воинских коллективов на основе ранжирования социально-физиологических рисков .....	673
<i>Сорокин Г.А.</i>	
Физиологический анализ и риск-ориентированная оценка режимов труда с 4-х дневной неделей .....	678
<i>Субботина О.П., Тибеккина Л.М., Марина А.А., Чарыева Г.</i>	
Цефалгический синдром в структуре коморбидных расстройств у больных с эпилепсией .....	688
<i>Фролов Д.С., Рубинштейн А.А., Мазуренко С.О., Макарова А.В., Шустов С.Б.</i>	
Возрастной гипогонадизм и ишемическая болезнь сердца .....	699
<i>Шемеровский К.А., Юров А.Ю.</i>	
Зависимость уровня иммунной системы от регулярности ритма кишечника.....	707



<i>Шкодкин И.В., Ягашкина С.И., Воробьев С.Л.</i> Особенности и ошибки диагностики некоторых болезней IgG-4 ассоциированной патологии .....	711
<i>Юров А.Ю., Шемеровский К.А.</i> Скрининг брандиэнтерии среди молодежи и современная профилактика внутренних патологий .....	721
<i>Соловьев О.В., Шишкин А.Н.</i> Модифицируемые факторы риска ИБС .....	726

## 1.7. Актуальные проблемы хирургии

<i>Ветошкин В.А., Шульга А.Ф., Суоров Д.А., Тягун В.С., Святненко А.В., Акбашев Р.А., Виниченко А.А.</i> Современные возможности этапных операций в лечении злокачественных образований печени (ALPPS) .....	732
<i>Гокоева А.А., Николаев А.А., Бойко К.Ф., Воробьев Н.А., Черкашин М.А., Березина Н.А., Оборотова Е.А., Сунрун К.С.</i> Организация анестезиологической помощи детям в ходе протонной лучевой терапии .....	743
<i>Зайцев А.Н., Чёрная А.В., Ульянова Р.Х., Дышлюк Т.Л., Грызунов В.В., Негусторов Ю.Ф., Халтурин В.Ю.</i> Современная доля простых и дешёвых методов исследования (рентгенографии и эхографии) в первичном выявлении опухолей мягких тканей. Не стоит ли их возродить?.....	749
<i>K.J. van Zwieten, A. Bezmaternykh, Y. El Jerrari, K.P. Schmidt, I.A. Zubova, O.E. Piskun, S.A. Varzin</i> Advances in finger proximal interphalangeal (P.I.P.-) joint prosthesis design .....	757
<i>Мазуров В.И., Сайганов С.А., Ткаченко А.Н., Инамова О.В., Уразовская И.Л., Мансуров Д.Ш., Хайдаров В.М., Алиев Б.Г., Спичко А.А., Балглей А.Г.</i> Распространенность остеоартрита и проблемы его статистического учета .....	764
<i>Ростом Л.Ж., Буева К.А., Стрижелецкий В.В., Мазуренко С.О., Шатиль М.А., Добрынин О.Н., Иванов И.Г.</i> Факторы риска развития гнойно-некротических инфекций мягких тканей у пациентов с избыточной массой тела .....	771
<i>Свириденко А.Д.</i> Современные методы устранения дефектов и деформаций средней зоны лица .....	775
<i>Семиголовский Н.Ю., Дрыгин А.Н., Левчук А.Л., Баллюзек М.Ф., Воронин М.С., Мазуренко С.О., Семиголовский С.Н., Шабалина М.О., Аль Ахдал Мустафа Х.С.</i> Специализация реанимационных отделений: следствие или инструмент прогресса высокотехнологичной медицины? .....	783

*Черкашин М.А., Николаев А.А., Березина Н.А., Березин Н.С., Супрун К.С.*  
Внедрение программы доступности автоматической наружной дефибрилляции в онкологическом стационаре.....796

*Главнов П.В., Комиссаров М.И., Алешин И.Ю., Иванов А.П.*  
Применение тактики контроля повреждений Damage Control в условиях травмоцентра 2-го уровня (Клинический случай) .....801

## ТОМ 16, № 3

### РАЗДЕЛ 2. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Зайцев А.К.*  
Динамика составляющих экономики России: анализ и тенденции развития .....807

*Матвеев А.В.*  
Анализ причин и последствий системного финансово-экономического кризиса скрытого пандемией COVID-19.....819

*Редько А.А.*  
Место России в мире в условиях инфодемии 2020-2021 .....848

*Бобылов Ю.А.*  
Военно-биологические аспекты обеспечения безопасности населения России.....856

*Цинченко Г.М.*  
Распространенность потребления наркотиков несовершеннолетними в Санкт-Петербурге .....865

*Сапунов В.Б., Воронов Н.В.*  
Подходы к оценке социально-биологических последствий эпидемиологической ситуации 2020-2021 года .....871

### РАЗДЕЛ 3. ДЕМОГРАФИЯ НАРОДОВ РОССИИ И УСЛОВИЯ ИХ ВЫЖИВАНИЯ

*Галиев Р.С., Дробленков А.В.*  
Оценка возрастного состава умерших людей как демографического показателя (на примере г.Тольятти) .....881

*Дударев А.А., Дождиков А.В.*  
Сравнительный анализ медико-демографических показателей среди городского и сельского населения применительно к оценке рисков здоровью и воспроизводства населения Ненецкого автономного округа.....891

<i>Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Улановская Е.В.</i> Условия труда и состояние здоровья работников основных профессий современного энергетического машиностроения .....	905
<i>Ковишова А.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А.</i> Анализ заболеваемости населения Мурманской области с 2007 по 2019 год .....	914
<i>Сорокин Г.А., Кирьянова М.Н., Булавина И.Д.</i> Профессиональные и индивидуальные особенности возрастной динамики снижения работоспособности .....	923
<i>Сюрин С.А.</i> Болезни органов дыхания профессиональной этиологии у работников предприятий в Арктике.....	929

## РАЗДЕЛ 4.

### ДОСТИЖЕНИЯ И ОТКРЫТИЯ В НАУКЕ

<i>Сулакишин С.С.</i> Новый физический взгляд на природу жизнетворения.....	939
<i>Жукова В.В., Куфтырев Д.М., Гишян А.А., Косякова К.Г.</i> Микрофлора толстого кишечника крыс и человека .....	966
<i>Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Пятибрат А.О.</i> Оценка изменений уровней гормонов стресса и поведенческих реакций животных под влиянием шума и вибрации (в модели на крысах) .....	970
<i>Медведева А.В., Реброва А.В., Заломаева Е.С., Никитина Е.А., Токмачева Е.В., Васильева С.А., Щеголев Б.Ф., Савватеева-Попова Е.В.</i> LIMK-1 серотонин-дофаминовых нейронов дрозофилы как мишень влияния магнитного поля.....	976
<i>Мирошникова Е.Б., Дадали Ю.В., Дадали В.А., Галевская Л.В.</i> Влияния фенольных соединений на клеточные мембраны эритроцитов в модели фотодинамической терапии .....	984
<i>Торопкова Е.В., Кульбах О.С.</i> Экспериментально-морфологическое исследование влияния побочных продуктов синтеза изопрена на лимфатические узлы .....	992

## РАЗДЕЛ 5.

### ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

#### 5.1. Проблемы студенческого образования

<i>Абабкова М.Ю., Хасан Х.К., Покровская Н.Н.</i> Сравнительный анализ проблем онлайн обучения (на примере России, Индии, Бангладеш) .....	999
<i>Алешко О.В., Данилова Н.Б.</i> Современное состояние вопроса о проведении медицинских осмотров студентов.....	1008

<i>Балахонов А.В., Михайлов С.М., Молитвин М.Н., Строев Ю.И., Шульгина О.С., Чурилов Л.П.</i>	
К вопросу о необходимости создания нормативного медицинского лексикона .....	1014
<i>Бушма Т.В., Зуйкова Е.Г.</i>	
Рациональное питание – важный компонент здорового образа жизни студенческой молодежи.....	1019
<i>Евсеева, Л.И. Поздеева Е.Г., Шипунова О.Д., Евсеев В.В.</i>	
Цифровой след в трансформации образовательного пространства.....	1023
<i>Ковалева Ю.А., Зарецкий Д.О.</i>	
Развитие координационных способностей лиц 13-14 лет с поражением опорно-двигательного аппарата посредством бального танца .....	1030
<i>Семенов А.Ю., Авраменко Е.А.</i>	
Как повысить эффективность производственных практик в условиях пандемии.....	1037
<i>Улюкин И.М., Киселева Н.В., Сечин А.А., Орлова Е.С., Павлова Н.В.</i>	
Неявная враждебность и агрессивность поведения у лиц молодого возраста.....	1042
<i>Шемеровский К.А., Троцюк Д.В., Колесникова М.А., Гаджиева Ф.И.</i>	
Соблюдение циркадианного ритма мозга и кишечника как фактора повышения уровня здоровья – основы человеческого потенциала .....	1050

## 5.2. Актуальные вопросы школьного образования

### 5.2.1. Образование – важнейший элемент человеческого потенциала

<i>Кондратьева Л.О.</i>	
Образовательная технология «case study» как средство интеграции предметных дисциплин в школе .....	1059
<i>Марина Н.С., Хахулина Н.С.</i>	
Образовательный потенциал классно-урочной системы обучения: эффективность в современном мире.....	1064
<i>Савченко Е.В.</i>	
Формирование экологической культуры школьников на уроках изобразительного искусства .....	1068
<i>Плесьяк А.А.</i>	
Учитель и образовательная парадигма XXI века.....	1075
<i>Покотило В.И.</i>	
Использование современных образовательных технологий на примере цифровой платформы Learningapps как повышение мотивации учащихся к изучению английского языка .....	1079
<i>Шварц А.А.</i>	
Из опыта участия в профессиональных конкурсах .....	1085

*Шевлякова В.В.*

Формирование системы общественных ценностей на уроках  
«основы духовно-нравственной культуры народов России»  
в лицее №597 Приморского района .....1092

*Колодицкая Н.Г.*

Здоровый образ жизни населения как гарант успешного  
становления общества .....1095

### **5.3. Теория и практика физической культуры и спорта**

*Бондарчук И.Л., Бушма Т.В, Халилова Л.И., Шигабуудинов А.В.*

Изменение содержания жира в организме студенток в процессе  
занятий физической культурой.....1099

*Венгерова Н.Н., Пискун Т.М.*

Новые условия реализации программы по физической культуре  
в высшей школе.....1103

*Зуйкова Е.Г., Бушма Т.В.*

Организация педагогического взаимодействия субъектов  
образовательного процесса в физкультурно-спортивной  
деятельности на занятиях аэробикой.....1108

*Намазов А.К., Шамрай Л.В., Бобожанов Ш.У., Намазов К.А.*

Возрастные особенности адаптации к физическим нагрузкам .....1115

*Намазов А.К., Шамрай Л.В., Бобожанов Ш.У., Намазов К.А.*

Особенности занятий физической культурой во время дистанционного  
обучения.....1123

*Склярлова И.В., Даценко А.А.*

Использование инновационных педагогических технологий –  
кейс-стади и социометрии – в тимбилдинге .....1128

## **РАЗДЕЛ 6.**

### **ПОЛИТИКА – СФЕРА ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ БОЛЬШИМИ СОЦИАЛЬНЫМИ ГРУППАМИ**

*Волк В. В.*

Не может быть? .....1136

*Светлая Е.*

В стране происходит что-то недоброе, неправильное, опасное .....1140

*Донецкая Л.*

Уроки истории и вызовы современности .....1143

*Пономарёв С.А.*

Новая история России от министра Кравцова. Россия и её власть  
согласны? .....1151

*Суворова С.*

Вперёд, молодёжь! .....1155

## РАЗДЕЛ 7. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Осинов А.И.*

Научные основы эффективного использования земель, вышедших из оборота .....1160

## РАЗДЕЛ 8. СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ, ФИЛОСОФИИ, ЛИТЕРАТУРЫ

*Никитин М.Ю.*

Триста лет сохранения памятников воинской славы.....1172

*К. J. van Zwieten*

Facilitating “dancing for health” – retrospective of some swing – and dance bands in the West Indies, 1941-1981 .....1188

*Косачев И.Д.*

Второй сухопутный и Адмиралтейский военные госпитали (История клинической базы Медико-хирургической академии) .....1196

*Строев Ю.И., Строева С.Г.*

Санкт-петербургская Мариинская больница в годы войны (к 80-летию ленинградской блокады) .....1208

*Товпеко Д.В., Коровин А.Е., Чурилов Л.П.*

Научно-историческое наследие исследований эффективности физической реабилитации раненых и пострадавших в годы великой войны 1914–1918 гг. ....1225

*Шапошников А.Н.*

Методология и аксиоматика теории здоровья человека.....1237

## ТОМ 16, № 4

## РАЗДЕЛ 9. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Абдуллина А.Р.*

Иностранные инвестиции как фактор экономической безопасности России ..... 1249

*Авлошенко К.В.*

Угрозы кадровой безопасности предприятия в постпандемический период ..... 1253

*Алейникова Ю.В.*

Проблемы экспертной компетенции и ее проверка в дистанционном (удаленном) формате ..... 1257



<i>Аракча В.А.</i>	Информационное обеспечение и информатизация судебной экспертизы .....	1265
<i>Аулов И.А., Кызин В.М.</i>	Теоретические аспекты проведения аудиторской проверки по формированию финансовых результатов и использованию прибыли ...	1274
<i>Афоница Ю.С.</i>	Актуальные угрозы экономической безопасности предприятия в постпандемический период .....	1287
<i>Багманова Д.М., Письменная А.В.</i>	Роль судебной экономической экспертизы в обеспечении экономической безопасности государства.....	1292
<i>Беккалиева Н.К., Максимович Р.О., Евстафеев М.М.</i>	Развитие антикоррупционной политики в банковской сфере: проблемы теории и практики.....	1307
<i>Беляева А.А.</i>	Теоретические основы исследования проблемы утечки капитала за рубеж.....	1312
<i>Борисенко М.Э.</i>	Теневая экономика: методы оценки и направления нейтрализации угроз .....	1317
<i>Бородушко И.В.</i>	Индекс человеческого развития раскрывает глобальные тенденции гендерного неравенства.....	1324
<i>Брусник К.В.</i>	Безусловный базовый доход: применение зарубежного опыта в РФ .....	1329
<i>Васильева А.Р., Пономарева И.А.</i>	Этические нормы и принципы деятельности судебного эксперта.....	1338
<i>Викман А.В., Степин А.С., Хафизова К.О.</i>	К вопросу оценки эффективности систем пожарной автоматики на опасных производственных объектах.....	1342
<i>Воробьева Л.В., Дехтярь В.Ю.</i>	Обеспечение продовольственной безопасности в целях улучшения здоровья и качества жизни граждан .....	1346
<i>Горячева О.Н., Илюхин И.А.</i>	Отношение российских подростков к вакцинации от COVID-19.....	1354
<i>Довгаль В.А.</i>	Тарифы транспортных коридоров.....	1360
<i>Дорохина Е.Ю.</i>	Учет взаимовлияния рисков в скоринговой модели оценки рисков строительных проектов .....	1363
<i>Евдокова В.А., Трапезникова А.Г.</i>	Экспертные системы и возможности их использования в судебной экспертизе.....	1369

<i>Евдокова В.А.</i>	Влияние экономической безопасности регионов на национальную безопасность страны.....	1375
<i>Евсеева С.А., Коростелева А.В.</i>	Сравнительный анализ уровня развития фондового рынка Российской Федерации и других стран .....	1378
<i>Егорова Л.Ф., Маргачева Е.А., Печерица Е.В.</i>	Проблемы экспертной компетенции и подготовки судебных экспертов.....	1385
<i>Енина К.М.</i>	Использование компьютерных технологий в судебно-экспертной деятельности .....	1393
<i>Жук Е.И.</i>	Преступления в сфере цифровой экономики: совершенствование расследований с помощью проведения экспертизы .....	1401
<i>Жуковец П.И., Иванов А.Н.</i>	Анализ динамики основных пожарных рисков в Республике Коми....	1409
<i>Захарова О.В., Лаврухина А.И.</i>	Безопасность современных социально-экономических систем.....	1415
<i>Зотов В.М.</i>	Факторы инновационного развития компаний .....	1421
<i>Иванов А.Г.</i>	Тенденции и проблемы государственной региональной политики на Дальнем Востоке .....	1425
<i>Ивлев А.М., Матвеев В.В.</i>	Анализ системы экономической безопасности в сфере транспортной логистики .....	1429
<i>Каплунов М.И., Петров В.Г.</i>	Анализ пожарной обстановки на территории Иркутской области .....	1436
<i>Кобец П.Н.</i>	Эффективная практика обеспечения борьбы с наркотизацией подрастающего поколения – одной из важнейших угроз здоровья и жизни граждан в Китае .....	1440
<i>Кобец П.Н.</i>	Совершенствование основ экономической безопасности – важнейший фактор, обеспечивший построение японской высокоэффективной макроэкономической системы .....	1443
<i>Коцца Э.</i>	Вопросы обеспечения продовольственной безопасности как одной из угроз здоровья и качества жизни граждан.....	1446
<i>Кондрашева О.С.</i>	Проблемы управления профессиональным развитием учителей в системе общего образования .....	1452

<i>Коновалова Н.В.</i>	Границы личности: способ обретения себя.....	1457
<i>Коренчук Я.А.</i>	Обеспечение экономической безопасности региона посредством определения приоритетных сфер региональных инвестиций .....	1461
<i>Кориунов Г.И., Каримов А.М.</i>	Влияние мелкодисперсной респираторной фракции пыли на организм сотрудников горнодобывающего предприятия .....	1467
<i>Костенко В.А.</i>	Обеспечение экономической безопасности как функция государственного управления .....	1471
<i>Коткова Е.А.</i>	Анализ подходов к исследованию поведения людей при эвакуации в экстремальных ситуациях .....	1476
<i>Крюков С.В., Березовская Е.А.</i>	Борьба с коронавирусом в регионах России: сравнительный анализ ....	1480
<i>Кузнецова М.В., Пашкова Е.Е.</i>	Опыт управления кадровым составом предприятия с учетом жизненного цикла персонала.....	1484
<i>Леценко С.А.</i>	Аккредитация судебно-экспертных учреждений как гарантия обеспечения качества судебно-экспертной деятельности.....	1488
<i>Лужкова А.С., Останина Д.Е., Чупров А.С.</i>	Применение автоматизированного программного комплекса для оценки информационной безопасности информационных систем .....	1498
<i>Лукин В.Н., Мусиенко Т.В.</i>	Экологическая безопасность: проблемы управления рисками .....	1502
<i>Малинина Т.Б., Самодуров А.А.</i>	Совершенствование предоставления услуг в сфере культуры как фактор демографического развития сельских территорий .....	1515
<i>Малинина Т.Б., Лазарева Е.Н.</i>	Инновации как фактор укрепления конкурентоспособности региона ....	1519
<i>Мальчиков Р.В.</i>	Тенденции развития информационной безопасности как составляющей экономической безопасности организации в период всемирной пандемии COVID-19 .....	1523
<i>Мартьянова Ю.А.</i>	Эмоциональный интеллект как важнейшая составляющая успешности организации .....	1533
<i>Мартьянова Ю.А.</i>	Проблемы развития новых родов и видов судебных экспертиз .....	1537
<i>Мартьянова Ю.А.</i>	Особенности обеспечения кадровой безопасности организации в период пандемии.....	1543

<i>Медведев А.В., Семенкин Е.С.</i>	
Информационно-аналитическая система оперативной экспертной поддержки принятия решений при управлении социально-экономическим развитием предприятий и территорий .....	1548
<i>Медведев Д.В., Матвеев А.В.</i>	
Подход к оценке рисков на потенциально опасных объектах .....	1557
<i>Метлина К.Г.</i>	
Возможности судебной экспертизы при рассмотрении дел, связанных с цифровыми активами.....	1562
<i>Минина А.С.</i>	
Аккредитация судебно-экспертных учреждений как гарантия обеспечения качества судебно-экспертной деятельности.....	1568
<i>Михалкина М.В., Пономарев А.С., Михалкин К.П., Михалкин А.П.</i>	
Лечащий врач Микеланджело.....	1578
<i>Миэринь Л.А., Шехов И.А., Шехова Н.В.</i>	
Вопросы институционального обеспечения экологической безопасности в стратегических документах Российской Федерации ....	1583
<i>Муравьева А.Д.,</i>	
Актуальные проблемы при производстве судебно-экономической экспертизы по делам о криминальном банкротстве.....	1587
<i>Муравьева А.Д., Матвеев В.В.</i>	
Оценка уровня экономической безопасности региона методом интегральных оценок на примере Республики Коми .....	1593
<i>Орлова М.Г.</i>	
Экологический комплаенс как фактор обеспечения экологической безопасности .....	1601
<i>Пацюк В.А.</i>	
Вопросы обеспечения продовольственной безопасности как одной из угроз здоровья и качества жизни граждан.....	1605
<i>Пивоварова И.И.</i>	
Оценка рисков чрезвычайных ситуаций в системе управления водными ресурсами .....	1611
<i>Плотников Н.В., Груньковский А.В., Печерица Е.В.</i>	
Современный взгляд на теорию судебной экспертизы с позиции цифровой экономики .....	1615
<i>Полтораднева Н.Л., Казанцева Ю.В.</i>	
Противостояние угрозам финансовой безопасности в 21 веке .....	1622
<i>Прокопьев А.В.</i>	
Использование эконометрического инструментария таблиц сопряженности для оценки эффективности вакцинации.....	1626
<i>Пруель Н.А., Градусова В.Н.</i>	
Невосприимчивость российской экономики к инновациям как ограничение для развития высокотехнологичных производств.....	1633

<i>Рабкин С.В.</i>	Новые институциональные вызовы системе здравоохранения России: безопасность как основа взаимодействия общества и государства .....	1638
<i>Репин К.С.</i>	Анализ состояния регионального рынка труда в еврейской автономной области.....	1642
<i>Саркисов А.Л.</i>	Проблемы внедрения искусственного интеллекта в судебную экспертизу.....	1647
<i>Свентицкая Т.А.</i>	Проблемы экспертной компетенции и подготовки экспертных кадров для организации и проведения судебной экономической экспертизы .....	1656
<i>Семенова З.А., Чистобаев А.И., Грудцын Н.А.</i>	Особенности развития медицинского туризма в условиях пандемии.....	1661
<i>Сидоров Р.В.</i>	Значение капитала здоровья населения страны для её экономики .....	1667
<i>Скаков Д.М., Бородина Ю.Б.</i>	Факторы развития предпринимательства в России .....	1671
<i>Соколова Е.О.</i>	Усиление дифференциации регионов по уровню социально-экономического развития как угроза экономической безопасности (на примере Краснодарского края и Ханты-Мансийского автономного округа) .....	1675
<i>Старокожева Г.И.</i>	Функционирование системы образования в условиях распространения коронавирусной инфекции (COVID-19).....	1684
<i>Тарандо Е.Е., Карцева А.К.</i>	О необходимости развития филиальной сети крупных российских вузов .....	1688
<i>Тарандо Е.Е., Румянцева С.Т.</i>	Туризм как фактор укрепления конкурентоспособности малых городов и сельских территорий.....	1693
<i>Тарасенко Е.А.</i>	Ценностный подход к управлению цепями поставок .....	1699
<i>Тихонова А.Л.</i>	Экспертиза при аудите бухгалтерской отчетности .....	1702
<i>Муравьева А.Д., Тихонова А.Л.</i>	Проблема межведомственного взаимодействия Росфинмониторинга и других государственных органов в системе обеспечения финансовой безопасности Российской Федерации .....	1709

<i>Травникова Д.А.</i>	Компаративный анализ систем здравоохранения развивающихся стран и специфики их развития в период пандемии COVID-19 .....	1717
<i>Турецких А.А., Черномырдина А.В.</i>	Современные проблемы судебных экономических экспертиз при расследовании экономических преступлений. Анализ отечественной и зарубежной судебной практики за 2017–2020 гг.....	1724
<i>Цветникова В.С.</i>	Проблемы законодательного регулирования и направления совершенствования работы негосударственных судебно-экспертных учреждений.....	1733
<i>Черепанова Е.С.</i>	Нейтрализация угроз информационной безопасности в образовательных учреждениях.....	1742
<i>Чернов С.А., Матвеев В.В.</i>	Органические удобрения как фактор нейтрализации угрозы продовольственной инфляции .....	1748
<i>Чесночкова Ю.М., Петров В.Г.</i>	Проблемы обеспечения пожарной безопасности в регионе на примере Рязанской области.....	1753
<i>Шамрай А.В.</i>	Внедрение в судебно-экспертную деятельность автоматизированных информационных систем .....	1757
<i>Шапошникова А.Д., Сикаев Т. А., Матвеев В.В.</i>	Проблемы и пути решения бюджетного дефицита в России .....	1766
<i>Шарилова А.Е.</i>	Разработка приложения для оптимизации поставок методом двойного предпочтения .....	1771
<i>Шелехова А.П.</i>	Применение индикативного подхода для оценки энергетической безопасности Челябинской области.....	1778
<i>Шмагина Т.В.</i>	Сравнительная характеристика аудита и ревизии как форма финансового контроля.....	1784
<i>Щекотин Е.В.</i>	Цифровое качество жизни: контуры концепции.....	1790

---

### Дополнительные материалы

<i>Лебедева О.Д., Варзин С.А.</i>	Некоторые особенности иммунного ответа в защите слизистых покровов живого организма.....	1794
-----------------------------------	--	------



**Частное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский  
медико-социальный институт»**



- ▶ в 2016 году включен в перечень международных образовательных учреждений Всемирной организации здравоохранения;
- ▶ входит в 4-ю лигу из 10 в рейтинге эффективности вузов 2018 г.;
- ▶ занимает 10-е место среди всех вузов Российской Федерации по показателю «Международная деятельность»;
- ▶ ежегодно обучает около тысячи студентов из 28 стран мира;
- ▶ является действительным членом Российского общества симуляционного обучения в медицине;
- ▶ является членом ENOTHE – Европейской организации в области высшего образования по эрготерапии;
- ▶ институт, сотрудники которого являются членами Всемирной Федерации Эрготерапевтов (WFOT);
- ▶ единственный ВУЗ в России, где с 2011 года можно получить профессиональное образование по эрготерапии.

В 2011 году на медицинском факультете был организован отдел дополнительного образования. В 2013 году отдел дополнительного образования медицинского факультета был преобразован в Факультет дополнительного профессионального образования (ФДПО). С этой реорганизацией была оптимизирована работа факультета, созданы новые для института структуры – появились самостоятельные кафедры дополнительного образования, была организована последиplomная подготовка на кафедрах медицинского факультета института. На факультете дополнительного профессионального образования по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки проводится обучение специалистов из Санкт-Петербурга, других регионов Российской Федерации, ближнего и дальнего зарубежья.

#### **ОРДИНАТУРА**

Санкт-Петербургский медико-социальный институт готовит на своих клинических базах специалистов по программам подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре по специальностям:

- Акушерство и гинекология;
- Онкология;
- Стоматология ортопедическая;
- Дерматовенерология.

В настоящее время лицензируются программы ординатуры по специальностям:

- Хирургия;
- Неврология.

Адрес: 195271, г Санкт-Петербург, проспект Кондратьевский,  
дом 72, литера А; <https://medinstitut.org/>