



## Оценка риска для здоровья от нитратного загрязнения на территории Воронежской области

А.А. Красникова<sup>1</sup>, О.В. Клепиков<sup>2</sup>, И.И. Механтьев<sup>2</sup>, Т.И. Прожорина<sup>2</sup>, Н.П. Мамчик<sup>3</sup>, М.Я. Занина<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ул. Космонавтов, д. 21, г. Воронеж, 394038, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», пл. Университетская, д. 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, Нахичеванский пер., д. 29, г. Ростов-на-Дону, 344022, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Решение задачи оценки нитратного загрязнения и связанного с ним риска для здоровья населения в современных условиях не потеряло своей актуальности в связи с частыми фактами обнаружения высоких концентраций нитратов в питьевой воде и продуктах питания.

**Цель исследования:** оценка риска воздействия на население Воронежской области нитратного загрязнения через питьевую воду и пищевые продукты.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы данные социально-гигиенического мониторинга показателей качества воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и содержания контаминантов в продовольственном сырье за период с 2012 по 2024 год в разрезе 34 административных территорий Воронежской области. Основным показателем являлся коэффициент опасности (НҚ), характеризующий неканцерогенный риск.

**Результаты.** Оценка риска воздействия на население Воронежской области нитратного загрязнения через питьевую воду и пищевые продукты показала, что большую опасность неблагоприятного воздействия на организм имеет поступление нитратов с продуктами питания, чем с питьевой водой, т. к. показатели рисков и число неблагополучных по пищевому фактору территорий выше. Более высокий риск воздействия нитратного загрязнения из числа рассматриваемых групп населения (дети, подростки, взрослые) прослеживается для детского населения: опасный уровень риска по поступлению нитратов в организм с продуктами питания выявлен на 32 из 34 административных территорий (НҚ от 3,18 до 6,24), с питьевой водой в 4 районах риск характеризуется как настораживающий (НҚ от 1,10 до 2,24).

**Заключение.** Нитраты являются характерными загрязнителями для территорий Воронежской области, что требует углубленных исследований источников и причин их поступления в различные среды для предупреждения нитратного воздействия на населения. Рекомендованы профилактические мероприятия, включающие предложения по совершенствованию мониторинга и информированию населения.

**Ключевые слова:** нитратное загрязнение, питьевая вода, пищевые продукты, оценка риска.

**Для цитирования:** Красникова А.А., Клепиков О.В., Механтьев И.И., Прожорина Т.И., Мамчик Н.П., Занина М.Я. Оценка риска для здоровья от нитратного загрязнения на территории Воронежской области // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 8. С. 70–77. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-8-70-77

## Health Risk Assessment of Nitrate Pollution in the Voronezh Region

Alina A. Krasnikova,<sup>1</sup> Oleg V. Klepikov,<sup>2</sup> Igor I. Mehantsev,<sup>2</sup> Tatiana I. Prozhorina,<sup>2</sup> Nikolay P. Mamchik,<sup>3</sup> Marina Ya. Zanina<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region, 21 Kosmonavtov Street, Voronezh, 394038, Russian Federation

<sup>2</sup> Voronezh State University, 1 University Square, Voronezh, 394018, Russian Federation

<sup>3</sup> Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10 Studencheskaya Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

<sup>4</sup> Rostov State Medical University, 29 Nakhichevsky Lane, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The solution to the problem of assessing current nitrate pollution and the associated human health risks has not lost its relevance due to frequent detection of high concentrations of nitrates in drinking water and food.

**Objective:** To assess health risks of nitrate pollution of drinking water and food products for the population of the Voronezh Region.

**Materials and methods:** We used data on quality indicators of centralized domestic drinking water supply systems and levels of contaminants in food raw materials collected within public health surveillance for the period of 2012 to 2024 in 34 administrative territories of the Voronezh Region. The main indicator was the hazard quotient (HQ), which characterizes non-carcinogenic risk.

**Results:** Health risk assessment of nitrate pollution of drinking water and food products for the population of the Voronezh Region showed that the intake of nitrates from food posed greater risks of adverse human health effects than that from drinking water, since risk indicators and the number of territories with poor food quality and safety were higher. Children were found to be at higher risk of exposure to nitrate pollution from among the population groups under consideration (children, adolescents, and adults): a dangerous level of risk posed by nitrate exposure from dietary sources was established in 32 of 34 administrative territories (HQ ranging from 3.18 to 6.24); in 4 districts, HQ of 1.10 to 2.24 indicated a possible adverse health effect of nitrates in drinking water.

**Conclusions:** Nitrates are typical pollutants for the territories of the Voronezh Region, which necessitates in-depth studies of the sources and causes of their entry into various environments to mitigate nitrate exposure of the population. Preventive measures are recommended, including proposals for improving monitoring and informing the public.

**Keywords:** nitrate pollution, drinking water, food products, risk assessment.

**Cite as:** Krasnikova AA, Klepikov OV, Mehantsev II, Prozhorina TI, Mamchik NP, Zanina MYa. Health risk assessment of nitrate pollution in the Voronezh Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(8):70–77. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-8-70-77

**Введение.** Загрязнение нитратами питьевой воды и продуктов питания является распространенным и продолжительно изучаемым фактором риска для здоровья человека. Однако, как отмечается в зарубежных и отечественных исследованиях, решение задачи оценки нитратного загрязнения и связанного с ним риска для здоровья населения в современных условиях не потеряло своей значимости и актуальности, что связано как с природными факторами, так и с антропогенным влиянием – нерациональным применением удобрений, загрязнением природных вод недостаточно очищенными хозяйственно-бытовыми стоками [1–6].

Основной путь поступления нитратов в организм человека – пероральный с питьевой водой и продуктами питания.

Из числа современных исследований, проблема присутствия нитратов в питьевой воде отмечена в работах Г.В. Хариной с соавт. (2023) [7], проведенных в Свердловской области, Д.С. Новикова (2023) – в Волгоградской области [8], З.М. Саташевой с соавт. (2023) – в Астраханской области [9], О.Г. Богдановой с соавт. (2022) – в Республике Бурятия [10].

Среди наиболее частых причин, приводящих к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод нитратами, называется интенсивное развитие сельскохозяйственного комплекса. Так, в исследованиях проведенных W Feng et al (2020) в сельских районах Северного Китая показано, что подземные воды загрязняются из-за большого количества азотных удобрений, используемых в сельском хозяйстве, в сочетании с техногенными изменениями природных условий из-за добычи полезных ископаемых, нарушающих движение воды в подземных водоносных горизонтах [11]. Также такие сочетания факторов ведут к ухудшению качества подземных вод и рисков для здоровья, связанных с загрязнением нитратами, что доказывается в исследованиях H Su et al (2018) [12]. Орошаемые пахотные земли, обрабатываемые удобрениями или навозом животных, а также сточными водами сельской местности являются источниками нитратной нагрузки в сельскохозяйственных регионах и требуют дифференцированного подхода, учитывающего вероятную миграцию нитратов как в растения, так и в подземные воды [13–15].

Наличие нитратов в продуктах питания также может быть связано с избыточным применением азотных удобрений для выращивания сельскохозяйственной продукции, что приводит к их накоплению в сельскохозяйственных культурах. На современном этапе эту проблему предлагается решить не только с помощью агротехнических норм и контроля их выполнения, но и с помощью моделей машинного обучения прогнозирования реакции различных сельскохозяйственных культур на дозировку удобрений в зависимости от показателей почвы, о чем говорит в своей статье L.E. Parent (2024) [16].

Обобщая материалы исследований по накоплению нитратов в свекле [17], огурцах [18], в целом в овощной продукции [19, 20], можно сделать вывод,

что в растениях они распределены неравномерно, поэтому, зная, в каких частях того или иного плода содержится их наибольшее количество, можно снизить их поступление в организм.

Использование нитратов и нитритов возможно также при производстве мясных продуктов, колбас, сыров и др., для фиксации цвета и консервации которых применяется нитрит натрия (E-250), нитрат натрия (E-251). Нарушение стандартов внесения указанных выше пищевых добавок может оказывать негативное действие на организм в целом, а также поражать сердечно-сосудистую систему, систему крови, скелетную мускулатуру, провоцировать аллергические реакции, дисбактериоз, приводить к нарушению функционирования почек и печени [21].

Употребление нитратов с пищей считается потенциально опасным для организма человека из-за образования нитритов и канцерогенных нитрозаминов в результате биоконверсии [22, 23]. Результаты исследований по поиску связи между воздействием воды, загрязненной нитратами, и неблагоприятными эффектами для здоровья, без учета метгемоглобинемии, подтверждают влияние нитратов на возникновение колоректального рака, заболеваний щитовидной железы и дефектов нервной трубки [24–27].

В связи с интенсивным развитием аграрного сектора на территории Воронежской области, имеющимися фактами превышения гигиенических нормативов содержания нитратов в питьевой воде и продуктах питания, значимостью нитратного загрязнения в формировании рисков для здоровья определена актуальность настоящего исследования [28].

**Цель исследования:** оценка риска воздействия на население Воронежской области нитратного загрязнения через питьевую воду и пищевые продукты.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы данные социально-гигиенического мониторинга показателей качества воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и содержания контаминантов в продовольственном сырье за период с 2012 по 2024 год в разрезе 34 административных территорий, в т. ч. по 3 городским округам (Борисоглебский, Воронеж, Нововоронеж) и 31 муниципальному району.

На основе метода среднеквадратичных отклонений проведено ранжирование территорий Воронежской области по уровням содержания нитратов в питьевой воде (низкий уровень – от 0 до М-б; ниже среднего – от М-б до М-0,5·б; средний – от М-0,5·б до М+0,5·б; выше среднего – от М+0,5·б до М+б; высокий от М+б и выше).

Для оценки риска здоровью использованы положения, закрепленные Руководством Р 2.1.10.3968–23<sup>1</sup> по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания.

Оценка риска для здоровья населения, обусловленного нитратным загрязнением, проводилась в несколько этапов: идентификация опасности,

<sup>1</sup> Р 2.1.10.3968–23 Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (утв. Роспотребнадзором 06.09.2023). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/408644981/>.

оценка зависимости «экспозиция-ответ», расчет и характеристика рисков. Основной путь поступления токсиканта в организм – пероральный.

На стадии идентификации опасности, обусловленной санитарно-химическими показателями качества питьевой воды, были рассмотрены ежегодно оцениваемые материалы в рамках социально-гигиенического мониторинга. За период с 2012 по 2024 год на территории Воронежской области проводилось исследование питьевой воды на содержание следующих веществ и определения микробиологических показателей: аммиак, бор, железо, жесткость, марганец, нитраты, нитриты, фтор, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, общее микробное число. Вместе с этим согласно информационным докладом «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области» в 2012–2024 гг. нитраты в питьевой воде остаются приоритетным загрязнителем из года в год<sup>2</sup>.

На этапе оценки экспозиции нитратами, содержащимися в питьевой воде, рассчитывались среднесуточные показатели по мониторинговым точкам системы социально-гигиенического мониторинга (253 точки, периодичность отбора проб 1 раз в месяц) в разрезе 34 административных территорий Воронежской области.

Для оценки риска от присутствия нитратов в продуктах питания использованы первичные материалы социально-гигиенического мониторинга по разделу «Содержание контаминантов в продовольственном сырье и продуктах питания» – электронного шаблона федерального фонда социально-гигиенического мониторинга за 2012–2021 гг., с 2022 по 2024 г. – выборка из Единой информационной автоматизированной системы Роспотребнадзора. С учетом того, что нитраты в основном содержатся в плодоовощной продукции, расчет рисков проведен на основе вероятных ежедневных доз её потребления с использованием стандартных факторов экспозиции.

Основным показателем в оценке риска являлись значения коэффициентов опасности (HQ) воздействия нитратов через питьевую воду и пищевые продукты, величины которых интерпретируются по следующей оценочной шкале: минимальный  $HQ < 0,1$ ; допустимый  $0,1 \leq HQ \leq 1$ ; настораживающий  $1,1 \leq HQ \leq 3,0$ ; опасный  $HQ > 3,0$ .

**Результаты.** Установлено, что на территории Воронежской области средний многолетний показатель содержания нитратов в воде из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения за анализируемый период составляет  $12,2 \pm 2,7$  мг/дм<sup>3</sup>, варьируя по отдельным административным территориям от 1,03 до 55,96 мг/дм<sup>3</sup>. Построенная оценочная шкала для регистрируемых на территориях концентраций нитратов в воде позволила определить низкий [0, 0,25), ниже среднего [0,25; 6,11), средний [6,11; 17,82), выше среднего

[17,82; 23,68), высокий [23,68 и выше) уровни их содержания. Минимальные концентрации наблюдаются в Верхнехавском районе, максимальные в Рамонском районе. По результатам ранжирования территорий установлено, что к высокому уровню содержания нитратов в питьевой воде отнесены 5 административных территорий: Репьевский (23,86 мг/дм<sup>3</sup>), Верхнемамонский (26,1 мг/дм<sup>3</sup>), Лискинский (31,49 мг/дм<sup>3</sup>), Каширский (32,66 мг/дм<sup>3</sup>), Рамонский (55,96 мг/дм<sup>3</sup>) районы. На протяжении всего анализируемого периода концентрация нитратов в питьевой воде Рамонского района характеризуется самыми высокими показателями по Воронежской области.

На этапе оценки зависимости «экспозиция-ответ» при нитратном загрязнении питьевой воды отмечено, что согласно утвержденным гигиеническим нормативам<sup>3</sup>, содержание нитратов в питьевой воде не может превышать 45 мг/л. Хроническое пероральное воздействие нитратов, содержащихся в питьевой воде, приводит к нарушениям работы системы крови и эндокринной системы.

Характеристика неканцерогенного риска от нитратного загрязнения питьевой воды для здоровья населения позволила определить территории риска по уровню оцениваемого воздействия. Большая часть районов территории Воронежской области характеризуется допустимым риском от загрязнения нитратами питьевой воды ( $0,1 \leq HQ \leq 1$ ). Наиболее неблагоприятным в отношении оцениваемого показателя является Рамонский район. На его территории регистрируется настораживающий неканцерогенный риск среди детского и подросткового населения со значениями  $HQ = 2,24$  и  $HQ = 1,22$  соответственно. Для взрослого населения на территории данного района риск характеризуется как допустимый ( $HQ = 0,96$ ).

В целом из 34 административных территорий, для детского населения величины рисков, характеризующиеся как «настораживающие» по значению коэффициента опасности достигают 4 района области: упомянутый выше Рамонский район, Каширский район ( $HQ = 1,30$ ), Лискинский район ( $HQ = 1,26$ ) и Верхнемамонский район ( $HQ = 1,10$ ). Также для детского населения выделены 30 административных территорий со значениями допустимого риска ( $0,1 \leq HQ \leq 1$ ), из которых наиболее близки к настораживающему уровню риска территории Репьевского ( $HQ = 0,95$ ) и Павловского ( $HQ = 0,87$ ) районов.

Поэтапная оценка риска для здоровья населения, обусловленного контаминацией продовольственного сырья нитратами, позволила получить следующие результаты.

На этапе оценки идентификации опасности установлено, что за период с 2012 по 2024 год ежегодно регистрировались пробы пищевых продуктов, которые не отвечают гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям – от 0,02

<sup>2</sup> Информационные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://36.rospotrebnadzor.ru/documents/dir> (дата обращения: 26.01.2025).

<sup>3</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 26.01.2025).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-8-70-77>  
Original Research Article

до 0,33 % проб. В частности, пробы, не соответствующие по уровню содержания мышьяка, регистрировались в 2012 и 2013 годах. Наличие кадмия в пробах пищевых продуктов было выявлено в 2012 и 2013 годах, свинца – в 2015 году, пестицидов – в 2020 и 2021 годах. Это являлось единичными случаями. Удельный вес несоответствующих санитарно-гигиеническим требованиям проб пищевых продуктов по этим веществам в указанных годах не превышал 0,03 %.

Регистрация проб пищевых продуктов, не соответствующих гигиеническим нормативам по уровню нитратного загрязнения, отмечается ежегодно, в том числе и в 2024 году (0,20 %). Удельный вес проб, которые не отвечают гигиеническим нормативам по содержанию нитратов, за анализируемый период распределен неравномерно, и характеризуется наибольшим числом несоответствующих проб в 2012 и 2015 годах, соответственно 2,5 и 1,5 % от числа выполненных исследований по оценке содержания нитратов. Из учитываемых в мониторинге групп продуктов наибольший вклад вносит группа плодовоовощной продукции, не соответствующая по показателю нитратного загрязнения.

Незначительный удельный вес и единичная регистрация таких санитарно-химических показателей, как мышьяк, кадмий, свинец и пестициды, только в 1 или 2 годах из анализируемого периода, позволяет исключить данные контаминанты из списка приоритетных загрязняющих веществ. По результатам анализа санитарно-химических показателей в пробах пищевой продукции приоритетным для оценки неканцерогенного риска обоснованно выбран показатель нитратного загрязнения.

Нитраты поступают в плодовоовощную продукцию из почвы. Накопление разными частями растений происходит неодинаково – большая часть контаминантов накапливается в корнеплодах и листовых овощах. Ежегодная регистрация нитратного загрязнения пищевых продуктов благодаря системе социально-гигиенического мониторинга позволяет отслеживать концентрации нитратов в плодовоовощной продукции на административных территориях Воронежской области. Продуктами, в которых регистрируется нитратное загрязнение, являются: капуста белокочанная, картофель, лук репчатый, морковь, огурцы, свекла, томаты, бахчевые, зелень.

Концентрации нитратов в пищевой продукции на территории Воронежской области варьировали от 84,63 мг/кг (Верхнехавский район) до 251,02 мг/кг (Россошанский район).

Вместе с тем основным продуктом, в котором ежегодно регистрируется превышение гигиенического норматива по нитратному загрязнению, по данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», является свекла, отобранная для исследования в детских дошкольных и школьных учреждениях.

Рассмотрение имеющихся материалов на этапе оценки зависимости «экспозиция – ответ», показало, что для пищевых продуктов разработаны гигиени-

ческие нормативы по уровню нитратов, регламентируемые Техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС) «О безопасности пищевой продукции»<sup>4</sup>. Данные нормативы являются актуальными для плодовоовощной и соковой продукции. Допустимые уровни колеблются в пределах от 60 до 4500 мг/кг для плодовоовощной продукции и в пределах от 60 до 700 мг/кг в соковой продукции.

Референтная доза, поступающая в организм пероральным путем, при хроническом нитратном воздействии составляет 1,6 мг/кг. Хроническое пероральное воздействие пищевых продуктов, загрязненных нитратами, оказывает влияние на иммунную, сердечно-сосудистую системы, почки, желудочно-кишечный тракт, систему крови, вызывает образование провоспалительных агентов.

Оценка количества вероятного суточного употребления данных продуктов позволила рассчитать вероятные дозы поступления в организм нитратов для суммы потребления всех продуктов плодовоовощной группы.

Расчет и анализ рисков показал, что значения коэффициентов опасности, рассчитанных для всех групп населения: взрослых, подростков и детей, позволили разделить районы области по ранговым уровням.

К территориям с опасным неканцерогенным риском ( $HQ > 3,0$ ) от воздействия нитратов в отношении взрослого населения были отнесены 3 административные единицы: г. Воронеж ( $HQ = 3,85$ ), Россошанский ( $HQ = 3,48$ ), Борисоглебский ( $HQ = 3,18$ ) районы. Допустимым риском ( $0,1 \leq HQ \leq 1$ ) характеризовались Каширский ( $HQ = 1,07$ ) и Таловский ( $HQ = 1,09$ ) районы. Остальные территории (29 административных территорий) отнесены к настораживающему уровню риска ( $1,1 \leq HQ \leq 3,0$ ).

Установлено, что подростковое население имеет высокий риск нитратного воздействия через пищевые продукты на 7 из 34 административных территорий: г. Воронеж ( $HQ = 6,24$ ), Россошанский ( $HQ = 5,35$ ), Хохольский ( $HQ = 4,28$ ), Борисоглебский ( $HQ = 4,1$ ), Грибановский ( $HQ = 3,21$ ), Поворинский ( $HQ = 3,59$ ), Верхнемамонский ( $HQ = 3,08$ ) районы. Результаты классификации по значениям риска остальных 27 территорий позволили отнести их к настораживающему уровню ( $1,1 \leq HQ \leq 3,0$ ).

Для детского населения настораживающим уровнем риска характеризуются территории Бутурлиновского ( $HQ = 2,62$ ) и Таловского ( $HQ = 2,16$ ) районов. Остальные территории (32 из 34) отнесены к высокому уровню риска со значениями  $HQ$  от 3,18 до 12,2.

**Обсуждение.** Оценка многолетних данных социально-гигиенического мониторинга позволила выделить нитраты как приоритетный санитарно-химический показатель качества питьевой воды и контаминант пищевых продуктов. Варьирование среднего многолетнего уровня содержания нитратов в питьевой воде по районам Воронежской области составляет от 1,03 до 55,96 мг/дм<sup>3</sup>. Нитраты – вещества двойного генезиса (природного и техногенного). Такой широкий интервал их концентраций связан

<sup>4</sup> ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 26.01.2025).

с использованием на территории Воронежской области в системах централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения подземных вод из различных водоносных горизонтов (неогенчетвертичного, девонского, верхнемелового) и трех артезианских бассейнов (Московского, Приволжско-Хоперного и Донецко-Донского) как природного фактора и высокой интенсивностью аграрной деятельности (внесение нитратсодержащих удобрений), недостаточной степени очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, особенно в сельской местности как техногенного фактора [30].

Расчет неканцерогенного риска от присутствия в питьевой воде нитратов показал, что на 4 из 34 административных территорий уровень риска для детского населения характеризуется как нарастающий (НҚ от 1,10 до 2,24). В этой связи на этих территориях необходимо акцентировать внимание на проведение профилактической работы и информирование населения, в том числе рекомендовать использовать для детей фасованную питьевую воду, а также использование бытовых фильтров для очистки воды, учитывая их технические характеристики, с предпочтением анионообменных смол как фильтрующих элементов, способных снизить концентрацию нитратов.

За период 2012–2024 годы из всех регистрируемых загрязнителей пищевых продуктов, нитраты ежегодно фиксировались с удельным весом несоответствующих проб от 0,02 до 2,50 %.

Рассчитанные риски от воздействия нитратов через пищевые продукты из 34 административных единиц Воронежской области позволили выявить наиболее неблагоприятные территории с опасным уровнем риска для взрослого населения – 3 территории (НҚ от 3,18 до 3,85); для подросткового – 7 территорий (НҚ от 3,08 до 6,24), для детского населения – 32 территории (НҚ от 3,18 до 6,24).

**Ограничение исследования.** Как и в любом исследовании по оценке риска здоровью населения, в нашей работе имеются ряд неопределенностей, связанных с расчетом вероятных доз поступления нитратов в организм на основе стандартных факторов экспозиции. Вместе с тем исходные данные социально-гигиенического мониторинга получены по результатам объективного, хотя и выборочного, лабораторного контроля, который ведется на всех 34 административных территориях Воронежской области.

Повысить объективность результатов нашего исследования мы пытались использованием усредненных данных за многолетний период (2021–2024 гг.).

Сравнение наших результатов с материалами ранее проведенных исследований показывает, что проблема нитратного загрязнения в регионе продолжает иметь место [30, 31].

В этой связи проблема нитратного загрязнения продолжает оставаться актуальной на территории Воронежской области и требует разработки и реализации управленческих решений в профилактических целях. Для её решения необходимо: 1) продолжить ведение мониторинга нитратного загрязнения с увеличением или перераспределением количе-

ства точек контроля качества питьевой воды на проблемные территории, увеличением отбора проб продуктов питания как местных производителей, так и завезенных на территорию области; 2) активизировать информационно-просветительскую работу с населением с приоритетом её ведения на неблагоприятных территориях; 3) рекомендовать населению неблагоприятных территорий использовать бытовые анионообменные фильтры для очистки питьевой воды от нитратов и требовать от продавцов при покупке плодоовощной продукции документов, подтверждающих её безопасность.

**Заключение.** Оценка риска воздействия на население Воронежской области нитратного загрязнения через питьевую воду и пищевые продукты показала, что большую опасность неблагоприятного воздействия на организм имеет поступление нитратов с продуктами питания, чем с питьевой водой, т. к. показатели рисков и число неблагоприятных по пищевому фактору территорий выше, чем по водному. Более высокий риск воздействия нитратного загрязнения из числа рассматриваемых групп населения (дети, подростки, взрослые) прослеживается для детского населения: опасный уровень риска по поступлению нитратов в организм с продуктами питания выявлен на 32 из 34 административных территорий (НҚ от 3,18 до 6,24), с питьевой водой – в 4 районах риск характеризуется как нарастающий (НҚ от 1,10 до 2,24).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Gutiérrez M, Biagioni RN, Alarcón-Herrera MT, Rivas-Lucero BA. An overview of nitrate sources and operating processes in arid and semiarid aquifer systems. *Sci Total Environ.* 2018;624:1513-1522. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.252
- Ward MH, Jones RR, Brender JD, et al. Drinking water nitrate and human health: An updated review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(7):1557. doi: 10.3390/ijerph15071557
- Torres-Martínez JA, Mora A, Mahlkecht J, Daesslé LW, Cervantes-Avilés PA, Ledesma-Ruiz R. Estimation of nitrate pollution sources and transformations in groundwater of an intensive livestock-agricultural area (Comarca Lagunera), combining major ions, stable isotopes and MixSIAR model. *Environ Pollut.* 2021;269:115445. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115445
- Rahman A, Mondal NC, Tiwari KK. Anthropogenic nitrate in groundwater and its health risks in the view of background concentration in a semi arid area of Rajasthan, India. *Sci Rep.* 2021;11(1):9279. doi: 10.1038/s41598-021-88600-1
- Алексеева Л.П., Алексеев С.В. Нитратное и аммонийное загрязнение грунтовых вод в пос. Листвянка на оз. Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 46. С. 3-15. doi: 10.26516/2073-3402.2023.46.3
- Мусирмонов Ж., Уринова А., Кучкарова Д. Комплексный анализ хозяйственно-бытовых сточных вод на содержание различных солей // Universum: химия и биология. 2024. № 8 (122). С. 9-17. doi: 10.32743/UniChem.2024.122.8.18048.
- Харина Г.В., Алешина Л.В. Анализ качества подземных вод Свердловской области // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 221-228. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-221-228

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-8-70-77>  
Original Research Article

8. Новиков Д.С. Оценка риска здоровью, ассоциированного с пероральным поступлением экотоксикантов из подземных вод Приволжской песчаной гряды // Наука Юга России. 2023. Т. 19. № 1. С. 77-86. doi: 10.7868/25000640230109
9. Саташева З.М., Жмыхов Д.В., Кудряшева И.А. Гигиеническая оценка качества воды источников водоснабжения в регионах Астраханской области // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2023. Т. 17. № 3. С. 68-72. doi: 10.24412/2075-4094-2023-3-2-1
10. Богданова О.Г., Ефимова Н.В., Багаева Е.Е. Оценка риска для здоровья населения Республики Бурятия, обусловленного повышенным поступлением нитратов и нитритов Экология человека. 2022. № 1. С. 47-59. doi: 11.17816/humeco83797
11. Feng W, Wang C, Lei X, Wang H, Zhang X. Distribution of nitrate content in groundwater and evaluation of potential health risks: A case study of rural areas in northern China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24):9390. doi: 10.3390/ijerph17249390
12. Su H, Kang W, Xu Y, Wang J. Assessing groundwater quality and health risks of nitrogen pollution in the Shenfu mining area of Shaanxi Province, northwest China. *Expo Health*. 2018;10:77-97. doi: 10.1007/s12403-017-0247-9
13. Zhou J, Gu B, Schlesinger WH, Ju X. Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Sci Rep*. 2016;6:25088. doi: 10.1038/srep25088
14. Давыдов А.С., Шепталов В.Б. Опыт орошения сточными водами сельскохозяйственных культур на черноземной почве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 6 (212). С. 43-48. doi: 10.53083/1996-4277-2022-212-6-43-48
15. Obuseng VC, Moshoeshe MN, Nareetsile FM, Kwaambwa H, Maina I. Plant biomass as potential economic commodities for agricultural purposes. *Front Chem*. 2022;10:806772. doi: 10.3389/fchem.2022.806772
16. Parent LE. Vegetable response to added nitrogen and phosphorus using machine learning decryption and the N/P ratio. *Horticulturae*. 2024;10(4):356. doi: 10.3390/horticulturae10040356
17. Волкова Е.Н. Влияние уровня азотного и калийного питания на распределение нитратов в растениях столовой свеклы (*beta vulgaris L.*) // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 12(150). doi: 10.60797/IRJ.2024.150.27.
18. Хужамшукуров Н., Эшкobilов Ш., Кучкарова Д., Абдутолибов М. Влияние биогуруса на содержание нитратов в растениях и плодах огурца // *Universum: химия и биология*. 2023. № 1-1(103). С. 24-29. doi: 10.32743/UniChem.2023.103.1.14832
19. Юркова А.А. Содержание нитратов в овощах // *Modern Science*. 2021. № 6-2. С. 18-21.
20. Аухадиева Э.А., Даукаев Р.А., Афонькина С.Р. Исследование уровня нитратов в овощах и оценка потенциальных рисков для здоровья // *Промышленность и сельское хозяйство*. 2023. № 6 (59). С. 49-52.
21. Рымшина М.В., Бойкова О.И., Якушина В.С. Пищевые добавки Е-250 и Е-251 в рационе студентов // *Успехи современной науки*. 2016. Т. 9. № 12. С. 151-154.
22. Hung JH, Zhang SM, Huang SL. Nitrate promotes the growth and the production of short-chain fatty acids and tryptophan from commensal anaerobe *Veillonella dispar* in the lactate-deficient environment by facilitating the catabolism of glutamate and aspartate. *Appl Environ Microbiol*. 2024;90(8):e0114824. doi: 10.1128/aem.01148-24
23. Liu H, Huang Y, Huang M, et al. From nitrate to NO: Potential effects of nitrate-reducing bacteria on systemic health and disease. *Eur J Med Res*. 2023;28(1):425. doi: 10.1186/s40001-023-01413-y
24. Schullehner J, Hansen B, Thygesen M, Pedersen CB, Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. *Int J Cancer*. 2018;143(1):73-79. doi: 10.1002/ijc.31306
25. Espejo-Herrera N, Gràcia-Lavedan E, Boldo E, et al. Colorectal cancer risk and nitrate exposure through drinking water and diet. *Int J Cancer*. 2016;139(2):334-346. doi: 10.1002/ijc.30083
26. Fathmawati, Fachiroh J, Gravitanian E, Sarto, Husodo AH. Nitrate in drinking water and risk of colorectal cancer in Yogyakarta, Indonesia. *J Toxicol Environ Health A*. 2017;80(2):120-128. doi: 10.1080/15287394.2016.1260508
27. Seyyedsalehi MS, Mohebbi E, Tourang F, Sasanfar B, Boffetta P, Zendehehdel K. Association of dietary nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds intake and gastrointestinal cancers: A systematic review and meta-analysis. *Toxics*. 2023;11(2):190. doi: 10.3390/toxics11020190
28. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 4 (325). С. 37-42. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
29. Енин А.В. Влияние химического загрязнения окружающей среды на медико-демографическую ситуацию в Воронежской области // *Санитарный врач*. 2024. № 5. С. 375-383. doi: 10.33920/med-08-2405-05
30. Механтьев И.И. Обзор исследований в сфере обеспечения гигиенической безопасности рекреационного и питьевого водопользования населения бассейна Верхнего Дона // *Санитарный врач*. 2020. № 2. С. 63-72. doi: 10.33920/med-08-2002-08
31. Клепиков О.В., Хатуаев Р.О., Истомин А.В., Румянцева Л.А. Региональные особенности питания населения и риск для здоровья, связанный с химической контаминацией пищевых продуктов // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95. № 11. С. 1086-1091.

## REFERENCES

1. Gutiérrez M, Biagioni RN, Alarcón-Herrera MT, Rivas-Lucero BA. An overview of nitrate sources and operating processes in arid and semiarid aquifer systems. *Sci Total Environ*. 2018;624:1513-1522. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.252
2. Ward MH, Jones RR, Brender JD, et al. Drinking water nitrate and human health: An updated review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7):1557. doi: 10.3390/ijerph15071557
3. Torres-Martínez JA, Mora A, Mahlke J, Daesslé LW, Cervantes-Avilés PA, Ledesma-Ruiz R. Estimation of nitrate pollution sources and transformations in groundwater of an intensive livestock-agricultural area (Comarca Lagunera), combining major ions, stable isotopes and MixSIAR model. *Environ Pollut*. 2021;269:115445. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115445
4. Rahman A, Mondal NC, Tiwari KK. Anthropogenic nitrate in groundwater and its health risks in the view of background concentration in a semi arid area of Rajasthan, India. *Sci Rep*. 2021;11(1):9279. doi: 10.1038/s41598-021-88600-1
5. Alexeeva LP, Alexeev SV. Nitrate and ammonium contamination of groundwater in the Listvyanka settlement on Lake Baikal. *Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*. 2023;46:3-15. (In Russ.) doi: 10.26516/2073-3402.2023.46.3
6. Musimonov JaJ, Urinova AA, Kuchkarova DKH, Tripathi G, Farooqui A, Khujamshukurov N. Comprehensive analysis of domestic wastewater for the content of various salts.

- Universum: Khimiya i Biologiya*. 2024;(8(122)):9-17. (In Russ.) doi: 10.32743/UniChem.2024.122.8.18048
7. Kharina GV, Alyoshina LV. Analysis of the quality of groundwater in the Sverdlovsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(3):221-228. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-221-228
  8. Novikov DS. Assessment of the health risk associated with the oral intake of ecotoxicants from groundwater in the Volga sand ridge. *Nauka Yuga Rossii*. 2023;19(1):77-86. (In Russ.) doi: 10.7868/25000640230109
  9. Satasheva ZM, Zhmykhov DV, Kudryasheva IA, Kolomin VV, Kokhanov AV, Devrishov RD. Hygienic assessment of water quality in water supply sources in the regions of the Astrakhan Region. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy*. 2023;17(3):68-72. (In Russ.) doi: 10.24412/2075-4094-2023-3-2-1
  10. Bogdanova OG, Efimova NV, Bagaeva EE. Health risk assessment of the population of the Republic of Buryatia associated with increased nitrate and nitrite intake. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2022;(1):47-59. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco83797
  11. Feng W, Wang C, Lei X, Wang H, Zhang X. Distribution of nitrate content in groundwater and evaluation of potential health risks: A case study of rural areas in northern China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24):9390. doi: 10.3390/ijerph17249390
  12. Su H, Kang W, Xu Y, Wang J. Assessing groundwater quality and health risks of nitrogen pollution in the Shenfu mining area of Shaanxi Province, northwest China. *Expo Health*. 2018;10:77-97. doi: 10.1007/s12403-017-0247-9
  13. Zhou J, Gu B, Schlesinger WH, Ju X. Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Sci Rep*. 2016;6:25088. doi: 10.1038/srep25088
  14. Davydov AS, Sheptalov VB. Experience of irrigation of agricultural crops with sewage water on chernozem soil. *Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2022;(6(212)):43-48. (In Russ.) doi: 10.53083/1996-4277-2022-212-6-43-48
  15. Obuseng VC, Moshoeshoe MN, Nareetsile FM, Kwaambwa H, Maina I. Plant biomass as potential economic commodities for agricultural purposes. *Front Chem*. 2022;10:806772. doi: 10.3389/fchem.2022.806772
  16. Parent LE. Vegetable response to added nitrogen and phosphorus using machine learning decryption and the N/P ratio. *Horticulturae*. 2024;10(4):356. doi: 10.3390/horticulturae10040356
  17. Volkova EN. Influence of nitrogen and potassium nutrition levels on nitrate distribution in beetroot (*Beta vulgaris* L.) plants. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2024;(12(150)):16. (In Russ.) doi: 10.60797/IRJ.2024.150.27
  18. Khujamshukurov N, Eshkobilov Sh, Kuchkarova D, Abdutolibov M. The effect of biohumus on the content of nitrates in cucumber plants and fruits. *Universum: Khimiya i Biologiya*. 2023;(1-1(103)):24-29. (In Russ.) doi: 10.32743/UniChem.2023.103.1.14832
  19. Yurkova AA. [Nitrate content in vegetables.] *Modern Science*. 2021;(6-2):18-21. (In Russ.)
  20. Aukhadiyeva EA, Daukaev RA, Afonkina SR, Allayarova GR, Fazlyeva AS, Adieva GF. [Research on the level of nitrates in vegetables and assessment of potential health risks.] *Promyshlennost' i Sel'skoe Khozyaystvo*. 2023;(6(59)):49-52. (In Russ.)
  21. Rymshina MV, Boikova OI, Yakushina VS. Food additives E-250 and E-251 at the ration of students. *Uspekhi Sovremennoy Nauki*. 2016;9(12):151-154. (In Russ.)
  22. Hung JH, Zhang SM, Huang SL. Nitrate promotes the growth and the production of short-chain fatty acids and tryptophan from commensal anaerobe *Veillonella dispar* in the lactate-deficient environment by facilitating the catabolism of glutamate and aspartate. *Appl Environ Microbiol*. 2024;90(8):e0114824. doi: 10.1128/aem.01148-24
  23. Liu H, Huang Y, Huang M, et al. From nitrate to NO: Potential effects of nitrate-reducing bacteria on systemic health and disease. *Eur J Med Res*. 2023;28(1):425. doi: 10.1186/s40001-023-01413-y
  24. Schullehner J, Hansen B, Thygesen M, Pedersen CB, Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. *Int J Cancer*. 2018;143(1):73-79. doi: 10.1002/ijc.31306
  25. Espejo-Herrera N, Gràcia-Lavedan E, Boldo E, et al. Colorectal cancer risk and nitrate exposure through drinking water and diet. *Int J Cancer*. 2016;139(2):334-346. doi: 10.1002/ijc.30083
  26. Fathmawati, Fachiroh J, Gravitiani E, Sarto, Husodo AH. Nitrate in drinking water and risk of colorectal cancer in Yogyakarta, Indonesia. *J Toxicol Environ Health A*. 2017;80(2):120-128. doi: 10.1080/15287394.2016.1260508
  27. Seyyedsalehi MS, Mohebbi E, Tourang F, Sasanfar B, Boffetta P, Zendejdel K. Association of dietary nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds intake and gastrointestinal cancers: A systematic review and meta-analysis. *Toxics*. 2023;11(2):190. doi: 10.3390/toxics11020190
  28. Mehantiev II. Health risks for the population of the Voronezh Region related to drinking water quality. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(4(325)):37-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
  29. Enin AV. The influence of chemical environmental pollution on the medical and demographic situation in the Voronezh Region. *Sanitarnyy Vrach*. 2024;(5):375-383. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2405-05
  30. Mekhantiev II. Review of research in the field of hygiene safety of recreational and drinking water use of the population of the Top Don basin. *Sanitarnyy Vrach*. 2020;(2):63-72. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2002-08
  31. Klepikov OV, Khatuaev RO, Istomin AV, Rumyantseva LA. Regional features of food standards and health risks associated with chemical contamination of food. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(11):1086-1091. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1086-1091

**Сведения об авторах:**

✉ **Красникова** Алина Алексеевна – врач-эпидемиолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»; e-mail: a\_mivi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4988-2035>.

**Клепиков** Олег Владимирович – д.биол.н., профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО ВГУ; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

**Механтьев** Игорь Иванович – д.м.н., доцент, доцент кафедры медицинских дисциплин ФГБОУ ВО ВГУ; e-mail: kafgigienic@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7160-1749>.

**Прожорина** Татьяна Ивановна – к.х.н., доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2808-0802>.

**Мамчик** Николай Петрович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» МЗ РФ; e-mail: mamchik1949@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6952-0018>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-8-70-77>  
Original Research Article

**Занина** Марина Яковлевна – к.м.н., доцент кафедры гигиены №2 ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: zan72@list.ru, тел: (863) 263-66-42, <https://orhid.org/0009-0000-1153-4743>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования, сбор данных, литературный обзор: *Красникова А.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Красникова А.А., Клепиков О.В., Прожорина Т.И., Занина М.Я.*; критическая доработка рукописи с предоставлением ценных комментариев *Мамчик Н.П., Механтьев И.И.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

**Финансирование:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>.

**Конфликт интересов:** соавтор статьи Клепиков О.В. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 01.11.25 / Принята к публикации: 10.08.25 / Опубликовано: 29.08.25

#### Author information:

✉ Alina A. **Krasnikova**, epidemiologist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region; e-mail: a\_mivi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4988-2035>.

Oleg V. **Klepikov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof.; Professor, Department of Geocology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

Igor I. **Mehantsev**, Dr. Sci. (Med.), docent; Associate Professor, Department of Medical Disciplines, Voronezh State University; e-mail: kafgigienic@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7160-1749>.

Tatiana I. **Prozhorina**, Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Department of Geocology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: coriander@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2808-0802>.

Nikolay P. **Mamchik**, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Department of Epidemiology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: mamchik1949@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6952-0018>.

Marina Ya. **Zanina**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hygiene No. 2, Rostov State Medical University; e-mail: zan72@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1153-4743>.

**Author contributions:** study conception and design, data collection, bibliography compilation and referencing: *Krasnikova A.A.*; analysis and interpretation of results: *Krasnikova A.A., Klepikov O.V., Prozhorina T.I., Zanina M.Ya.*; critical revision of the manuscript and provision of valuable comments: *Mehantsev I.I., Mamchik N.P.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>.

**Conflict of interest:** Prof. Klepikov is a member of the Editorial Council of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: November 1, 2025 / Accepted: August 10, 2025 / Published: August 29, 2025