

ОСНОВНЫЕ САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2020-2024 ГОДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Бубушян М.Б., Жмакин И.А., Кантаев Д.С.

ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, Тверь, Россия

Резюме. Были изучены данные санитарно-гигиенического мониторинга Тверской области за 2020-2024 годы. На основании этих данных были выявлены вещества, наиболее часто загрязняющие питьевую воду в регионе. Проанализировано влияние этих загрязнителей на организм человека.

Ключевые слова: Тверская область; питьевая вода; загрязнители воды; железо; фтор; марганец; общая жесткость воды; болезни, здоровье человека.

MAIN SANITARY-CHEMICAL POLLUTANTS OF DRINKING WATER IN THE TVER REGION FOR 2020-2024 AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH

Bubushyan M.B., Zhmakin I.A., Kantaev D.S.

Tver State Medical University, Tver, Russia

Abstract. *There was studied the data of sanitary and hygienic monitoring in Tver region during 2020-2024. Based on this data, there were identified the most common pollutants of drinking water in the region. The analysis of the impact of these pollutants on human organism.*

Key words: *Tver region; drinking water; water pollutants; iron; fluorine; manganese; total water rigidity; diseases; human health.*

Введение. При упоминании воды на ум может прийти цитата из книги «Планета людей» Антуана де Сент-Экзюпери: «Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты – сама жизнь...» [Цит. по: 7, с. 186].

Как известно, большая часть земного шара покрыта водой (около 70%), однако меньше 3% всех водных источников приходится на пресную воду [9]. Здоровье населения напрямую зависит от наличия беспрепятственного доступа к безопасной воде, применяемой как для питья и приготовления пищи, так и для бытовых и рекреационных целей [16]. В связи с этим крайне актуальной остается проблема загрязнения питьевой воды [5].

Главными причинами загрязнения являются увеличение численности населения, преднамеренное (в результате террористических актов или военных действий) или случайное загрязнение воды в связи с антропогенным воздействием человека (нерегулируемый выброс

городских и промышленных отходов в сочетании с повсеместным использованием химических веществ в сельскохозяйственном производстве) [1-3].

Стоит отдельно отметить воздействие химикатов, присутствующих в водных источниках. Естественное содержание загрязнителей, например, мышьяка и фтора, в воде, преимущественно в грунтовых источниках, способно оказывать отрицательное воздействие на здоровье [16]. Употребление питьевой воды с химическими загрязнителями несет риск развития хронических заболеваний, таких как рак, расстройства пищеварения и проблемы с нервной системой. Непрерывный мониторинг в режиме реального времени – это первая линия защиты от ущерба, связанного с загрязнением [23].

Для Тверской области, как и для многих других регионов Центрального федерального округа и всей Российской Федерации, проблема обеспечения населения питьевой водой надлежащего качества сохраняет свою значимость [4; 19].

Цель исследования: выявить ключевые санитарно-химические загрязнители питьевой воды в Тверской области по данным социально-гигиенического мониторинга за 2020-2024 годы, а также оценить, какое влияние они оказывают на организм человека.

Материалы и методы. По теме работы изучены статистические данные Управления Роспотребнадзора по Тверской области за 2020-2024 годы, а также информация современной научной литературы. Методы исследования: теоретический и сравнительно-сопоставительный анализ, описание, интерпретация и обобщение научных данных.

Результаты и их обсуждение. В 2024 году Управление Роспотребнадзора по Тверской области осуществляло контроль за 2494 подземными и 12 поверхностными водными источниками. В регионе функционировало 1814 водопроводов. На поверхностные источники из них приходилось всего 9. Положительной тенденцией является снижение доли водопроводов, не соответствующих санитарным нормам и правилам, которая в 2024 году составила 6,7%. Для сравнения, в 2023 году этот показатель составлял 8,2%, в 2022 – 10,7%, в 2021 – 9,4%, а в 2020 – 11,3%. Основной причиной несоответствия санитарным нормам (6,0% водопроводов) является отсутствие необходимого комплекса водоподготовки (в 2023г. – 7,8%, в 2022 г. – 7,7%, в 2021г. – 7,2%, в 2020г. – 8,2%). Большая часть таких водопроводов (5,3%) расположена в сельской местности [10-14].

В 2024 году было проведено исследование 2056 проб питьевой воды из подземных источников. Наблюдается положительная динамика: доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составляла почти 24%. Это значение ниже среднего показателя по России (24,6%), а также уровня предыдущих лет (2023г. – 37,3%, 2022г. – 38,4%, 2021г. – 38,4%, 2020г. – 40,6%) (Рис.1).

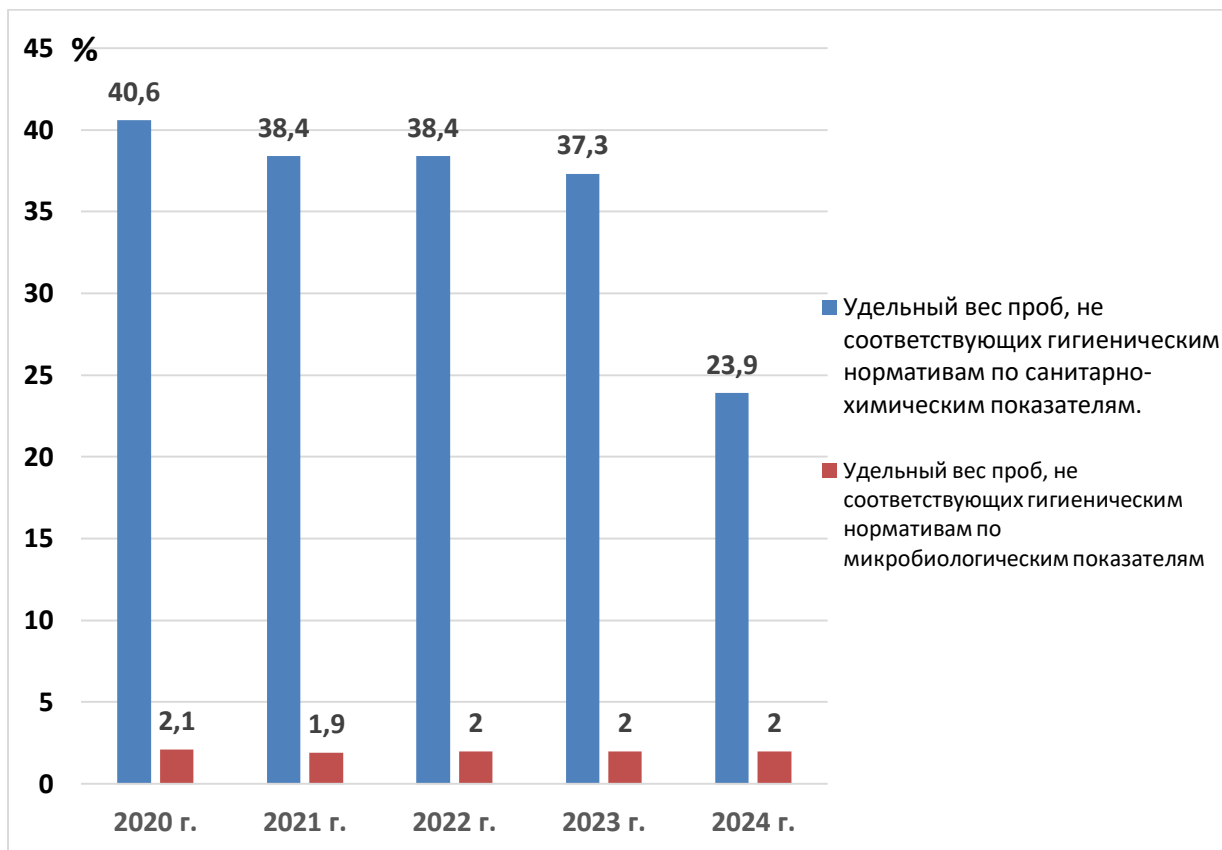


Рис. 1. – Динамика санитарного состояния подземных источников питьевого водоснабжения Тверской области за 2020–2024 годы (%)

Доля проб питьевой воды в распределительной сети, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, демонстрирует стабильность: в 2024 году он составил 30,3% (2023г. – 30,4%, 2022г. – 31%, 2021г. – 30,6% и 2020г. – 29,9%), что значительно выше среднего показателя по России (рис. 2) [10-14].

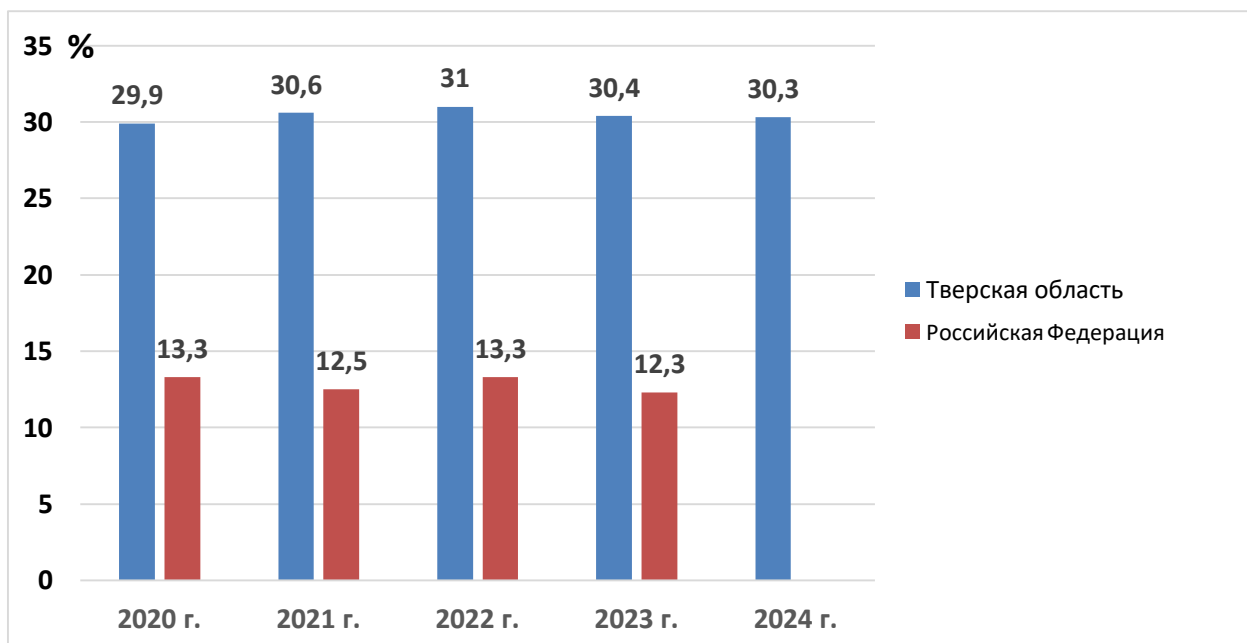


Рис. 2. – Доля проб питьевой воды в распределительной сети, не отвечающих гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям в

Одним из главных загрязнителей питьевой воды в Тверской области является железо. Наличие этого вещества в воде обусловлено двумя факторами: его присутствием в природных источниках и загрязнением, происходящим в процессе прохождения по водопроводным сетям. В Тверской области в 2024 году концентрация железа в питьевой воде в среднем превышала установленные нормативы в большинстве районов, достигая в среднем 0,79 мг/л. Это подвергало риску более 152 тысяч человек. Чуть больше половины взятых проб не соответствовало требованиям. Самые высокие превышения предельно-допустимой концентрации (ПДК) (в 5 раз и более) зафиксированы в 9 районах и в г. Твери. В 2023 году ситуация особенно не отличалась – также 11 территориях наблюдалось наибольшее превышение ПДК (свыше 3 раз). В 2022 году превышение ПДК железа от 1,1 до 3,0 мг/л и более было зафиксировано в 26 точках. В 2021 году – на 24, а в 2020 году – на 22 [10-14].

Несомненно, железо играет важную роль в обеспечении жизни. Так, оно участвует в обменных процессах организма и входит в состав гемоглобина красных клеток крови (эритроцитов), способствуя транспорту кислорода во все ткани [18]. При нужной концентрации железо регулирует деятельность центральной нервной системы, принимает участие в выработке специальных антител, борющихся с инфекциями, а также под его влиянием повышается концентрация лейкоцитов, отвечающих за наш иммунитет [22]. Тем не менее, исследования показывают, что повышение содержания в питьевой воде железа оказывает пагубное влияние на здоровье человека. Вода, обогащенная железом, может спровоцировать негативные последствия для кожи и слизистых оболочек [20]. Повышенный уровень железа является фактором риска развития сахарного диабета 2-го типа, заболеваний щитовидной железы, поражений печени (усиление провоспалительной среды), сбоев в работе желудочно-кишечного тракта (дисбактериоз кишечной микробиоты, разрушение кишечных барьеров) [22; 24; 26].

В Тверской области зачастую в питьевой воде наблюдается превышение концентрации марганца. В 2024 году доля проб питьевой воды, не соответствующих нормативам по содержанию марганца, составила 6,2%. Превышение допустимой концентрации марганца отмечалось на 12 территориях (Бологовский, Калининский, Калязинский, Кашинский, Кесовогорский, Кувшиновский, Ржевский, Оленинский, Осташковский округа, Торопецкий муниципальный округ, города Торжок и Тверь). В 2023 году превышение ПДК по марганцу фиксировалось в точках мониторинга на 5 территориях: в Кесовогорском, Бологовском, Ржевском, Старицком и Калязинском округах. В 2021 году среднегодовая концентрация марганца в питьевой воде Тверской области не превышала ПДК и составила 0,028 мг/л. При этом, превышение концентраций марганца регистрировались на 6 территориях. В 2020 году – на 7 [10; 11; 13; 14].

Марганец в небольших количествах участвует в регуляции важных биохимических процессов, таких как синтез нейромедиаторов, обмен инсулина, метаболизм костной и соединительной тканей, а также свертывание крови. Однако при превышении допустимых значений, марганец превращается в опасный токсикант, вызывающий симптомы интоксикации [8; 21]. Повышенное содержание марганца сопряжено с риском развития неврологических и гематологических нарушений [19]. Нейротропные свойства марганца, как подчеркивают научные работы, обуславливают его основной вред для здоровья: избыточное его поступление вызывает поражения центральной нервной системы. Марганец проникает через гематоэнцефалический барьер, и его дальнейшее накопление происходит в митохондриях и лизосомах. Воздействуя на митохондриальные ферменты, марганец снижает их активность, что влечет за собой нарушение электронно-транспортной цепи дыхания и провоцирует усиление процессов перекисного окисления липидов [8].

Еще одним немаловажным химическим загрязнителем в Тверской области является фтор. Превышение нормативов по содержанию фтора в 2024 году обнаружено на 3 территориях (7,6% проб): в Максатихинском, Жарковском округах и городе Твери. Почти 24 тысячи человек потребляло воду с повышенным содержанием данного вещества. При этом, среднегодовая концентрация фтора в целом оставалась в пределах допустимых значений (0,44 мг/л). В 2023 году повышенные концентрации фтора регистрировались на 4 территориях (2,8% проб), а концентрация в среднем равнялась 0,74 мг/л. В 2022 году – на 5 территориях, концентрация – 0,54 мг/л. В 2021 году – на 7, 0,58 мг/л. и в 2020 году – на 3, концентрация – 0,5 мг/л [10-14].

В природе фтор не существует в свободном состоянии, а чаще всего встречается в виде фторидных соединений [17; 27]. Фтор поступает в организм человека преимущественно с питьевой водой, а в значительно меньших количествах – с пищей. Основное депо фтора находится в костной ткани и зубах, где он критически важен для их формирования и защиты от развития патологических процессов, таких как кариес и остеопороз. Также отмечается способность фтора к антибактериальному действию в ротовой полости, что предохраняет ее от заболеваний и инфицирования [15; 17].

Фтор обладает множеством полезных свойств и сфер применения, но в больших дозах может быть токсичным [25]. Хроническое воздействие избыточных концентраций фтора сопряжено с риском развития целого ряда патологических состояний. Наиболее известный из них – флюороз, проявляющийся «крапчатостью» эмали зубов как у взрослых, так и у детей [15]. Чем дольше человек подвергается воздействию фторидов, тем более выраженными становятся нарушения сердечно-сосудистой системы, такие как ишемическая болезнь сердца в сочетании с атеросклерозом периферических артерий. Гарвардские исследования также отмечают, что у людей, проживавших в условиях высокого содержания фтора, отмечался существенно более низкий коэффициент

интеллекта по сравнению с теми, кто жил в районах, где концентрации фтора меньше [2; 17]. У людей, употребляющих воду с повышенным содержанием соединений фтора высока вероятность возникновения злокачественных опухолей, а также вероятность рождения детей с различными мутациями. Вдобавок этот загрязнитель увеличивает шансы развития злокачественных опухолей и мутаций у новорожденных [6].

Недостаточное поступление этого микроэлемента, в свою очередь, может привести к таким проблемам, как задержка роста, остеопороз, снижение плодовитости и уменьшение продолжительности жизни. Кариес зубов считается важным маркером дефицита фтора у человека. Исследования показали, что фторид-ионы, действуя как химически активные агенты, могут проникать через пульпу зуба и усиливать его способность противостоять кариесу, активизируя внутренние защитные механизмы эмали. Это подчеркивает необходимость поддержания оптимального баланса фтора, поскольку опасно как его избыточное, так и недостаточное содержание [1; 15].

Заключение. Исходя из данных социально-гигиенического мониторинга, проводимого Управлением Роспотребнадзора по Тверской области, можно сделать вывод, что за 2020-2024 годы в рассматриваемом регионе сократилось число водопроводов, которые не удовлетворяли требуемые нормы, а также снизилась доля проб, не соответствующих по санитарно-химическим показателям. Тем не менее, все еще регистрируются мониторинговые точки с превышением ПДК железа, фтора и марганца. Эти вещества сохранили статус главных санитарно-химических загрязнителей питьевой воды в Тверской области и могут оказать негативное воздействие на здоровье населения региона. Модернизация систем водоснабжения Тверской области с использованием специальных технологий водоподготовки является ключевым шагом к повышению качества питьевой воды. Это позволит расширить охват населения региона качественной питьевой водой из централизованных систем водоснабжения.

Литература / References:

1. Алиев С.П., Бабаев И.И., Эгамназаров Х.Н. Роль фтора в возникновении патологических процессов и наличие его в объектах внешней среды // Вестник Авиценны. 2020. Т. 22. № 4. С. 635-642.
2. Аль-Гальбан Л.Н., Маркина А.Д., Панасенко А.С. / Влияние содержания фтора в питьевой воде на основные показатели здоровья человека // Молодежь, наука, медицина: статьи 66-й Всероссийской Межвузовской студенческой науч. конф. с международным участием, 14–15 мая 2020 г., Тверь, 2020. С. 33-37.
3. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области) / А.К. Сергеев [и др.] // Анализ риска здоровью. 2021. №2. С. 41-51.

4. Архипова Л.С., Григорьян М.Э. Региональные особенности экологической безопасности в Центральной России // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 1211-1228.
5. Висарханова Р.Ш., Закаева Г.С., Исраилова С.А. Загрязнение питьевой воды // Современные проблемы естествознания: материалы IV региональной науч.-практич. конф. студентов и молодых ученых, 30 апреля 2020г., г. Грозный, 2020. С. 230-233.
6. Ефремов Н.В., Кострова Ю.С. Оценка риска здоровью населения Рязанской области, связанная с загрязнением питьевой воды // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 12 (126). С. 65.
7. Иванов С.В., Темиров Э.Э., Федорова Э.Л. Влияние качества воды на здоровье населения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. №3. С. 186-189.
8. Мазунина Д.Л. Негативные эффекты марганца при хроническом поступлении в организм с питьевой водой // Экология человека. 2015. № 3. С. 25-31.
9. Мониторинг бактериального загрязнения питьевой воды и открытых водоемов в городе Нур-Султан за 2018-2020 годы / К.М. Ташмагамбетова [и др.] // Биология и интегративная медицина. 2021. №5. С. 275-281.
10. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тверской области в 2020 году : государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Тверской области [сайт]. URL: https://69.rospotrebnadzor.ru/s/69/files/documents/regional/gos_doklady/148823.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
11. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тверской области в 2021 году : государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Тверской области [сайт]. URL: https://69.rospotrebnadzor.ru/s/69/files/documents/regional/gos_doklady/149471.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
12. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тверской области в 2022 году : государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Тверской области [сайт]. URL: https://69.rospotrebnadzor.ru/s/69/files/documents/regional/gos_doklady/150087.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
13. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тверской области в 2023 году : государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Тверской области [сайт]. URL: https://69.rospotrebnadzor.ru/s/69/files/documents/regional/gos_doklady/150664.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
14. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Тверской области в 2024 году : государственный доклад [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Тверской области [сайт]. URL: https://69.rospotrebnadzor.ru/s/69/files/documents/regional/gos_doklady/151100.pdf (дата обращения: 25.02.2026).

15. Оценка влияния соединений фтора в питьевой воде на отдельные показатели здоровья человека / И.А. Жмакин, Л.Н. Аль-Гальбан, А.Д. Маркина, А.С. Панасенко // Тверской медицинский журнал. 2020. № 5. С. 39-49. – EDN QOSQVA.
16. Питьевая вода [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения [сайт]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения: 25.02.2026).
17. Селезнева Н.М., Семелева Е.В., Горшков А.А. Влияние фтора в питьевой воде: польза и вред // Культура физическая и здоровье. 2024. № 2. С. 397-401.
18. Современные представления о гомеостазе железа в организме человека / А.М. Алиев [и др.] // Научный медицинский вестник Югры. 2021. № 3. С. 4-18.
19. Состояние питьевой воды систем централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения – важный фактор среды обитания населения Тверской области / В.А. Синода, И.А. Жмакин, Л.А. Кудрич [и др.] // Тверской медицинский журнал. 2019. № 5. С. 7-17. – EDN ISLYZP.
20. Стасевич Д.Д. Ксенобиотический риск соединений марганца и железа в воде и их влияние на здоровье человека // Республиканская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых, посвященная 95-летию со дня рождения профессора Маслакова Дмитрия Андреевича: сб. материалов республиканской науч.-практич. конф. студентов и молодых ученых, посвященной 95-летию со дня рождения профессора Маслакова Дмитрия Андреевича, 28–29 апреля 2022г., г. Гродно, 2022. С. 673-674.
21. Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения / Г.А. Ливанов [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. 2014. Т. 9. № 4. С. 59-65.
22. Черных П.А. Влияние железа на организм человека // Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития: сборник научных статей по материалам XVII Международной науч.-практич. конф., 20 июня 2025г., г. Уфа, 2025. С. 16-20.
23. Asheri Arnon T, Ezra S, Fishbain B. Water characterization and early contamination detection in highly varying stochastic background water, based on Machine Learning methodology for processing real-time UV-Spectrophotometry. Water Res. 2019.
24. Harrison A.V., Lorenzo F.R., McClain D.A. Iron and the Pathophysiology of Diabetes. Annu Rev Physiol. 2023. P. 339-362.
25. Kyzer J.L., Martens M. Metabolism and Toxicity of Fluorine Compounds. Chem Res Toxicol. 2021. Mar 15; 34(3):678-680.
26. Liu Y, Li G, Lu F, Guo Z, Cai S, Huo T. Excess iron intake induced liver injury: The role of gut-liver axis and therapeutic potential. Biomed Pharmacother. 2023. Dec; 168:115728. doi: 10.1016/j.biopha.2023.115728. Epub 2023. Oct 19. PMID: 37864900.

27. Niazi F.C., Pepper T. Dental Fluorosis. 2023 Jun 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. PMID: 36251814.