

ПОВЫШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФТОРА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Жмакин И.А., Брагина Ю.А., Понкратова Т.А., Баканов К.Б.

ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь

Аннотация. Представлены результаты обзора современной литературы о влиянии избыточного содержания фтора в питьевой воде на различные органы и системы. Также в статье представлены сведения о влиянии соединений фтора на обмен веществ в организме. Отмечена актуальность флюороза в настоящее время.

Ключевые слова: фтор, питьевая вода, флюороз.

THE INCREASED CONTENT OF FLUORIDE IN DRINKING WATER AS A GLOBAL MEDICAL AND ENVIRONMENTAL PROBLEM

Zhmakin I.A., Bragina Yu.A., Ponkratova T.A., Bakanov K.B.

Tver State Medical University

Summary. The results of a review of modern literature on the effect of excess fluoride in drinking water on various organs and systems are presented. The article also provides information on the effect of fluorine compounds on the metabolism in the body. The relevance of fluorosis at the present time is noted.

Keywords: fluoride, drinking water, fluorosis.

Введение. Некариозные поражения зубов представляют собой заболевание, проявляющееся поражением твердых тканей зубов. Они не связаны с микробным фактором зубного налета [1]. Многие некариозные поражения не до конца исследованы. В связи с этим возникают трудности их профилактики, диагностики и лечения. Отдельное место среди некариозных поражений отведено флюорозу [2]. Следует отметить, что данное заболевание имеет эндемический и профессиональный характер [3]. Проблема высокой концентрации фтора в питьевой воде и как следствие возникновение флюороза в отдельных регионах мира остается актуальной на сегодняшний день [4]. В соответствии с данными Всемирной организации здравоохранения источником негативного воздействия на здоровье населения может быть естественное загрязнение воды и особенно грунтовых вод такими веществами, как мышьяк и фтор; наибольшие риски для безопасности питьевой воды связаны с загрязнением мышьяком, фтором или нитратами [5].

Целью настоящего исследования явилось обобщение современных данных о влиянии избыточного содержания фтора в питьевой воде на различные органы и системы, а также организм в целом путем анализа научных монографий и статей отечественных и зарубежных авторов.

Материалы и методы. Проведен аналитический обзор современной научной литературы по теме работы. Методы исследования: теоретический и сравнительно-сопоставительный анализ, интерпретация и обобщение научных данных, экспертная оценка.

Результаты и их обсуждение. В стоматологии флюороз часто интерпретируют как системное нарушение развития твердых тканей зуба вследствие попадания в организм большого объема фтора во время развития зубов, сопровождающееся формированием меловидных и пигментированных пятен, деструкцией эмали [6].

Флюороз является заболеванием, которое часто встречается среди населения стран Содружества независимых государств. Случаи регистрации заболевания с каждым годом увеличиваются. Большое количество очагов флюороза распространено на территории Беларуси и России. Вопреки высокой информированности в отношении данного заболевания все еще не выявлен патогенез и не создано универсального средства его диагностики и лечения

[7]. Проанализировав данные научной литературы, формируется представление, где в мире распространен флюороз. Заболевание затрагивает такие регионы, как центральная Мексика, южная часть Индии, восточный Непал, Китай, острова Фиджи, Мадагаскар, а также север Пакистана. Это указывает на отсутствие четкой географической взаимосвязи привязанности территорий к источникам питьевой воды с повышенным содержанием фтора. Авторы из Пакистана изучили этот вопрос и обнаружили статистически значимое увеличение количества людей с данным заболеванием и дерматитом в районах, в которых воды становятся загрязненными из-за деятельности горнодобывающих предприятий [3]. Флюороз затрагивает значительное число штатов Мексики, в которых обычно источником питьевой воды являются водоносные горизонты, находящиеся в вулканических породах третичного периода. Они содержат одинаковые геологические особенности: глубокие впадины, появившиеся после того, как произошли выброс фельзита и пространственная деформации бассейна и хребта и сейчас они наполнены неплотными отложениями [8]. В Индии большое количество фтора в воде оказывается продуктом реакций в системе «вода – вмещающая порода» в основном в массивах гранитоидов, амфиболитах, пегматитах, в которых содержатся минералы: мусковит, биотит, горнблендит [9]. Выборка среди сельского населения зафиксировала 80% деревень, где содержание фтора повышенное. Оно не входит в допустимые пределы Всемирной организации здравоохранения. У населения, проживающего на данной территории, регистрируются заболевания флюорозом скелета. В Африке и Азии флюороз распространен во множестве регионов, где заболевает примерно сто миллионов человек. Токсичность фтора протекает медленно, но побочные эффекты невозможно вылечить [10].

Порядок устранения заболевания в СССР устанавливался в таком виде: официальное утверждение предельно допустимой концентрации фтора в питьевой воде и водоисточниках, а также использование метода дефторирования питьевой воды на очистительных базах. К середине 60-х годов случаи заболевания флюорозом, который был широко распространен, практически не регистрировались. Флюороз выявлялся там, где окружающие дышали атмосферным воздухом, в котором обнаруживались технические выбросы соединений фтора. Кроме того, в воду на данной территории добавляли фторсодержащие соединения из-за их низкой концентрации в воде [11]. В России, где большое количество регионов обеспечиваются водой из водоисточников с низкой концентрацией фтора, данное заболевание составляет 2-3% [12]. В Российской Федерации к территориям с высокой распространенностью флюороза относят: Московскую, Кировскую, Владимирскую, Самарскую, Рязанскую, Тверскую, Иркутскую, Ярославскую, Калужскую, Кемеровскую области, республики Карелию и Мордовию [6, 13].

Погодные условия, почва, осадочные горные породы, топография и параметры растений были установлены как эффективные прогностические факторы большого количества фтора в подземных водах [14]. Статистические и гидрогеохимические результаты кампании по отбору проб из 32 скважин в муниципалитетах Хувентино Росас и Виллагран (Мексика) в 2019 году дают выдвинуть предположение, что содержание фтора в подземных водах – это следствие выветривания силикатов и распада вулканического стекла, щелочное удаление адсорбированного вещества на поверхностях минералов, которые имеют в составе фтор и, вероятно, обмен ионами минералов и глин или глубинных флюидов, содержащих фтор, в дополнение к образованию осадка карбонатов, снижающие содержание кальция в подземных водах. Данные реакции катализируются за счет геотермальных свойств подземных вод в рамках исследуемой местности [8]. Растворение минералов, обмен катионами между веществами, образование осадка кальцита, испарение и жизнедеятельность человека влияют на содержание фтора в подземных водах [15].

Фтор имеет свои особенности, которые влияют на быстроту вступления галогена в химические реакции и на своеобразие характеристик фторсодержащих соединений. Соединения фтора чрезвычайно устойчивые, так как он имеет небольшие размеры, благодаря

которым фтор способен образовывать прочные ковалентные связи. Еще одна особенность фтора состоит в том, что он является сильнейшим окислителем [16].

В широком гигиеничном плане вопрос воздействия фторидов на организм, а также состояние здоровья человека изучался, начиная с середины вплоть до 90-х годов прошлого столетия. В наш век остается важным правильный подход к изучению фторидов относительно задач гигиены труда, гигиены питания, а кроме того, санитарной защиты окружающей среды, в том числе производственной, касающейся избыточного накопления фторидов, однако уменьшается интерес к данным соединениям в широком гигиеничном плане, что в особенности связано с главной стоматологической проблемой – кариесом зубов [17]. В большинстве случаев флюороз возникает на постоянных зубах, так как плацента в организме матери накапливает избыточное количество фторидов [18]. Возникновение флюороза эмали и первичного флюороза дентина возможно исключительно на этапе формирования зубов, из чего следует, что влияние фторида (так как оно связано с флюорозом зубов) осуществляется главным образом в детском возрасте [4]. Детей, имеющих увеличенный показатель содержания фторидов в сыворотке крови, пониженный клиренс и экскрецию фторид-ионов с мочой, принято относить к группе риска развития флюороза зубов [19]. Количество поступившего в организм ребенка фтора при грудном вскармливании составляет не более 20 мкг/сут. В случае искусственного вскармливания детей с применением сухих смесей, число поступающих ионов фтора существенно увеличится, что связано с необходимостью разбавления сухой смеси водой, которая содержит намного больше фторидов. В связи с этим важной мерой профилактики будет являться проведение беседы о значении грудного вскармливания, а также составление рекомендаций о нежелательности перехода на искусственное кормление. Дети младше 14 лет наиболее склонны к возникновению флюороза, что связано со сроками формирования эмали и дентина в указанном возрасте, поэтому необходимо принимать во внимание возраст пациента, проживающего на эндемичной по данному заболеванию территории. До сих пор не существует единого мнения, касающегося патогенеза флюороза [20]. По сравнению с количеством фтора в питьевой воде, его содержание в пище значительно меньше, по этой причине необходимость поступления фтора в организм человека с пищей намного меньше, чем через воду [21]. При накоплении избыточного количества фтора в организме начинаются биохимические реакции взаимодействия фторидов с ионами Ca^{2+} , в результате чего появляется комплекс фторида кальция – CaF_2 , который способен выводиться из тканей [22]. Повышенное образование этого соединения может вызывать кальцификацию мягких тканей, что будет являться причиной мертворождений и увеличения случаев детской смертности [16]. В 1940г. И.Г. Лукомский выдвинул предположение, что причиной возникновения флюороза служит взаимодействие поступающих из окружающей среды веществ, способных нарушать процессы минерализации твердых тканей зубов, со фтором. Иные авторы утверждали, что флюороз – это гипоплазия эмали несвойственного происхождения, возникающая из-за повышенного содержания фтора в воде. В современном мире подавляющая часть экспертов придерживается мнения, что возникновение флюороза обусловлено токсическим действием соединений фтора на амелобласты в процессе развития временных и постоянных зубов, что приводит к нарушению процессов минерализации твердых тканей совместно с появлением дефектов подповерхностного слоя эмали, а также к кумуляции в ней нерастворимых соединений фторапатитов, магний фосфатов [20]. В участках меловидно измененной эмали наблюдается увеличение межпризменных промежутков, приводящее к значительному снижению плотности данного слоя и возрастанию проницаемости эмали в области флюорозных пятен. В результате этого возникает пигментация эмали, происходящая из-за поступления в нее красящих пищевых продуктов (чай, кофе, табак и др.) [19].

Продолжительное воздействие на организм высоких концентраций фтористых соединений приводит к развитию заболевания, известного как скелетный флюороз. Данное заболевание является патологией костной системы и проявляется в виде деминерализации

костной ткани, что в последствии служит причиной возникновения и прогрессирования остеосклероза и остеопороза [23]. Содержание ионов фтора в питьевой воде, способное вызвать выраженный остеосклероз, составляет около 5-13 мг/л в случае проживания на эндемичной по данному заболеванию территории не менее 10-15 лет [17]. Поступающие в организм соединения фтора в размере половины задерживаются в костной ткани, а остальное их количество утилизируется почками посредством клубочковой фильтрации [24]. Накопившиеся фториды оказывают значительное патологическое влияние на сердечно-сосудистую систему. Фторид-ион, обладая цитотоксическим механизмом действия и имея хорошую способность связываться с кальцием, кроме оказания отрицательного влияния на костную ткань, так же способствует развитию дистрофии сердечной мышцы [24]. Патологическое влияние данного соединения главным образом связано с его способностью вытеснять кальций из составляющих основу костного матрикса кальциевых апатитов [23]. Воздействие соединений фтора на костную ткань осуществляется по трем основным механизмам. Фтор способствует усилению функции остеобластов, ускорению выработки коллагена и дальнейшей его минерализации, нарушая при этом регуляцию внутриклеточного обмена веществ. Наряду с этим соединения фтора также способны стимулировать и остеокласты – клетки, осуществляющие резорбцию костной ткани [25]. Следует отметить, что процесс выведения основной массы фтора из костей происходит в течение достаточно долгого времени, что занимает около 10-12 лет [21].

Посредством обобщающих оценочных уравнений были выявлены условия, являющиеся причиной развития флюороза скелета. Полученные результаты свидетельствуют о том, что хранение питьевой воды в керамической посуде, кипячение ее перед употреблением, а также введение в рацион фруктов, витаминов А, В₁, В₉ являются мерами профилактики флюороза скелета. При этом к факторам риска возникновения данного заболевания относятся избыточный вес и ожирение, прием жиров, масел, фосфора, употребление чая и питьевой воды без хранения. Полученные результаты демонстрируют, что образ жизни оказывает значительное влияние на развитие флюороза скелета [26]. Учитывая распространенность повышенного содержания фтора в воде, встает серьезный вопрос о появлении и прогрессировании эндемических заболеваний населения, таких как флюороз. Профилактические мероприятия дают результаты, однако необходим комплексный и масштабный подход к дальнейшему решению вопроса о содержании фтора в питьевой воде для предупреждения заболеваний населения [27].

Заключение. Таким образом, флюороз распространен во многих регионах мира и актуален на сегодняшний день. Флюороз наиболее часто поражает постоянные зубы. Однако, длительное поступление соединений фтора влияет не только на зубочелюстную систему, но и на другие системы организма. Поэтому, необходимо своевременно выявлять факторы риска, диагностировать заболевание, чтобы избежать таких серьезных осложнений, как остеопороз и остеосклероз. Профилактику флюороза следует начинать в постнатальном периоде, так как соединения фтора не проходят через плацентарный барьер.

Литература/ References:

1. Русских И.С., Черемных А.И. Основные понятия о некариозных поражениях зубов. Флюорозная крапчатость // Синергия Наук. 2022. № 67. С. 14-24.
2. Галонский В.Г., Сурдо Э.С., Вольнкина А.И., Журавлёва Т.Б. К вопросу о классификации флюороза зубов (обзор литературы) // Сб. статей Межрегион. науч.-практич. конф., посвященной 65-летию Медицинского ин-та ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный ун-тет им. М.К. Аммосова»: Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях Севера. Под ред. И.Д. Ушницкого. Якутск, 2022. С. 202-241.
3. Намханов В.В., Писаревский Ю.Л. Современный взгляд на флюороз. // Вестник Бурятского гос. ун-та. Медицина и фармация. 2021. № 1. С. 58-61.
4. Венгловский В.В., Жакенова С.Р. Интенсивность заболевания кариесом и флюорозом

в регионах с высоким содержанием фтора в питьевой воде: обзор литературы // *West Kazakhstan Medical Journal*. 2021. № 2 (63). С. 50-55.

5. Питьевая вода [электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения [сайт]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения 19.11.2023).

6. Макеева И.М., Волков А.Г., Мусиев А.А. Эндемический флюороз зубов – причины, профилактика и лечение // *Российский стомат. журнал*. 2017. Т. 21. № 6. С. 340-344.

7. Ковзик Г.А., Глушаков Н.В. Флюороз: этиология, история открытия, патогенез, симптоматика, классификация и лечение // *Сб. статей по материалам СХП студенческой междунар. науч.-практич. конф. : Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки*. Новосибирск, 2022. С. 16-21.

8. Morales-Arredondo J.I., Armienta-Hernández M.A., Lugo-Dorantes A.E., Barrera-Arrazola A.P., Flores-Ocampo I.Z., Flores-Vargas R. Fluoride presence in drinking water along the southeastern part of El Bajío Guanajuatense, Guanajuato, Mexico: sources and health effects. // *Environ Geochem Health*. 2023 Jun;45(6):3715-3742. Doi: 10.1007/s10653-022-01426-2. Epub 2022. Dec 9. PMID: 36484881.

9. Современное состояние и перспективы медицинской геологии (к итогам VII конференции международной медико-геологической ассоциации мед-гео-2017) / В.П. Орлов, Е.Г. Фаррахов, И.Ф. Вольфсон [и др.] // *Разведка и охрана недр*. 2018. № 1. С. 3-7.

10. Srivastava S., Flora SJS. Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact // *Curr Environ Health Rep*. 2020. Jun;7(2):140-146. Doi: 10.1007/s40572-020-00270-9. PMID: 32207100.

11. Совершенствование высшего медицинского образования в свете системных проблем профилактики массовых заболеваний / Д.О. Ластков, А.И. Клименко, Т.В. Михайлова [и др.] // *Вопросы образования и психологии. Монография. Редколл.: Ж.В. Мурзина, О.Л. Богатырева. Чебоксары*, 2020. С. 106-136.

12. Петерсен П.Э., Кузьмина Э.М. Распространенность стоматологических заболеваний. Факторы риска и здоровье полости рта. Основные проблемы общественного здравоохранения // *Dental Forum*. 2017. № 1. С. 2-11.

13. Санитарно-химические загрязнители питьевой воды в Тверской области и их влияние на отдельные показатели здоровья человека / И.А. Жмакин, К.Б. Баканов, С.А. Овчинникова, М.Н. Фадеева // *Тверской медицинский журнал*. 2022. № 5. С. 26-31.

14. Ling Y., Podgorski J., Sadiq M., Rasheed H., Eqani SAMAS, Berg M. Monitoring and prediction of high fluoride concentrations in groundwater in Pakistan // *Sci Total Environ*. 2022. Sep 15;839:156058. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156058. Epub 2022. May 20. PMID: 35605865.

15. Su H., Kang W., Li Y., Li Z. Fluoride and nitrate contamination of groundwater in the Loess Plateau, China: Sources and related human health risks // *Environ Pollut*. 2021. Oct 1;286:117287. Doi: 10.1016/j.envpol.2021.117287. Epub 2021. May 4. PMID: 33971470.

16. Никифорова В.А., Варданян М.А., Лапина С.Ф. Химические и эколого-биологические особенности фтора в окружающей среде // *Труды Братского гос. ун-та. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2021. Т. 1. С. 245-250.

17. Иорданишвили А.К. Фториды: их значение для здоровья человека в современных условиях и перспективы использования // *Курский науч.-практич. вестник. Человек и его здоровье*. 2019. № 2. С. 66-73.

18. Русских И.С. Основные понятия о некариозных поражениях зубов. Флюорозная крапчатость. Гипоплазия. Эрозия. Повышенное стирание // *Междунар. студенческий науч. вестник*. 2020. № 1. С. 6.

19. Гажва С.И., Гадаева М.В. Этиопатогенетические механизмы развития флюороза зубов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 7-1. С. 181-186.

20. Журбенко В.А., Буданова В.О. Современные представления о флюорозе // *Тенденции развития науки и образования*. 2021. № 78-3. С. 52-55.

21. Эгамназаров Х.Н., Алиев С.П., Бабаев И.И. Роль фтора в возникновении патологических процессов и наличие его в объектах внешней среды // Вестник Авиценны. 2020. Т. 22. № 4. С. 635-642.

22. Биохимия полости рта : уч. пособие для студентов мед. института специальности 31.05.03 – Стоматология / сост.: Е.В. Громова, Л.В. Зотова, Е.Н. Коваленко, Л.Я. Лабзина. Саранск: Издатель Афанасьев В.С., 2015. 104 с.

23. Шамигова С.Ф., Калюжная Е.Э., Романова Е.Л. SNP-маркеры предрасположенности к костному флюорозу // Сб. материалов конгресса молодых ученых : Актуальные вопросы фундаментальной и клинической медицины. Под ред. Е.Л. Чойнзонова. 2018. С. 137-138.

24. Клинико-экспериментальные исследования состояния костной ткани при флюорозе / Н.Н. Михайлова, Т.К. Ядыкина, М.С. Бугаева [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 6. С. 364-370.

25. Клинические рекомендации. Профессиональная интоксикация соединениями фтора (проект) // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 1. С. 48-63.

26. Ye Q., Liu G., Li Q. The relationship between the lifestyle of the residents residing in fluorosis endemic areas and adult skeletal fluorosis // Молодежный инновационный вестник. 2021. Т. 10. № S1. С. 579-582.

27. 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.