

ПИЩЕВЫЕ НАПИТКИ КАК ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЛЮОРОЗА

Е.П. Янин

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
Москва,
yanin@geokhi.ru

В районах с централизованным фторированием питьевой воды или на территориях развития гиперфторовых биогеохимических провинций существуют дополнительные источники поступления фтора в организм людей (прежде всего, чай, некоторые виды столовых и минеральных вод и др.), что увеличивает фторовую нагрузку на человека и предопределяет вероятность возникновения у населения флюороза зубов и скелета. Эти факты должны учитываться при разработке и осуществлении мероприятий по снижению негативного воздействия фтора на здоровье людей. Особое значение они имеют для профилактических мероприятий на производствах, априори опасных с точки зрения возможности развития у рабочих профессионального флюороза. Необходимы также меры по разработке стандартов содержания фтора в коммерческих продуктах чая и напитков на его основе.

Фтор широко распространен в природе [6, 23], играет особую биогеохимическую роль [12, 24], имеет важное гигиеническое значение [1, 5, 24, 25, 33] и относится к химическим элементам, формирующим так называемые интерзональные биогеохимические провинции и эндемины, не имеющие связи с какой-либо определенной почвенно-климатической зоной и встречающиеся в различных регионах [4, 9, 12, 22, 26]. В условиях окружающей среды особенно хорошо известны хронические эффекты у человека и животных, проявляющиеся при низких (кариес зубов и остеопороз) и при высоких (флюороз зубов и костей) уровнях воздействия фтора, поступающего в организм главным образом с питьевой водой, продуктами питания, атмосферным воздухом. Различают следующие виды флюороза [2]: 1) профессиональный (хроническая интоксикация фтором в производственных условиях), 2) соседский (в зонах загрязнения окружающей среды фтором), 3) ятрогенный (результат длительного применения фторсодержащих лечебных препаратов), 4) связанный с употреблением пищевых продуктов и напитков («чайный флюороз», «винный флюороз» и др.), 5) эндемический (в гиперфторовых биогеохимических провинциях).

Общетоксическое действие фтора, как правило, пропорционально его количеству, поступающему в организм, и не зависит от пути поступления. На основе эпидемиологических исследований было установлено, что инвалидизирующий флюороз является результатом постоянного ежедневного потребления человеком 20–80 мг фтора на протяжении 10–20 лет [6]. Более поздние исследования позволили сделать вывод, что ежедневное потребление взрослым человеком 8 мг фтора также может привести к возникнове-

нию флюороза. Согласно рекомендации ВОЗ, порог воздействия фтора для детей составляет 2 мг в сутки, а для взрослых – 4 мг. В бытовых условиях специфическое действие фтора на костную ткань и зубы определяется уровнями его содержания главным образом в питьевой воде. Среднее природное содержание фтора в подземных водах зоны гипергенеза оценивается в 0,48 мг/л [21]. Содержания фтора в питьевых водах ниже 0,3–0,5 мг/л указывают на вероятность развития у населения гипофтороза; уровень фтора в 1,5 мг/л и более является потенциально флюорозогенным, особенно в условиях жаркого (прежде всего, семиаридного и аридного) климата. При содержании фтора в питьевой воде выше 5 мг/л пораженность населения флюорозом может достигать 100% [1, 11].

В районах развития гиперфторовых биогеохимических провинций и в регионах (странах) с централизованным фторированием питьевой воды важным является – с целью снижения риска хронического воздействия фтора на здоровье населения – установление других источников его поступления в организм человека. Сведения об этих источниках фтора крайне необходимы для разработки профилактических мероприятий, направленных на снижение фторовой нагрузки на население. Обычно дополнительными источниками поступления фтора в организм человека являются некоторые лекарственные препараты, фторированные зубные пасты, пищевые напитки и продукты. В данном сообщении систематизируются и обобщаются доступные сведения об особенностях распределения фтора в некоторых наиболее широко употребляемых пищевых напитках, поскольку именно растворенный фтор особенно активно усваивается организмом человека.

В настоящее время чайный экстракт (чай) является наиболее популярным напитком во всем мире, уступая только воде. Одновременно он обладает одним из самых высоких потенциалов для увеличения суточного потребления фтора [6, 52]. Действительно, достаточно давно установлено, что чай (чайное растение, чайный куст, чайное дерево) является гипераккумулятором фтора [41, 47], причем высокими концентрациями этого элемента отличаются листья многих сортов чая [13, 34, 37]. Чайные растения накапливают фтор, поглощая его из воздуха и особенно из почвы. Фтор аккумулируется в основном в листьях чайного растения. Важно отметить, что доступность фтора для многих растений обычно не зависит от его общего содержания и даже от количества растворимых (доступных, подвижных) форм этого элемента в почве [8]. Так, выращивание чайных кустов на почвах с кларковым содержанием фтора (330 мг/кг) может приводить к его накоплению в концентрациях до нескольких тысяч мг/кг в листьях [52]. В общем случае содержание фтора в чайном напитке зависит от места произрастания чайного растения, времени сбора урожая, возраста чайных листьев, срока их хранения, условий заваривания и ряда других факторов [29]. В любом случае при заваривании чая (особенно крутым кипятком) из чайных листьев в раствор выделяется значительное количество фтора [36, 42, 44, 49]. По некоторым данным в чайный раствор выделяется до 40–90% фтора (в среднем 75%), содержащегося в чайных листьях [40]. Поскольку растворимый фтор легко поглощается желудочно-кишечным трактом, биодоступность «чайного» фтора близка к 100% [50], что аналогично его биодоступности из питьевой воды [46].

Одна чашка чая может содержать 0,1–0,2 мг фтора, что определяет его высокие концентрации в напитке, нередко превышающие порог флюорозогенности этого элемента в питьевой воде. Так, в заваренном краснодарским черным (байховым) чаем напитке содержания фтора достигали 0,74 мг/л,

грузинским зеленым – 1 мг/л, грузинским (1 сорт) черным – 1,8 мг/л, грузинским экстра черным – 2,5 мг/л, цейлонским и индийским (1 сорт) 1,24–1,40 мг/л [13]. Исследование содержания фтора в трех коммерческих сортах чая «Ассам» (сорт чёрного крупнолистого чая, выращиваемого на северо-востоке Индии) и 2-х сортах китайского чая, собранных на чайных плантациях о. Ланьдао (остров в 6 милях к востоку от Гонконга), показало, что наиболее высокими уровнями этого элемента отличались зрелые чайные листья [37]. Из указанных трех разновидностей сорт с мелкими листьями аккумулировал наибольшее количество фтора, затем следовал сорт с крупными листьями, а чай «Ассам» содержал фтор в наименьших концентрациях. Показательно, что после закладки чайной плантации отмечалось уменьшение величины рН почв, причем эта тенденция прослеживалась во времени [34]. Причиной этого считается накопление алюминия и фтора в листьях чая, что приводит к повышению содержания обменного алюминия в почвах и его концентраций в почвенном растворе (до 0,46–0,55 мг/л). Содержания алюминия и фтора в опавших листьях составляли соответственно 5,8–6,1 и 0,47–0,52 г/кг. Фтор, поступающий в почвы с растительными остатками, образует Al-F-комплексные соединения. Максимальные концентрации фтора обычно наблюдаются в зрелых листьях чая [48]. По данным [31], содержания водорастворимого фтора в прессованном чае из китайских провинций Сычуань и Юньнань достигали 533,89–617,32 мг/кг, что, по мнению авторов цитируемой статьи, может негативно воздействовать на состояние зубов человека, регулярно употребляющего чайный напиток в значительных количествах. Китайскими специалистами была выполнена оценка содержания фторидов в чайных напитках, полученных при использовании различных видов черного чая [30]. В напитках, полученных при использовании чайных палочек, содержания фтора составили 0,95–1,41 мг/л, при заваривании гранул черного чай – 0,70–2,44 мг/л, пакетиков черного чая – 1,15–6,01 мг/л. Таким образом, наибольшее содержание фтора содержали напитки, полученные при использовании пакетированного чая, предположительно потому, что черный чай в пакетах изготавливался из недорогих и старых чайных листьев. Безусловно, в условиях централизованного фторирования питьевой воды или в пределах гиперфторовых провинций чайный напиток будет являться серьезным дополнительным источником фтора для людей.

Авторами [3] изучено распределение фтора в 10 марках чая, реализуемых в сетевых магазинах Московской области. Установлено, что содержания фторид-иона в растворах, полученных при заваривании чая, изменялись от 0,8 до 4,9 мг/л (среднее 2,7 мг/л), причем концентрации фтора увеличивались в следующем ряду марок чая: Майский «корона» < Tess черный < Лисма зеленый < Curtis < Лисма черный < Принцесса Нури < Майский < Lipton < Ахмад < Greenfield. При заваривании пакетированного чая в водную фазу переходили заметно большие количества фтора, нежели при заваривании крупнолистого чая. На примере чая «Майский» показано, что за первые 5 минут с начала заваривания в водную фазу переходит около 75% от максимально возможного количества фторидов (рис. 1).

Продолжительность (период времени) заваривания обычно увеличивала содержание фтора в чайном напитке [45]. Степень извлечения фтора из чая зависит также от химического состава воды. Так, в работе [39] исследовалось влияние времени инфузии (процесса, при котором активные частицы экстрагируются из растительного вещества после его погружения в кипящую воду) и жесткости воды на экстракцию фтора из чая трех разных марок (Caykur-Kamelya, Rize-Turist, Lipton-Ceylon). Установлено, что если с мягкой

водой (18 мг-экв. $\text{CaCO}_3/\text{л}$) экстракция (в течение 10 мин при 80°C) была завершена более чем на 90%, то с жесткой водой (79 мг-экв. $\text{CaCO}_3/\text{л}$) – только на 75%. Добавление лимона или лимонного сока к экстракту чая не изменило содержание свободного фтора. Исследования 19 марок коммерчески доступного чая китайского производства показали, что в чае в основном содержатся неорганические соединения фтора, обнаружены также незначительные количества перфторированных соединений, содержащих менее шести атомов углерода, и перфтороктановая кислота [54]. Молекулярные механизмы, управляющие накоплением фтора в растениях чая все еще неясны и в настоящее время только начинают интенсивно изучаться [40].

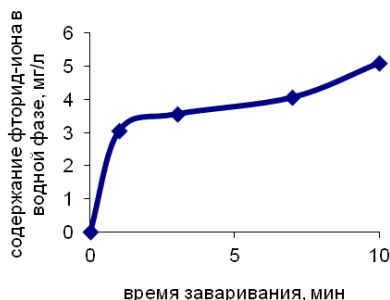


Рис. 1. Зависимость концентрации фторидов в водной фазе от времени при заваривании чая [3]

По данным [45], напиток черного чая (заваривание в течение 5 мин) отличался наиболее высокими концентрациями фтора (от 0,32 до 4,54 мг/л), нежели настойки белого чая (0,37–0,54 мг/л), а самые низкие концентрации (0,02–0,09 мг/л) были установлены для настоев травяного чая. Авторы цитируемой статьи считают, что чрезмерное потребление фтора с черным чаем, особенно в регионах с высоким уровнем его содержания в питьевой воде, увеличивает риск флюороза зубов у детей (особенно в период развития зубов), а длительное воздействие большого количества «чайного» фтора даже может привести к развитию флюороза скелета.

В работе [32] выполнена оценка содержания фтора в цейлонском черном чае, который особенно популярен во всем мире. Исследовался чай из различных регионов Шри-Ланки (25 образцов). Установлено, что уровни фтора в чайном экстракте (использовалась деионизированная вода) изменялись от 0,32 до 1,69 мг/л (среднее 0,86 мг/л), причем в 7 образцах они были выше 1 мг/л, еще в 15 – выше 0,5 мг/л. При получении экстракта с использованием типичной питьевой воды уровни фтора в заварке изменялись от 1,36 до 2,14 мг/л. Жители Шри-Ланки обычно выпивают 4–6 чашек чая в день. На каждую чашку расходуется 2 г чая, т. е. ежедневная доза потребления фтора составляет 0,24–1,36 мг (в среднем 0,69 мг/день). Расчетное безопасное потребление фтора для взрослых оценивается в 1,5–4 мг/день. Известно, что флюороз зубов широко развит (встречается у 80–90% населения) в сухой зоне Шри-Ланки, причем питьевая вода традиционно считается главным фактором его развития. Уровень фтора в питьевых водах Шри-Ланки изменяется от < 0,01 до 8 мг/л, причем наивысшие значения

характерны для регионов сухой зоны. Тем не менее, как считают авторы цитируемой статьи, употребление чая также дает определенный вклад в развитие флюороза зубов. В частности, по некоторым сведениям, в Шри-Ланке 32% детей, потребляющих питьевую воду с уровнем фтора даже менее 1 мг/л, поражены флюорозом зубов, т. е. дети явно получают дополнительную нагрузку фтором с чаем.

В различных коммерческих марках чая, которые продаются в Иране, уровни фтора изменялись от 35 ± 6 мг/кг до 182 ± 20 мг/кг, а в чайном напитке (экстракте, заварке) они варьировались в пределах 0,53–2,60 мг/кг [43]. В чайный напиток переходило от 67,7 (чай «Golestan») до 91% («Ahmad») фтора (табл. 1, 2).

Таблица 1

Общее содержание фтора в разных торговых марках черного чая, мг/кг сухой массы [43]

Марка чая	Кол-во образцов	Среднее	Интервал
Ahmad	5	99	78–118
Dow Ghazal	8	104	95–130
Golestan	6	182	159–193
Jahan	6	49	40–49
Khojasteh	5	143	12–165
Kousar	6	80	73–87
Mahmoud	7	121	108–135
Rounas	4	50	35–62
Sedaghat	7	35	30–38
Sharzad	6	182	165–195

Турецкие специалисты изучили распределение фтора в 26 образцах настоев из черного чая, произведенного в Турции, Шри-Ланке, Индии и Кении, и в 14 образцах травяных и 7 фруктовых настоев, произведенных в Турции [35]. Содержание фтора в настоях черного чая составило от 0,57 до 3,72 мг/л (заваривание в течение 5 минут). Более высокие уровни фтора были обнаружены в черных чаях из Турции по сравнению с чаями из Шри-Ланки. Более высокие уровни фтора были характерны для настоев пакетированного черного чая (по сравнению с гранулированным и палочковидным черным чаем). Настои (также после 5-минутного заваривания) из трав и фруктов характеризовались самыми низкими содержаниями фтора (0,02–0,04 мг/л), причем увеличение времени заваривания до 10 мин. вызывало лишь незначительное увеличение концентраций фтора в некоторых настоях. Авторы пришли к выводу, что регулярное употребление в больших количествах чайных настоев черного чая (особенно пакетированного чая) может привести к поступлению значительных количеств фтора в организм человека и спровоцировать развитие флюороза зубов. Они также отметили, что на чайных продуктах должна содержаться информация о наличии в них фтора.

По данным [16], концентрации фтора в 5-минутных настоях чая изменялись от 0,330 до 0,722 мг/л (табл. 3), причем через 48 часов настаивания его содержание увеличивалось более чем на 118%. Наименьшее количество фтора экстрагировалось из крупнолисткового чая, несколько больше – из пакетированного, наибольшее – из гранулированного.

Таблица 2

Концентрация и извлекаемость фтора в чайный напиток [43]

Марка чая	Извлекаемость фтора при заваривании чая, %		Концентрация фтора в чайном напитке, мг/л
	Среднее	Интервал	
Ahamad	91,0	85–93	1,80
Dow Ghazal	79,6	73–84,5	1,65
Golestan	67,7	60–76	2,40
Jahan	84,7	73–93	0,82
Khojasteh	77,0	69–86	2,22
Kousar	85,0	76–95	1,36
Mahmoud	87,0	81–92	2,10
Rounas	80,6	75–87	0,80
Sedaghat	75,5	72,5–80	0,53
Sharzad	74,0	65–81	2,60

Таблица 3

Фтор в 5-минутных настоях крупнолистового чая высшего сорта, заваренного классическим способом [16]

Наименование чая	Фтор, мг/л	Количество фтора (мг) в стакане чая (200 мл) с учетом содержания фтора в питьевой воде
Tanvien зеленый с жасмином	0,330±0,016	0,106
Mister Tim	0,354±0,017	0,111
Майский	0,466±0,016	0,133
Липтон	0,506±0,027	0,141
Dilmax	0,668±0,028	0,174
Золотая чаша высокогорный	0,722±0,023	0,184
Ахмад	0,722±0,044	0,184

Исследование распределения фтора в пакетированном чае, в растворимом порошке чая и в чайных напитках, произведенных в Китае, Японии, Тайване и США, показало следующее [28]. Уровни фтора в черном, зеленом, чае улун и в пакетированном чае варьировались от 41,5 до 212,4 мг/кг. Для растворимых порошков чая диапазон концентраций фтора был шире – от 25,9 до 631,3 мг/кг (максимум наблюдался в черном чае из Тайваня). Чайные напитки в бутылках и банках содержали фтор в диапазоне от 0,20 до 1,80 мг/л (максимальные уровни – в чайном напитке улун) (табл. 4). Упаковочная бумага (для пакетированного чая) и добавление молока не влияли на концентрацию фтора в настоях. Авторы пришли к выводу, что при употреблении некоторых чайных продуктов вполне возможны хронические токсичные воздействия фтора, поэтому необходимо соответствующее регулирование в них содержания этого химического элемента.

Ирландия является страной, в которой национальное законодательство требует обязательного фторирования питьевой воды, и одновременно отличается самым высоким уровнем потребления черного чая на душу населения в мире [51]. Авторы цитируемой работы исследовали содержание фтора

в 54 марках коммерчески доступного черного чая. В целом для всей выборки содержание этого элемента в чайных экстрактах на водопроводной воде (после 5-минутного заваривания) превышало 1,5 мг/л и варьировалось от 1,6 до 6,1 мг/л (среднее 3,3 мг/л), в 96% образцов концентрации фтора превышали 2 мг/л, в 59% – 3 мг/л, в 24% – 4 мг/л и в 7% – 5 мг/л. При готовке чая с использованием деионизированной воды 96% чайных продуктов имели концентрации фтора, которые превышали 1,5 мг/л, в 22% продуктов содержания фтора превышали 3 мг/л. Сделан вывод, что население страны подвержено высокому риску хронического воздействия фтора и связанных с ним неблагоприятных последствий для здоровья. Культура привычного чаепития в Ирландии, по мнению авторов, указывает на то, что общее потребление фтора в общей популяции населения может легко превысить уровни, которые способны вызывать хроническую интоксикацию фтором. Необходимы соответствующие меры, направленные на снижение фторовой нагрузки на человека.

Таблица 4

Содержание фтора в бутылочных и консервированных чайных напитках [28]

Чайный напиток	Контейнер	Средняя концентрация, мг/л
Черный чай	Бутылка из ПВХ	0,69
	Бутылка из ПВХ	0,85
	Алюминиевая банка	1,29
Зеленый чай	Бутылка из ПВХ	0,28
	Алюминиевая банка	0,67
	Бумажный пакет	0,67
	Алюминиевая банка	0,20
Цветочный чай	Бутылка из ПВХ	1,05
	Бутылка из ПВХ	0,19
	Алюминиевая банка	0,56
Чай улун	Бутылка из ПВХ	1,80
	Бутылка из ПВХ	1,25
	Бутылка из ПВХ	1,77

Другим продуктом, способным в случае нерегулируемого его приема вызвать развитие флюороза, являются некоторые виды минеральных вод и других напитков. Так, выраженный флюороз наблюдался у людей, длительное время (5–10 лет) употреблявших минеральную воду «Виши», причем концентрация фтора в их костях возросла до 4,8–7 мг/г, в моче составила 3,1–74 мг/л, в крови – 0,12 мг/л. В общем случае содержания фтора в минеральных водах в зависимости от источника и типа воды меняются от десятых долей миллиграмма до десятков миллиграммов на литр. Например, на Курильских островах в воде источника Восточный содержания фтора достигают 52 мг/л [10]. Среди минеральных вод, наиболее известных в России, максимальные концентрации фтора характерны для «Боржоми» и (в меньшей степени) для «Полюстрово»; высокими уровнями фтора отличается также вода «Цілюща» (табл. 5, 6). Флюороз зубов описан у детей, проживающих в пос. Борисово Крапивинского района Кемеровской области, где питьевые воды отличаются относительно невысокими концентрациями фтора (0,2–0,4 мг/л) [15]. Было установлено, что причиной возникновения флюороза у школьников пос. Борисово является, судя по всему, чрезмерное

употребление минеральной воды «Борисовская», источник которой расположен в указанном поселке. Так, концентрации фтора в лечебно-столовой воде «Борисовская», упакованной в пластиковые бутылки, из торговой сети г. Кемерово и из источника, расположенного на территории санатория «Борисово», изменялись от 7 до 7,4 мг/л. На этикетках информация о наличии фтора в воде отсутствовала. Распространенность флюороза зубов среди школьников пос. Борисово составила: в возрастной группе 7–10 лет – 56,6 случаев на 100 обследованных; в возрастной группе 11–14 лет – 56,1; в возрастной группе 15–18 лет – 44,4 случая на 100 обследованных.

Таблица 5

Фтор в некоторых товарных видах минеральных вод, мкг/100 г продукта [10]

Боржоми	Славянская	Нарзан	Ессентуки-4	Арзни	Полюстрово
800	120	40	50	22	150

Таблица 6

Фтор в негазированных столовых бутилированных водах, Украина, мг/л [17]

София Киевская	Трускавецкая Аква Экю	Моршинская	Цілюща	ВОНАСА	Купальник	Тонус Кислород	Прозора
0,56	0,1	0,19	1,12	0,67	0,34	0,16	0,09

П. Боттенберг [27] считает, что флюороз может возникать при употреблении минеральных вод с повышенным уровнем фтора, присутствие которого некорректно указывается на этикетках или вообще не указывается. Он исследовал 32 марки минеральных вод и напитков (негазированных и газированных), изготовленных в Германии, Франции, Бельгии, Люксембурге и продающихся в Бельгии. Лишь на 5 упаковках (бутылках) с водой было указано содержание фтора – от 0,4 до 2,1 мг/л; на остальных – информация отсутствовала. Исследования показали, что уровни фтора в водах изменялись от 0,027 до 7,23 мг/л, причем в 8 марках напитков они были выше 0,5 мг/л, в 4 марках – выше 1 мг/л, в 9 марках – ниже 0,1 мг/л. Максимальные уровни установлены в воде «Виши»; в «Кока-коле» уровни фтора составляли 0,29–0,36 мг/л, в «Ice Tea» – 0,72 мг/л, в «Фанте» – 0,22 мг/л. Характерно, что на подавляющей части упаковок не было указано значение pH, хотя, как показали исследования, некоторые газированные воды различались значениями этого показателя в 2,4–3,5. Автор цитируемой работы приходит к выводу, что уровни фтора в минеральных водах выше 1 мг/л увеличивают риск флюороза, особенно в случаях некорректного сообщения о химическом составе воды на упаковочных этикетках. Согласно требованиям международных стандартов, в тех случаях, когда концентрация фтора в минераль-

ной воде превышает 1 мг/л, на этикетках бутилированной воды должно быть указано, что вода содержит фтор; если концентрация фтора в воде превышает 2 мг/л, то указывается ограничение для употребления детям [7].

Район Фенглианг, расположенный в восточной части китайской провинции Гуандун, где распространены горячие источники, идентифицирован как эндемичный по флюорозу зубов [53]. Уровни фтора в питьевых водах, используемых в данном районе, не превышают 0,4 мг/л, т. е. водный фтор априори не может быть причиной возникновения флюороза. Для выяснения причин его развития были изучены горячие источники и пища, приготовленная на основе их воды. Установлено, что воды горячих источников, локализованных в речном берегу, характеризуются концентрациями фтора в 20,33 и 19,26 мг/л с температурой воды в 98 и 95°C соответственно. Контрольная (фоновая) деревня располагалась на удалении в 3 км от горячих источников. Оказалось, что жители «флюорозных деревень» обычно погружают растительность и бобы в воду из горячих источников, затем они жарят эту пищу или высушивают растения, экономя топливо посредством использования горячей воды для обработки пищи. Таким образом, в данном случае причиной флюороза является растительная пища, обработанная фторсодержащей водой горячих источников (табл. 7, 8). Жители контрольной деревни подобный способ обработки растительной пищи не применяют. Уровни содержания фтора в питьевых водах и других видах растительности, не обрабатываемых водой горячих источников, во всех обследованных деревнях существенно не различались (табл. 9).

Таблица 7

Флюороз зубов и уровни фтора в моче детей 8–15 лет [53]

Место	Расстояние между местом и горячим источником, м	Флюороз зубов			Фтор в моче	
		Кол-во детей	%	Индекс поражения	Кол-во проб	Среднее, мг/л
1	50	499	54,11	1,35	32	2,98
2	500	67	49,25	1,19	35	2,17
3	600	198	45,45	0,90	30	2,03
4	800	73	41,10	1,00	32	1,31
Контроль	3000	283	0,01	0,02	58	0,67

Таблица 8

Фтор в растительности, погруженной в воду горячих источников и обычную воду, мг/кг [53]

Растение	Вода горячих источников, фтор – 20,33 мг/л (Г)	Колодезная вода, фтор = 0,12 мг/кг (К)	Г / К
<i>Latua Sativa Var. angustana</i>	147	2,53	58,1
<i>Brassica Chinensis L.</i>	115	8,17	14,1
<i>Brassica Juncea Var. rugisa</i>	151	9,53	15,8
<i>Bailey</i>			

Фтор в воде (мг/л) и растительности (мг/кг сухой массы) в разных селениях [53]

Деревня	Колодезная вода	Вода из домашнего контейнера	<i>Latuca Sativa</i> <i>Var. angustana</i>	<i>Brassica</i> <i>Chinensis</i> L.	Чай	Рис
1	0,23	0,11	3,79	10,1	127	0,59
2	0,20	0,013	2,09	9,58	135	0,50
3	0,19	0,17	2,14	10,9	156	0,54
4	0,11	0,12	2,32	6,40	163	0,52
Контроль	0,07	0,07	2,58	9,90	141	0,51

В некоторых странах особая форма флюороза скелета – так называемый «винный флюороз» – возникает при употреблении вина домашнего приготовления, в которое в качестве консерванта добавляют соединения фтора. Для этой формы флюороза характерны симметричное поражение костей и сочетание выраженных участков остеосклероза, остеопороза и остеомаляции. Впервые винный флюороз («la fluorosis vínica») был обнаружен в Барселоне (Испания) исключительно после многолетнего потребления людьми вина, к которому добавляли фторид натрия для предупреждения ненормальной ферментации (Soriano, 1952, Soriano et al., 1965, цит. по [1, 19]). По данным [38], средняя концентрация фтора в различных винах (было исследовано 50 марок) Канарских островов составляла 0,15 мг/л (интервал 0,06–0,50 мг/л) (табл. 10). Наибольшая концентрация обнаружена в белом вине «Tasoronte-Acentejo» – 0,5 мг/л. Во всех винах уровни фтора были ниже допустимого предела в 1 мг/л, установленного Международной службой по виноградарству и вину. Только два вида вина имели уровни фтора выше 0,3 мг/л, 14 – от 0,20 до 0,29 мг/л, 70 – от 0,10 до 0,19 мг/л, 14 – ≤ 0,09 мг/л. По литературным данным, уровни фтора в различных винах изменяются от 0,13 до 1,39 мг/л (большая часть – в пределах 0,13–0,31 мг/л). Авторы считают, что вклад канарских вин во фторовую диету относительно невелик и не представляет риска с точки зрения возникновения флюороза. Различают два источника поступления фтора в вино: 1) использование чанов из цемента, 2) прямые добавки фторсодержащих компонентов (таких как антисептики или антибиодетители, препятствующие брожению). Известно также, что в США используется криолит как инсектицид для борьбы с некоторыми заболеваниями виноградарств, что определяет высокие концентрации (до 3 мг/л) фтора в винах. Оптимальное потребление вина (с точки зрения фторовой нагрузки), согласно имеющимся рекомендациям, составляет для мужчины два бокала (300 мл вина) в день, для женщин один бокал (150 мл) в день. По данным [18], концентрации фтора составляли: вино белое столовое – 2,02 мг/л, вино красное столовое – 1,046 мг/л, пиво – 0,0442 мг/л.

Средняя концентрация фтора во фруктовых соках в Турции оценивалась в 0,23 мг/л (диапазон 0,05–0,50 мг/л) [50]. Л.Н. Крепкогорский [14] приводит данные о высоком содержании фтора в пищевых продуктах некоторых районов Вьетнама, что, по его мнению, и является причиной флюороза зубов в этих местах. Некоторые виды рыб (особенно морских) отличаются относительно повышенными концентрациями фтора [20]. Например, в скумбрии атлантической его уровни составляют порядка 14 мг/кг. По данным, обобщенных в [8], несколько повышенные (по сравнению с другими

пищевыми и кормовыми растениями) концентрации фтора характерны для листьев пшпнната (1,3–28,3 мг/кг сухой массы), листьев салата-латука (4,4–11,3 мг/кг сухой массы), корнеплодов свеклы красной (4–7 мг/кг сухой массы), минимальные его уровни наблюдались в плодах персика (0,21 мг/кг сухой массы).

Таблица 10

Фтор в винах с Канарских Островов, мг/л [38]

Тип вина	Кол-во образцов	Среднее	Максимум	Минимум	±σ
Красное	24	0,15	0,28	0,06	0,054
Белое	17	0,16	0,50	0,09	0,091
Розовое	9	0,13	0,18	0,08	0,035
Общее	50	0,15	0,50	0,06	0,068

Таким образом, в районах с централизованным фторированием питьевой воды или на территориях развития гиперфторовых биогеохимических провинций существуют дополнительные источники поступления фтора в организм людей (прежде всего, чай, некоторые виды столовых и минеральных вод и др.), что может увеличить вероятность возникновения и развития флюороза зубов и даже скелета у населения. Даже в нормальных по фтору районах чрезмерное употребление чая (особенно черного) и некоторых марок столовых вин, как и обработка растительных продуктов с применением горячих минеральных вод, также существенно увеличивает фторовую нагрузку на организм человека. Эти факты должны учитываться при разработке и осуществлении мероприятий по снижению негативного воздействия фтора на здоровье людей. Особое значение они имеют для профилактических мероприятий на производствах, априори опасных с точки зрения возможности развития у рабочих профессионального флюороза. Необходимы исследования распределения фтора в различных напитках, товарный ассортимент которых постоянно расширяется, а также меры по разработке стандартов содержания фтора в коммерческих продуктах чая и напитков на его основе.

Литература

1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А.* Патология флюороза. – Новосибирск: Наука, 1981. – 335 с.
2. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементы человека: этиология, классификация, органопатология. – М: Медицина, 1991. – 496 с.
3. *Байкова О.П., Константинова Д.П., Петренко Д.Б.* Изучение содержания фтора в чае методом прямой потенциометрии в связи с профилактикой кариеса и флюороза // Актуальные проблемы биологической и химической экологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – М.: Московский государственный областной университет, 2019, с. 251–254.

4. *Виноградов А.П.* Биогеохимические провинции // Тр. юбил. сессии, посв. столетию со дня рождения В.В. Докучаева. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 59–81.
5. *Габович Р.Д.* Фтор и его гигиеническое значение. – М.: Медицина, 1957.– 360 с.
6. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Вып. 36. Фтор и фториды: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1989. – 114 с.
7. *Зуев Е.Т., Фомин Г.С.* Питательная и минеральная вода: требования мировых и европейских стандартов качества и безопасности. – М., 2003. – 203 с.
8. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
9. *Кашина А.И., Янин Е.П.* Природно-техногенная гиперфторовая биогеохимическая провинция в центральных районах Мордовии (формирование, геохимические особенности, экологические последствия) // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (Труды Биогеохимической лаборатории, т. 24). – М.: Наука, 2003, с. 157–173.
10. *Киселев В.Б., Демкина А.А. и др.* Фтор в питьевых минеральных водах и контроль за ним // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры, 1978, № 3, с. 75–79.
11. *Книжников В.А.* Кальций и фтор (радиационно-гигиенические аспекты). – М.: Атомиздат, 1975. – 199 с.
12. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
13. *Колесник Н.Н., Неверова А.А., Зорина В.З.* Изучение содержания фтора в чае // Гигиена и санитария, 1977, № 6, с. 100–101.
14. *Крелкогорский А.Н.* Содержание фтора в некоторых продуктах традиционного питания населения в районах Демократической Республики Вьетнам, свободных от эндемии флюороза // Тр. Казанского ин-та усовершенствования врачей, 1969, т. 24, с. 99–111.
15. *Курпина И.В., Лошакова А.Ю., Киселев Г.Ф. и др.* Флюороз зубов в зоне эндемического гипофтороза // http://www.rae.ru/fs/raefs/2006/08/2006_08_09.pdf.
16. *Лошакова А.Ю.* Чай. как источник фтора в период беременности в регионе с низкой концентрацией фтора в питьевой воде // Медицина в Кузбассе, 2011, т. 10, № 2, с. 45–48.
17. *Петров П.* Зубная вода // <http://www.consumerino.org.ua>.
18. Содержание фтора в алкогольных напитках // <https://fitaudit.ru/categories/alc/fluoride>.
19. *Франке Ю., Рунге Г.* Остеопороз: Пер. с нем. – М.: Медицина, 1995. – 304 с.
20. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
21. *Шварцев С.А.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
22. *Янин Е.П.* Фтор в питьевых водах города Саранска и его гигиеническое значение. – М.: ИМГРЭ, 1996. – 58 с.
23. *Янин Е.П.* Фтор в окружающей среде (распространенность, поведение, техногенное загрязнение) // Экологическая экспертиза, 2007, № 4, с. 2–98.
24. *Янин Е.П.* Биогеохимическая роль и эколого-гигиеническое значение фтора // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2009, № 4, с. 20–108.
25. *Янин Е.П.* Фтор в питьевых водах и его влияние на интеллектуальное развитие детей // Экологическая экспертиза, 2010, № 3, с. 57–65.

26. Янин Е.П. Особенности химического состава и эколого-гигиеническая роль питьевых вод в условиях природно-техногенной гиперфторовой биогеохимической провинции // Экологическая экспертиза, 2012, № 2, с. 64–91.

27. Bottenberg P. Fluoride content of mineral waters on the Belgian market and sase report of fluorosis induced by mineral water use // Eur. J. Pediatr., 2004, v. 163, p. 626–627.

28. Cao J., Liu J., Zhao Y. *et al.* Fluoride in newer tea commodities // Fluoride, 2004, v. 37, № 4, p. 296–300.

29. Cao J., Luo S.F., Liu J.W., Li Y. Safety evaluation on fluoride content in black tea // Food Chemistry, 2004, v. 88, p. 233–236.

30. Cao J., Zhao Y., Li Y. *et al.* Fluoride levels in various black tea commodities: measurement and safety evaluation // Food Chem. Toxicol., 2006, v. 44, № 7, p. 1131–1137.

31. Cao J., Zhao Y., Liu J. *et al.* // Yingyong shengtai xuebao=Chim. J. Appl. Ecol., 2000, 11, № 5, p. 777–779.

32. Chandrajith R., Abeypala U., Dissanayake C.B., Tobschall H.J. Fluoride in Ceylon tea and implications to dental health // Environ. Geochem. and Health, 2007, v. 29, p. 429–434.

33. Dhar V., Bhatnagar M. Physiology and toxicity of fluoride // Indian J. Dent. Res., 2009, v. 20, p. 350–355.

34. Ding R., Huang X. // Тужань стоебао = Acta Pedol. Sip., 1991, 28, № 3, p. 229–236.

35. Emekli-Alturfan E., Yarat A. Akyuz S. Fluoride levels in various black tea, herbal and fruit infusions consumed in Turkey // Food Chem. Toxicol., 2009, v. 47, № 7, p.1495–1498.

36. Fung K.F., Zhang Z.Q., Wong J.W.C., Wong M.H. Fluoride contents in tea and soil from tea plantations and the release of fluoride into tea liquor during infusion // Environ. Pollut., 1999, v. 104, p. 197–205.

37. Fung K.F., Zhang Z.Q., Wong J.C., Wong M.H. Aluminium and fluoride concentrations of three tea varieties growing at Lantau Island, Hjng Kong // Environ. Geochem. and Health, 2003, 25, № 2, p. 219–232.

38. Gómez M.I.R., La Torre de A.H., Ojeda A.B. *et al.* Fluoride levels in wines of the Canary Islands (Spain) // Eur. Food Res. Technol., 2003, v. 216, p. 145–149.

39. Kälayi S., Somer G. Factors affecting the extraction of fluoride from tea: Application to three tea samples // Fluoride, 2003, v. 36, № 4, p. 267–270.

40. Liu Y., Cao D., Ma L. *et al.* TMT-based quantitative proteomics analysis reveals the response of tea plant (*Camellia sinensis*) to fluoride // J. of Proteomics, 2018, v. 176, p. 71– 81.

41. Lockwood H.C. Fluorine in food products // Analyst, 1937, v. 62, p. 775–783.

42. Lung S.C., Hisao P., Chiang K.M. Fluoride concentrations in three types of commercially packed tea drinks in Taiwan // J. of Exposure Analysis and Environ. Epidemiology, 2003, v. 13, p. 66–73.

43. Mahvi A.H., Zazoli M.A., Younecian M., Esfandiari Y. Fluoride content of iranian black tea and tea liquor // Fluoride, 2006, 39, № 4, p. 266–268.

44. Malde M.K., Greiner-Simonsen R., Julshamn K., Bjorvath K. Tealeaves may release or absorb fluoride, depending on the fluoride content of water // Sci. Total Environ., 2006, v. 366, p. 915–917.

45. Malinowska E., Inkielenicz L., Czamowski W., Szefer P. Assessment of fluoride concentration and daily intake by human from tea and herbal infusions // Food Chem. Toxicol., 2008, v. 46, № 3, p. 1055–1061.

46. Rao G.S. Dietary Intake and Bioavailability of Fluoride // Annu. Rev. Nutr., 1984, v. 4, p. 115–136.
47. Reid E. The fluorine content of some Chinese food materials // Chin. J. Physiol., 1936, v. 10, p. 259–272.
48. Ruan J., Wong M.H. Accumulation of fluoride and aluminium related to different varieties of tea plant // Environ. Geochem. and Health, 2001. v. 23. p. 53–63.
49. Shu W.S., Zhang Z.Q., Lan C.Y., Wong M.H. Fluoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province. PR China // Chemosphere, 2003, v. 52, p. 1475–1482.
50. Tokaloğlu S., Kartal S., Sahin U. Determination of fluoride in various samples and some infusions using a fluoride selective electrode // Turk. J. Chem., 2004, v. 28, № 2, p. 203–211.
51. Waugb D.T., Potter W., Limeback H., Godfrey M. Risk Assessment of Fluoride Intake from Tea in the Republic of Ireland and its Implications for Public Health and Water Fluoridation // Int. J. Environ. Res. Public Health, 2016, v. 13, 259; doi:10.3390/ijerph13030259.
52. Weinstein L.H., Davison A.W. Fluorides in the Environment: Effect on Plants and Animals. – Wallingford: CABI Publishing, 2004. – 287 p.
53. Xu R.H., Yuan H.H., Fan A. Endemic fluorosis in China from ingestion of food immersed in hot spring water // Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1995, v. 54, p. 337–341.
54. Zhang R., Hong H., Qingyu Q. et al. Composition, distribution and risk of total fluorine, extractable organofluorine and perfluorinated compounds in Chinese teas // Food Chemistry. 2017, v. 219, p. 496–502.