

**Т. В. ПОПРУЖЕНКО**

**ФТОРИДЫ В КОММУНАЛЬНЫХ  
ПРОГРАММАХ ПРОФИЛАКТИКИ  
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Минск БГМУ 2018

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
1-я КАФЕДРА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

**Т. В. ПОПРУЖЕНКО**

**ФТОРИДЫ В КОММУНАЛЬНЫХ  
ПРОГРАММАХ ПРОФИЛАКТИКИ  
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2018

УДК 616.314-002-039.71(075.8)

ББК 56.6я73

П57

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 18.04.2018 г., протокол № 8

Р е ц е н з е н т ы: канд. мед. наук, доц. каф. ортопедической стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии Белорусской медицинской академии последипломного образования В. А. Андреева; каф. стоматологии детского возраста Белорусского государственного медицинского университета

**Попруженко, Т. В.**

П57 Фториды в коммунальных программах профилактики стоматологических заболеваний : учебно-методическое пособие / Т. В. Попруженко. – Минск : БГМУ, 2018. – 36 с.

ISBN 978-985-21-0049-6.

Описаны история, теоретические основы, методы и этапы организации, опыт реализации и современное состояние технологии системной фторпрофилактики кариеса зубов на коммунальном уровне в мире и в Республике Беларусь.

Предназначено для подготовки студентов стоматологического факультета и медицинского факультета иностранных учащихся при изучении учебной дисциплины «Коммунальная стоматология».

УДК 616.314-002-039.71(075.8)

ББК 56.6я73

---

Учебное издание

**Попруженко Татьяна Вадимовна**

**ФТОРИДЫ В КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ ПРОФИЛАКТИКИ  
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Л. А. Казеко  
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 13.06.18. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Хероx office».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,12. Тираж 50 экз. Заказ 408.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

**ISBN 978-985-21-0049-6**

© Попруженко Т. В., 2018

© УО «Белорусский государственный  
медицинский университет», 2018

Применение фторидов для коммунальной профилактики кариеса зубов признано одной из самых эффективных медицинских инноваций XX века, стоящей в одном ряду с внедрением антибиотиков и вакцинации для контроля инфекционных заболеваний, и сохраняет статус базовой стратегии превентивной стоматологии в современных документах Международной стоматологической федерации (FDI) и Всемирной организации здравоохранения (WHO), активно пропагандируется Международной ассоциацией стоматологических исследований (IADR), Всемирной федерацией стоматологов (FDI), Европейской академией стоматологии детского возраста (EAPD), Панамериканской организацией здравоохранения (ПАНО) и др. (см. рис.). Представление о биологических дозо-зависимых эффектах фторида (в т. ч. об участии фторида в патогенезе кариеса зубов, системном и дентальном флюорозе), знание особенностей использования различных носителей добавок фторида для системной фторпрофилактики кариеса (СФК), усвоение правил организации безопасных и эффективных коммунальных программ СФК с применением фторированной коммунальной воды (ФВ), йодированно-фторированной соли (ЙФС) и фторированного молока (ФМ) — неотъемлемые составляющие профессиональной грамотности современного стоматолога.

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФТОРИДА**

Фторид неизбежно присутствует в тканях человека как «следовой» элемент<sup>1</sup>. Уровень современных знаний не дает оснований относить фторид к эссенциальным микроэлементам (и, соответственно, определить нормальный уровень потребления фторида и его дефицит), но позволяет оценить его дозо-зависимые биологические эффекты в диапазоне от полезных до негативных.

Относительно небольшие количества фторида положительно влияют на формирование и сохранение структуры минерализованных тканей зубов, полезны для роста и здоровья костей (стимулируют пролиферацию остеобластов, формирование матрицы и минерализацию ткани; ингибируют остеокластическую резорбцию кости при ее ремоделировании), а также, по некоторым данным, повышают уровни иммунитета и фертильности.

---

<sup>1</sup> По расчетам в организме взрослого человека находится 2,6 г фторида.

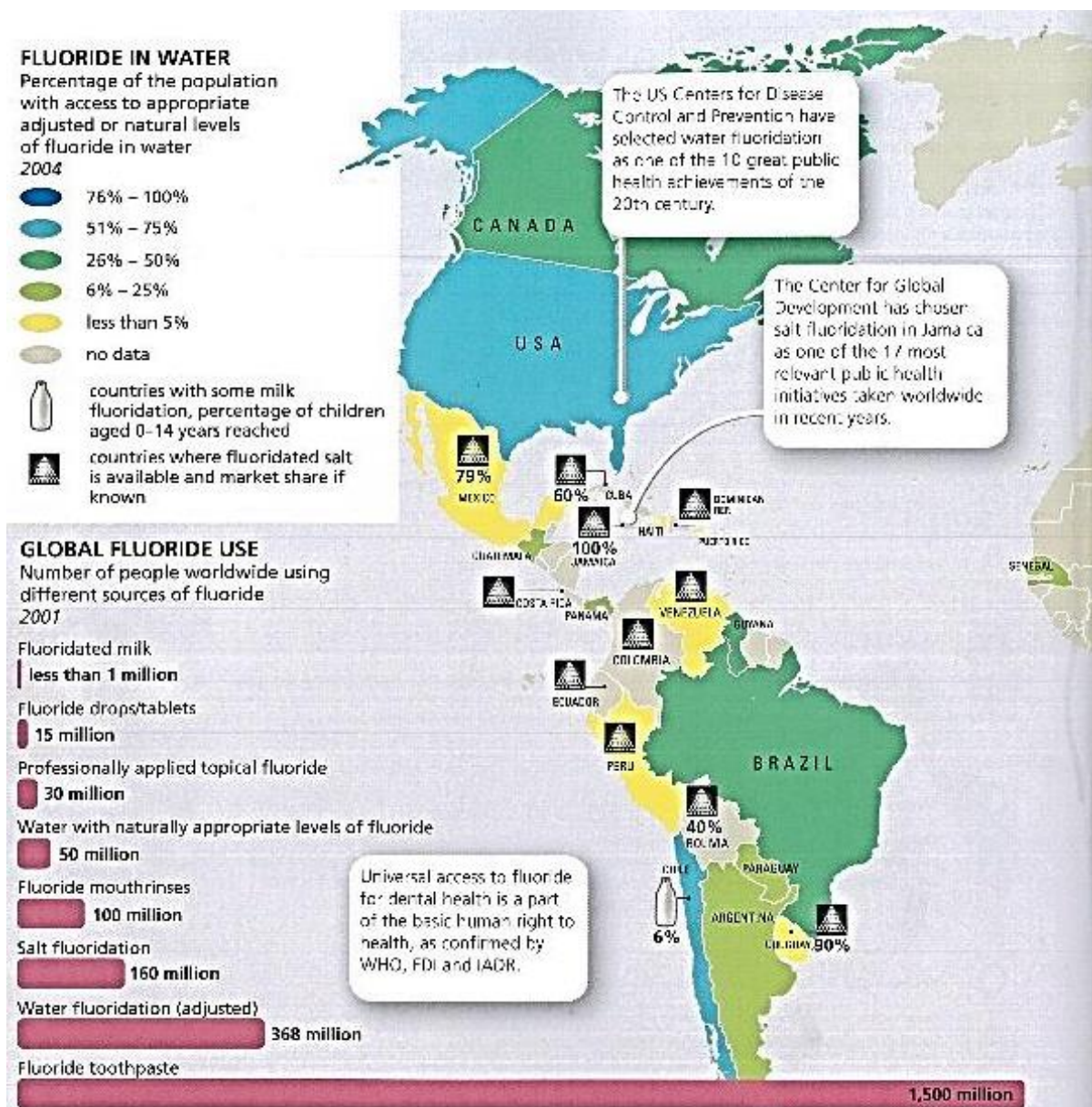
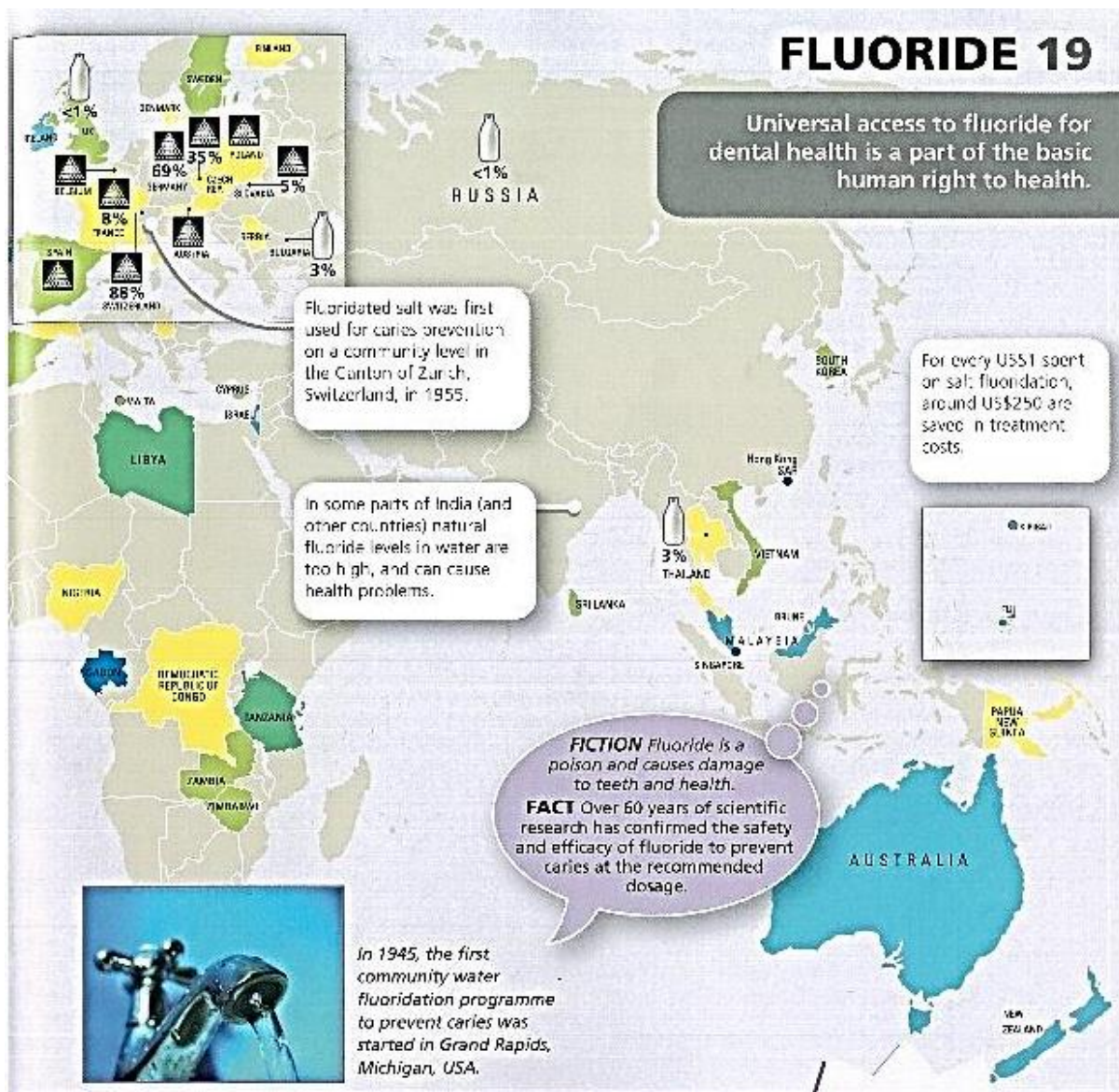


Рис. Карта коммунальных программ с применением фторированных воды, соли и молока с комментариями экспертов FDI («The Oral Health Atlas». Geneva: FDI World Dental Federation, 2015)



При постоянном поступлении в организм человека значительных доз фтора проявляется его хроническая токсичность: вследствие подавления активности протеазы, необходимой для формирования плотной кристаллической структуры твердых тканей зуба на завершающем этапе преруптивной минерализации, формируется патология дентального флюороза; энзимопатические эффекты значительных доз фтора обуславливают снижение гормональной активности, а в совокупности с вмешательством в процессы минерализации приводят к комплексу изменений, известных как системный флюороз (рахит; нарастающее ограничение подвижности вследствие оссификации суставного аппарата и др.). Энтеральное поступление высокой дозы фторидов вызывает явления острой токсичности в диапазоне от обратимого гастроэнтерита (следствие образования боль-

шого количества плавиковой кислоты HF в кислой среде желудка) до угнетения сердечной деятельности (результат прямого угнетения клеточного метаболизма) и летального исхода.

Многообразие потенциальных биоэффектов фторида — причина разделения общества на про- и антифлюоридаторов, с чем неизбежно сталкивается каждый стоматолог. Опорами для врача, формирующего ятрогенную фторнагрузку населения и разъясняющего ему базовые принципы безопасности СФК, должны служить:

а) общебиологический закон зависимости эффектов действующего на организм агента от его количества;

б) научно обоснованные регламенты полезной и опасной фторнагрузки:

– полезный уровень составляет  $0,02 \div 0,07$  мг F/кг·сут;

– хроническая токсическая нагрузка соответствует  $0,2$  мг F/кг·сут;

– острая токсичность фторида вероятна при поступлении более  $2$  мг F/кг.

## КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОЙ ФТОРПРОФИЛАКТИКИ КАРИЕСА

В основе концепции СФК лежит идея о существовании уровня фторнагрузки, обеспечивающего сочетание минимальных показателей кариеса зубов и дентального флюороза. Такой оптимальный стоматологический статус была описан в 1930–40-х гг. Н. Dean у подростков, постоянно проживавших в коммунах США с умеренным климатом, где для питья и приготовления пищи использовали коммунальную воду с  $[F] = 1,3–1,6$  ppm; после строгой математической обработки за допустимый/приемлемый был принят уровень  $[F] = 1,0$  ppm. В 1943 г. F. G. McClure, используя сведения об уровне  $[F]$  во всех его естественных источниках (в воздухе, воде, пище, почве) и о количестве их потребления жителями в коммунах с водой, содержащей  $[F] = 1,0$  ppm, рассчитал, что удельный уровень их фторнагрузки составляет  $0,05 \div 0,07$  мг F/кг·сут. В 1944 г. этот диапазон был назван оптимальным и до сих пор признается таковым в большинстве стран. В настоящее время в Европе популярны «консервативные» рекомендации T. Marthaler, в соответствии с которыми оптимальной фторнагрузкой считают  $0,02–0,04$  мг F/кг·сут ( $1,45 \div 2,9$  мг F/сут для взрослого мужчины с массой тела 65 кг).

Основной технической задачей программ СФК является обеспечение оптимального уровня фторнагрузки для населения, не имеющего ее в естественных условиях, при помощи поглощаемых (системных)<sup>2</sup> добавок фторида. В идеальном случае добавки фторида должны поступать в организм

---

<sup>2</sup> В прежние годы такие добавки называли «эндогенными», отличая их от местных («экзогенных») фторсодержащих профилактических средств.

ежедневно (лучше, если суточная доза дробится на части) и постоянно — как коммунальная вода в историческом образце.

Для решения этой задачи в индивидуальных, групповых и популяционных программах СФК в разные времена более или широко использовали пищевые носители добавок фторида (воду, соль, молоко) или лекарственные формы фторида натрия (таблетки, капли<sup>3</sup>), рассчитывая дозу/концентрацию фторида в добавках соответственно уровню его «дефицита». Зная особенности применения каждого из носителей добавок фторида и потребности/возможности населения, разработчики программы делают свой выбор. Во избежание риска превышения оптимального уровня фторнагрузки каждая программа СФК опирается на использование только одного источника системных добавок фторида и предостерегает от нерационального применения/потребления других пищевых и ятрогенных источников фторида; обязательными компонентами программ СФК являются мониторинг фторнагрузки населения и, при необходимости, мероприятия по ее коррекции.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ СИСТЕМНОЙ ФТОРПРОФИЛАКТИКИ КАРИЕСА ЗУБОВ**

Понимание механизмов противокариозных эффектов СФК необходимо для рационального планирования и уверенной реализации профилактических программ, в частности, для обоснования целесообразности поглощения добавок фторида в условиях широкой доступности фторсодержащих средств для местного применения и нарастающей экологической настороженности населения, а также для оптимального выбора «целевых» групп населения и, соответственно, конкретного носителя добавок фторида.

Концепция о механизмах эмпирической по происхождению СФК все еще не приобрела окончательный вид, поэтому не только в СМИ, но и в медицинской среде сосуществуют разноречивые суждения.

В начале истории метода СФК противокариозные эффекты системных фторидов а priori (по аналогии с патогенезом дентального флюороза) представляли презерuptивными и успешно находили этому доказательства; к 1980-м годам накопились факты, сменившие парадигму СФК на постэруптивную. В настоящее время большинство специалистов поддерживает концепцию о сочетании пре- и постэруптивных механизмов, обеспечивающих пользу коммунальной СФК как для детей, так и для взрослых.

**Презерuptивные** механизмы СФК связывают с присутствием оптимального количества фторида в тканевой жидкости в период внутрикостной минерализации эмали зачатка зуба. Полагают, что включение F<sup>-</sup> вме-

---

<sup>3</sup> В настоящее время таблетки и капли фторида натрия рекомендованы только для индивидуальных программ.



сто  $\text{OH}^-$  в структуру биоапатита делает его кристаллическую решетку более стабильной: при прочих равных условиях критический для гидроапатита эмали уровень  $\text{pH} = 5,5$ , тогда как для фторапатита  $\text{pH} = 4,5$ ; в клинических условиях такие изменения приводят к снижению частоты инициации кариеса.

**Постэруптивные** эффекты СФК реализуются как первичные местные и вторичные местные, т. е. являются следствием пребывания фторидов в околозубной среде. Первичные местные эффекты реализуются до проглатывания носителя добавок фторида (и зависят как от уровня  $[\text{F}]$  в профилактическом продукте, так и от способа его потребления). Вторичные местные эффекты реализуются, когда проглоченный с продуктом и сорбированный в желудочно-кишечном тракте фторид экскретируется в полость рта со слюной: у участников программ СФК слюна покоя имеет более высокие (децимолярные) значения  $[\text{F}]$ , коррелирующие с величиной добавки фторида; после проглатывания добавки фторида повышенные значения  $[\text{F}]$  регистрируются, начиная с 15–20-й мин и сохраняются в течение часа. Пользу от обогащения околозубной среды фторидами связывают с повышением вероятности ее насыщения по фториду как компоненту апатита, что снижает риск растворения фторапатита эмали и повышает шансы на репреципитацию содержащихся в околозубной среде элементов гидроксиапатита в форме фторапатита благодаря относительно невысоким термодинамическим требованиям последнего.

Повышение  $[\text{F}]$  в околозубной среде при СФК, как правило, выгодно отличается от такового при использовании высококонцентрированных местных фторсодержащих препаратов:

- децимолярные уровни  $[\text{F}]$  не ассоциируют с перемещением химических элементов в кариозной полости и, соответственно, с прогрессированием скрытого кариеса при снижении  $\text{pH}$ ;
- системное потребление добавок фторида обеспечивает не только эпизодическое повышение  $[\text{F}]$  в ротовой жидкости, но постоянный оптимизированный базовый уровень  $[\text{F}]$  в слюне;
- потребление добавок фторида с пищей автоматически обеспечивает его участие в процессах де- и реминерализации поверхности зубов в период максимального риска — кислотной атаки после приема пищи.

На клиническом уровне постэруптивные эффекты СФК проявляются как снижение частоты инициации кариеса и, в большей степени, приостановление кариозного процесса на ранних стадиях (для участников программ СФК характерно снижение интенсивности кариеса не столько эмали, сколько дентина).

Рассчитано, что уровень редукции интенсивности кариеса зубов взрослого населения, в течение всей жизни имеющих оптимизированный

уровень фторнагрузки, определяется преруптивными и (в большей доле) постэруптивными эффектами СФК.

## **ОЦЕНКА ФТОРНАГРУЗКИ НАСЕЛЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ СИСТЕМНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ КАРИЕСА**

Процесс разработки, мониторинга эффективности и безопасности коммунальных программ СФК предполагает выполнение не только классического ситуационного анализа, но и систематическую оценку фторнагрузки различных групп населения для решения о принципиальной возможности безопасной реализации программы СФК и расчета безопасной величины добавок фторида, а также для регулярной оценки фактической фторнагрузки населения и ее коррекции в период реализации программы.

Долгое время сведениями, необходимыми и достаточными для оценки уровня фторнагрузки населения, считали данные об уровне [F] в коммунальной воде региона. Однако в последние десятилетия различия во фторнагрузке, прежде обусловленные содержанием фторида в воде, стали сокращаться, что связывают с «эффектами гало» ФВ (ФВ неявно распространяется в другие коммуны вместе с промышленно изготовленными продуктами, в том числе восстановленными из порошков и пюре), повсеместным ростом фторнагрузки детей в связи с широким применением фторсодержащих зубных паст и другими причинами. Поэтому ВОЗ настаивает на том, чтобы решения о применении системных добавок фторидов и их количестве принимались только на основании сведений о величине совокупной фторнагрузки различных возрастных групп населения в каждом конкретном регионе.

Существуют два современных подхода к оценке фактической фторнагрузки: а) методы, основанные изучении традиционных для региона источников фторнагрузки, измерении [F] в каждом источнике и определения уровня его потребления в различных возрастных группах населения (базовые методы); б) методы, основанные на оценке параметров биомаркеров фторнагрузки (для мониторинга программ СФК).

### **ОЦЕНКА БАЗОВОЙ ФАКТИЧЕСКОЙ ФТОРНАГРУЗКИ НАСЕЛЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ПОСТУПЛЕНИЯ ФТОРИДОВ**

Данные для расчета базовой естественной и ятрогенной фторнагрузки населения собирают различными методами, включая измерение [F] в региональных естественных и ятрогенных источниках, анализ результатов опросов населения относительно потребления коммунальной и бутилированной

воды, пищевых дневников для оценки домашнего питания<sup>4</sup>, официальной «пищевой корзины» и документов, регистрирующих рационы организованных групп населения, опросов для изучения особенностей применения населением местных фторсодержащих средств и т. д.

Ниже приведен пример расчета базовой фторнагрузки населения и возможной величины дозы добавок фторида, выполненный для Республики Беларусь в 2010-е годы.

Содержание фторида в естественных источниках:

- в воздухе — менее 0,013 мг/м<sup>3</sup>;
- в коммунальной воде — 0,2 мг/л (за исключением двух очагов соседского и эндемического флюороза с водой, содержащей [F] = 6 мг/л)<sup>5</sup>;
- в пищевых продуктах — от 36 мкг/100 г (в молоке) до 500 мкг/100 г (в морской рыбе); в продуктах, занимающих первые ранговые позиции по объему потребления (молоке, картофеле, свинине и хлебе) ~ 0,9 мкг/100 г;

Среднедушевая базовая суточная естественная фторнагрузка населения, рассчитанная с учетом уровня потребления естественных источников фторида, составляет 1,78 мг F (0,13 мг из воздуха; 0,45 мг из коммунальной воды; 1,20 мг из пищи).

Данные, приведенные в таблице, указывают на то, что базовые показатели естественной фторнагрузки детей и взрослых Беларуси существенно ниже возрастных границ безопасности; следовательно, в стране существуют принципиальные условия для безопасного потребления добавок фторида и, соответственно, планирования программ СФК.

#### Естественная фторнагрузка населения Беларуси в 2010-е годы

Возрастная группа	Фактическая естественная фторнагрузка (с коммунальной водой) (мг/сут)	Граница «оптимальной» возрастной фторнагрузки (мг/сут)
Дети ясельного возраста	0,64	1,31
Дети дошкольного возраста	1,08 (дом)/1,23 (орг)	1,75
Дети школьного возраста	1,25	2,51
Взрослые	1,78	2,90

Таким образом, базовая расчетная безопасная суточная доза добавок фторида для детей ясельного и дошкольного возраста составляет 0,5 мг, для школьников и взрослых — около 1 мг.

При организации СФК население отдельных местностей с высоким [F] в коммунальной воде следует оградить от добавок фторида. Во избежа-

<sup>4</sup> Иногда расчет пищевой фторнагрузки выполняют методом количественного анализа «дубликата тарелки», точно повторяющего суточный рацион без сохранения разделения на составляющие.

<sup>5</sup> В бутилированной питьевой воде — 0,2 мг/л (например, «Бонаква»), в популярных торговых марках бутилированной лечебно-столовой воды — от 0,8÷3,5 мг/л (например, «Дарида», «Минская-3» «Минская-4», «Ессентуки») до 6,5÷10,5 мг/л («Аквадив», «Боржом»).

ние превышения «оптимального» уровня фторнагрузки население должно быть информировано о риске, связанном с потреблением значительного количества лечебно-столовой воды с высоким содержанием фторида. Выявленные при анализе региональные традиции нерационального включения в рацион детей детьми ясельного и дошкольного возраста лечебно-столовой воды в качестве питьевой и ухода за зубами детей (распространено самостоятельное применение большого количества зубных паст с высокой концентрацией фторида детьми, не контролирующими глотание) в контексте программ СФК требуют особенно пристального внимания и коррекции.

### **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФТОРНАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАРКЕРОВ**

Поскольку точное прямое измерение суточной фторнагрузки требует значительных затрат, ВОЗ рекомендует альтернативное решение — оценку уровня фторнагрузки по параметрам ее биологических маркеров.

Наиболее точную информацию об актуальной фторнагрузке можно получить, выполнив количественный анализ фторида в крови (при оптимальной фторнагрузке плазма содержит  $[F] \sim 0,2 \text{ ppmF}$ ), однако применение инвазивных методов в профилактической медицине непопулярно. В настоящее время доступны неинвазивные методы, позволяющие оценить уровень актуальной и недавней фторнагрузки косвенным путем — по показателям экскреции фторида из крови со слюной, мочой, ногтями, волосами. «Историческую» информацию об уровне фторнагрузки в период одонтогенеза можно получить, оценив состояние твердых тканей зубов по диагностическим критериям дентального флюороза.

Оценивая коммунальную фторнагрузку при помощи биомаркеров, необходимо помнить о немалой вероятности ошибки, обусловленной дефицитом знаний о биодоступности, распределении и выведении фторидов, а также высокой индивидуальной вариабельностью фармакокинетики фторидов (поэтому, как правило, результаты такого рода исследований используют для расчета усредненных показателей).

Выбор метода оценки фторнагрузки с применением биомаркеров следует делать с учетом уровня его информативности, а также практической доступности (особенностей организации сбора биоматериала, технической сложности определения в нем уровня  $[F]$ ). Для того чтобы получить максимум информации из результатов исследования, важно, чтобы каждый образец биоматериала сопровождался «паспортом», содержащем сведения о его происхождении (пациенте и особенностях формирования его фторнагрузки), обстоятельствах сбора материала, его характеристиках (объеме, продолжительности сбора) и т. д.

**Оценка фторнагрузки по параметрам выведения фторида со слюной.** Слюна может рассматриваться как биомаркер актуальной фтор-

нагрузки, близкий по информативности к крови, но несравнимо более доступный по процедуре сбора материала.

*Оценка концентрации фторида в нестимулированной слюне.* В период покоя (натощак или между основными приемами пищи) собирают 3–4 мл слюны и проводят количественный анализ фторида электрохимическим методом (с применением фторселективного электрода). При оптимальной фторнагрузке слюна покоя содержит  $[F] \sim 0,07$  ppm у детей и  $[F] \sim 0,15$  ppm у взрослых.

*Оценка скорости экскреции фторида с нестимулированной слюной.* Поскольку содержание фторида в слюне зависит не только от его концентрации в плазме, но и (в обратной пропорции) от объема слюны, более полное использование этого биомаркера для оценки фторнагрузки предполагает расчет скорости выведения фторида со слюной. Для исследования 3–5 мл нестимулированной слюны собирают в градуированную пробирку с регистрацией времени начала и окончания выделения/сбора; рассчитывают скорость саливации (мл/мин) как частное объема слюны (мл) и времени сбора (мин); после выполнения электрохимического количественного анализа слюны рассчитывают скорость выведения фторида со слюной (мкг F/мин) как произведение  $[F]$  в слюне (мкг/мл) и скорости саливации (мл/мин). При оптимальной фторнагрузке скорость выведения фторида со слюной детей составляет 0,06 мкг F/мин у детей и 0,2 мкг F/мин у взрослых.

К ограничениям методов, опирающихся на использование слюны в качестве биомаркера фторнагрузки, следует отнести низкий уровень  $[F]$  в слюне, соответствующий нижним границам чувствительности современной техники.

**Оценка фторнагрузки по выведению ионного фторида с мочой.** Поскольку почечная экскреция фторида, поступившего в организм и подлежащего выведению, занимает около 4–5 ч, измерение  $[F]$  в моче позволяет судить об уровне фторнагрузки в предшествующие сбору порции мочи часы.

Стандартные методы, рекомендованные для мониторинга коммунальных программ СФК, основываются на оценке количества ионного (доступного для электрохимического анализа) фторида в моче, выделенной почками за неопределенный или измеренный период времени.

*Метод оценки суточной фторнагрузки по параметрам суточной почечной экскреции фторида.* Для получения информации о количестве выведенного с мочой фторида (мг/сут) организуют сбор всех порций выделенной в течение суток мочи в одну емкость, измеряют полученный объем мочи, отбирают образец для исследования (3 ÷ 5 мл) и выполняют электрохимический количественный анализ фторида в нем; результат исследования получают как произведение показателя  $[F]$  (мкг/мл) и объема суточной порции мочи (мл/сут). При оптимальной фторнагрузке суточная моча

детей ясельного возраста содержит ~ 0,3 мг F, дошкольников ~ 0,4 мг, подростков и взрослых ~ 1 мг F. Ограничения этого информативного метода определяются трудностями организации сбора полной суточной мочи без ее потерь и фальсификации (для контроля полноты порции определяют содержание в ней креатинина, суточное выведение которого у здоровых людей не выходит за рамки диапазона  $8 \div 22$  мг/кг).

Полученные показатели экскреции фторида используют для расчета уровня фторнагрузки, принимая во внимание возрастные особенности обследованного населения: поскольку растущий скелет сорбирует значительно больше фторида, чем зрелый, с мочой детей ясельного возраста выводится около 20 %, дошкольников — 30 %, подростков и взрослых — 50 % поступившего в организм фторида<sup>6</sup>. Результаты расчетов фторнагрузки обследованных (суточное количество выведенного с мочой фторида умножают на возрастные коэффициенты) сравнивают с известными показателями оптимальной суточной возрастной фторнагрузки или, с учетом массы тела или энергорасходов, удельной фторнагрузки.

«Метод пятна» сводится к электрохимическому измерению [F] в образце (3–5 мл) разовой порции мочи. Этот метод подкупает относительной простотой сбора материала, но дает крайне широкий диапазон индивидуальных результатов, так как не учитывает количество мочи, в котором разведено оцениваемое количество фторида. Ценность имеют только средние результаты массовых обследований; при оптимальном уровне фторнагрузки ожидают [F] ~ 1 ppm.

*Метод оценки фторнагрузки по параметрам скорости почечной экскреции фторида.* Этот метод дает более точные результаты, чем предыдущий, и позволяет получить характеристики фторнагрузки в отдельные периоды суток продолжительностью от 8 до 18 (подряд или в совокупности) часов. Метод предлагает различные форматы сокращенных коллекций мочи, собранных только в ночной или вечерний периоды, или коллекций, составленных из утренней и дневной порций, дополненных или не дополненных вечерней или ночной порциями: при расчете суточной экскреции результаты измерений в порциях мочи, собранных в часы, определенные форматом исследования, экстраполируют на следующие, «пропущенные» часы.

Для получения порции мочи, пригодной для такого исследования, необходимо: 1) отметить время начала накопления в мочевом пузыре нужной порции (сразу после опорожнения мочевого пузыря от предыдущих накоплений); 2) зарегистрировать время опорожнения пузыря от исследуемой порции мочи; 3) порцию мочи для исследования собрать в полном объ-

---

<sup>6</sup> С увеличением фторнагрузки доля экскретированного фторида падает (при высокой фторнагрузке у детей ясельного и дошкольного возраста не превышает 15 %), что может привести к недооценке фторнагрузки и подчеркивает необходимость ее комплексной оценки с учетом источников.

еме и измерить его. Определив электрохимическим методом [F] в отобранном образце, вычисляют скорость почечной экскреции фторида (мкг/ч) как произведение показателя [F] (мкг/мл) и величины объема порции (мл), деленное на продолжительность накопления исследованной порции мочи (ч).

Выбор сокращенного формата для мониторинга фторнагрузки в конкретной программе СФК определяется особенностями поступления добавок фторида: например, дробное поступление суточной дозы добавки фторида с водой делает валидным практически любой формат (достаточно даже только утреннего сбора), разовое поступление добавки с фторированным молоком делит сутки на «высокий», «низкий» и ночной периоды, которые необходимо дифференцированно охватить протоколом сбора мочи.

Для мониторинга эффективности и безопасности программ СФК сведения о скорости экскреции фторида с мочой в «низкие», «высокие» периоды или в течение суток сравнивают с аналогичными показателями, полученными в успешных программах СФК или у населения с оптимальной фторнагрузкой (подробнее см. в книге «Basic methods for assessment of renal fluoride excretion in community», 2014).

Метод оценки фторнагрузки по скорости выведения фторида с мочой с измерением концентрации ионного фторида в настоящее время рекомендован как основной для мониторинга коммунальных программ СФК.

**Оценка фторнагрузки по выведению «полного» фторида с мочой.** Доля ионного фторида в моче составляет у разных людей от 10 до 72 % полного фторида (в том числе в связанных с белком формах), содержащегося в моче. Количественный анализ полного фторида в озоленной моче позволяет существенно сократить разброс индивидуальных показателей экскреции фторида при одинаковой фторнагрузке и получить гораздо более точную искомую информацию, чем при измерении концентрации только ионного фторида, однако пока еще сложная технология пробоподготовки ограничивает применение этого метода для мониторинга коммунальных программ.

**Оценка фторнагрузки по содержанию фторида в волосах.** Содержание фторида в волосах коррелирует с уровнем фторнагрузки в течение недель и месяцев, предшествовавших забору образцов для исследования. Для анализа собирают 50 ÷ 10 г волос (длиной 1 ÷ 3 см от корня), после озоления определяют в них уровень [F]. При оптимальной фторнагрузке волосы содержат около [F] = 50 мг/кг. Метод привлекает относительно более простой и этически приемлемой процедурой сбора материала в сравнении с методами, использующими в качестве биомаркера фторнагрузки мочу и даже слюну, однако в настоящее время широкое использование метода ограничивается не вполне изученным риском накопления фторида в волосах из средств ухода за ними и значительными затратами на пробоподготовку.

**Оценка фторнагрузки по содержанию фторида в ногтях.** Содержание фторида в ногтях пальцев рук и ног отражает фторнагрузку в течение месяцев, предшествующих сбору образцов. После пробоподготовки, проводимой при помощи кислоты, щелочей и облегченной диффузии с использованием гексаметилендисилоксана, при оптимальной фторнагрузке в ногтях определяют  $[F] = 3 \div 6 \text{ ppm F}$ . Метод привлекает простотой сбора материала и относительно невысокой сложностью процедуры пробоподготовки; ограничения связаны с риском накопления фторида в ногтях из средств, используемых для ухода за ногтями и их декорации.

**Оценка фторнагрузки по показателям дентального флюороза.** Дентальный флюороз рассматривают как клинический маркер фторнагрузки в период формирования эмали зубов, что определяет ретроспективный (для постоянных зубов  $\geq 6$  лет) характер оценки. Базовая концепция СФК предполагает, что 10 % лиц, у которых одонтогенез протекал при оптимальной фторнагрузке, будут иметь признаки очень легкого или легкого флюороза, не нарушающего функцию и, как принято считать, эстетику зубов.

## **ОСОБЕННОСТИ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИРОВАННОЙ КОММУНАЛЬНОЙ ВОДЫ**

Программы фторирования воды были первыми в практике СФК. Точкой отсчета считают 25 января 1945 г. когда в г. Гранд-Рапид (США, штат Мичиган) началось экспериментальное фторирование коммунальной воды до оптимального уровня  $[F] = 1 \text{ ppm}$ . Для оценки эффективности программы показатели заболеваемости кариесом детей этого города сравнивали аналогичными данными, собираемыми в соседнем г. Маскегон, использовавшем тот же источник воды (без добавления фторида), и в г. Аврора с естественным уровнем фторида в воде  $[F] = 1,2 \text{ ppm}$ . Спустя шесть лет показатели Гранд-Рапида вплотную приблизились к таковым Авроры, а обиженные жители «контрольного» Маскегона настояли на фторировании воды и в их городе. Успех, полученный от ФВ в Гранд Рапиде, а также еще в трех североамериканских городах (редукция  $\Delta\text{КПУЗ}$  за 40 мес. составила 20 %, за пять лет — 57 %), стал основанием для того, чтобы уже в 1950 г. US Public Health Service одобрил фторирование воды, и к 1954 г. эта мера коммунального здравоохранения была введена в более чем в 40 населенных пунктах США.

### **ДОЗИРОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ДОБАВОК ФТОРИДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОММУНАЛЬНОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ИХ НОСИТЕЛЯ**

Поскольку программы с ФВ опираются на потребление населением воды в обычном режиме, управлять величиной суточной добавки фторида участников таких программ можно лишь изменяя уровень  $[F]$  в воде.



Исходный для концепции СФК уровень  $[F] = 1$  ppm в воде модифицируют в зависимости от региональных особенностей потребления воды, прежде всего связанных с температурой воздуха: при холодном климате значения оптимального уровня фторида должны быть выше (к примеру для северной части Канады уже в 1940-е годы был рекомендован уровень  $[F] = 1,2$  ppm), а в жарком — ниже (для штата Аризона  $[F] = 0,6$  ppm), чем в умеренном климате.

В рекомендациях ВОЗ (2011 г.) приемлемый диапазон концентраций фторида определен как  $[F] = 0,5 \div 1,5$  ppm. Практически же возможности повышения уровня  $[F]$  в коммунальной воде регламентируется государственными санитарными службами каждой страны и в современных условиях часто изменяются в сторону снижения.

### ТЕХНОЛОГИЯ ФТОРИРОВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ВОДЫ

**Источники воды.** Метод опирается на потребление населением воды из муниципального водопровода, используемой для питья и приготовления пищи<sup>7</sup>.

**Реагенты для фторирования воды.** Выбор определяется следующими свойствами соединения фторида:

- растворимость в воде с учетом качества коммунальной воды региона (температуры, pH, химического состава);
- токсикологическая опасность катиона, влияние на потребительские качества воды (вкус, запах, цвет, жесткость, pH) при  $[F] = 1,0$  ppm;
- коррозионная активность; требования к условиям транспортировки, хранения, дозирования и внесения в водопровод; токсичность для персонала;
- цена химически чистого реагента и его доступность в требуемом количестве.

Из множества неорганических соединений фторида для фторирования воды подходят фторид натрия (NaF), кремнефтористоводородная кислота ( $H_2SiF_6$ ) и гексафторсиликат натрия ( $Na_2SiF_6$ ).

**Обогащение коммунальной воды фторидами.** Поскольку при подготовке воды для ее введения в коммунальный водопровод (обеззараживание, придание прозрачности, оптимизация запаха и вкуса, предупреждение окрашивания белья и фарфора и т. д.) используют более 40 химических соединений, фторирование становится лишь одним из звеньев «производства воды» и поэтому может быть выполнено с применением стандартных устройств и механизмов для дозирования реагента, его подготовки и внесения в ток воды.

---

<sup>7</sup> Программы фторирования «школьной» воды в коммунах, не имеющих водопровода, были закрыты из-за плохих возможностей для контроля фторнагрузки. Использование бутилированной воды с оптимальным уровнем  $[F]$  или фторирование воды при помощи специальных фильтров требуют больших расходов и поэтому не имеют коммунального значения.

Фтораторная установка любого из действующих в настоящее время типов (сухой дозатор, насос-дозатор, сатураторная система) должна обеспечивать устойчивый уровень  $[F] = X \pm 0,02$  ppm на всех участках водопровода в течение 90 % времени, иметь механизм автоматической аварийной остановки подачи реагента, соответствовать местным возможностям технического обслуживания и ремонта. Сухие дозаторы, используемые на крупных станциях, применяющих  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , контролируют количество порошка реагента, который должен быть растворен в определенном количестве воды и затем введен в водопровод. Насосы-дозаторы обычно работают на небольших станциях для жидкой подачи готового раствора  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ , обеспечивая введение в ток воды точно измеряемого при помощи ротометра объема раствора реагента. Сатураторные установки, работающие в мелких сетях с суточным расходом воды  $\leq 4$  млн т и использующих порошок  $\text{NaF}$ , создают насыщенный раствор реагента в баке-сатураторе (по технологии Вентури, не требующей энергоснабжения, вода медленно поднимается сквозь «подушку» увлажненного порошка, постепенно насыщаясь фторидом); полученный раствор при помощи насоса-дозатора вводится в общий ток воды.

На станциях водоподготовки действует жесткий регламент многоэтапного контроля процесса фторирования: в реагенте проверяют уровни  $[F]$  и загрязняющих веществ, при расчете количества реагента учитывают не только «дефицит» фторида, но и химический состав исходной или подготовленной воды (фактический уровень  $[F]$  может быть снижен с 1,0 до 0,1 ppm при смягчении воды с помощью магния, при коагуляции соединениями алюминия, коррекции pH угольными фильтрами), скорость подачи реагента корректируют с учетом изменения скорости тока воды в водопроводе. Уровень  $[F]$  в воде подлежит ежедневной многократной проверке (желательно автоматической) на станции; еженедельно образцы воды, взятые из разных частей водопровода, проверяют в центральной лаборатории; ежемесячно проводят двойной слепой анализ одного образца для сверки результатов измерений, выполненных на станции и в лаборатории. Все результаты измерений тщательно регистрируются в журналах ответственными работниками станции, отчеты об уровне  $[F]$  в воде и мерах, принятых для корректировки, ежемесячно отправляются руководству.

**Стоимость фторирования коммунальной воды.** Затраты на фторирование воды муниципального водопровода определяются расходами на приобретение и хранение химических реагентов, приобретение фтораторных установок и дополнительного оборудования с учетом срока их эксплуатации (10 ÷ 30 лет), оплату труда персонала (в ценах 2007 г. приобретение и запуск одной установки в Австралии обходились в 94 000 \$, обслуживание в течение года — 11 800 \$). Удельная стоимость программы зависит и от численности населения, потребляющего воду из данной системы:

в 2000 г. расходы составляли 0,17 \$ и 7,62 \$/чел. в крупных и средних городах соответственно. Долгое время высокая стоимость фторирования малых водопроводов делала убыточным внедрение этого метода в малых поселениях (< 1000 жителей), однако применение новых технологий уже дает возможность устранить эту проблему.

### **УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ФТОРИРОВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ВОДЫ**

Необходимыми базовыми предпосылками, определяющими возможность выбора метода фторирования воды для коммунальной СФК, являются:

- наличие национальных и региональных стандартов, не запрещающих/разрешающих добавление фторида к воде;
- согласие властей и населения на внедрение программы;
- функционирование в регионе централизованного водоснабжения, охватывающего большую часть населения<sup>8</sup>;
- возможность достаточного финансирования стартового и текущего менеджмента программы;
- наличие компетентного и надежного персонала;
- прогноз устойчивых поставок реагентов.

Принципиальная возможность фторирования коммунальной воды определяется на законодательном уровне. Так, законы США не запрещают фторирование воды, но и не делают его обязательным; с 1979 г. право определять политику по отношению к фторидам в воде передано Агентству по охране окружающей среды (US EPA), несущему ответственность за все добавки к коммунальной воде. Действующие стандарты относят фториды к категории промышленных добавок или примесей, применяемых в производстве воды (т. е. ставят фторид в один ряд с хлоридом, сульфатом железа, серной кислотой): «Фтордобавки к воде не должны содержать растворимых или органических материалов в количествах, способных вызвать вредные или повреждающие эффекты на здоровье тех, кто потребляет эту воду». Как правило, проекты коммунального фторирования воды в США иницируются и пропагандируются стоматологическими и медицинскими ассоциациями разного уровня; право решить судьбу проекта имеют власти штата или местная администрация, нередко выносящие свой вердикт по результатам голосования населения и всегда — по его согласию.

В большинстве стран решение о реализации программ с ФВ принимается на государственном уровне (для ряда европейских стран решение зависит от позиции администрации ЕС). В инициации, реализации и мониторинге коммунальных программ фторирования воды участвуют местные

---

<sup>8</sup> Программа ФВ имеет смысл при условии, что большинство населения региона потребляет водопроводную воду, но не воду из других источников (бутилированную, артезианскую и т. д.)

организации здравоохранения (в т. ч. службы государственного санитарно-эпидемиологического надзора, регламентирующие и контролирующие уровень [F] в воде); техническое обеспечение программы является функциональной обязанностью работников службы коммунального хозяйства и смежных специалистов.

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ ФТОРИРОВАНИЯ ВОДЫ**

**Медицинская эффективность.** Как показывает М. McDonagh в мета-анализе данных исследований, выполненных в 1945–2000 гг., фторирование воды обеспечивало 15%-ную редуцицию распространенности кариеса, редуцицию  $\Delta$ кпуз на уровне  $20 \div 70$  % (с модой 40 %),  $\Delta$ КПУЗ в диапазоне  $30 \div 80$  % (с модой 50 %) при снижении абсолютных показателей кпуз/КПУЗ на 2,2. По оценкам Cochrane, в публикациях последнего времени оценки эффективности ФВ по  $\Delta$ КПУЗ снизились до  $20 \div 40$  %, что объясняется тенденцией к нивелированию различий между уровнями фторнагрузки населения регионов с фторированной и нефторированной водой.

Важно отметить, что ФВ и в условиях широкой доступности фторсодержащих паст приносит ощутимую пользу, обеспечивая около трети совокупного успеха комплексной профилактики кариеса зубов: так, по последним данным, в Англии в зонах с ФВ существенно ниже частота направлений детей на удаление зубов; в Бразилии при одинаковом уровне использования фторсодержащих зубных паст показатели КПУЗ взрослых горожан тем ниже, чем большую часть жизни они провели в условиях СФК; в Канаде спустя только два года после приостановки программы ФВ в г. Калгари у детей значительно вырос уровень кпуз.

Существенным результатом программ с ФВ с их автоматическим характером поставок добавок фторида является сокращение стоматологического неравенства между слоями населения с различными уровнями образования и материального достатка (и, как следствие, различиями в степени ответственности за свое здоровье): ФВ приносит значительно большую пользу «бедным», чем «богатым» (например, в Великобритании отмечено снижение уровня кпуз на 3,0 и 0,3, КПУЗ — на 5,0 и 1,0 у первой и второй категорий населения соответственно).

Социальная направленность метода фторирования воды особенно важна для «стареющих» сообществ, в которых растет численность пожилых лиц с сохранившимися зубами и снижающимися способностями к адекватной самопомощи (для постоянных резидентов фторированных зон в возрасте  $\geq 65$  лет относительный риск развития новых случаев кариеса коронки в течение полутора лет на 0,80, а риск развития кариеса корня — на 0,73 ниже, чем у их ровесников из нефторированных зон).

Контроль над кариесом зубов при помощи ФВ положительно влияет на качество жизни населения: растут показатели индексов качества жизни, связанного со стоматологическим здоровьем, взрослых людей, что, очевидно, обусловлено предотвращением потери зубов.

**Экономическая эффективность.** Экономическая эффективность применения ФВ в зависимости от удельной стоимости программы и уровня заболеваемости населения кариесом может варьировать от практически не ощутимой (в малых поселениях с низкой интенсивностью кариеса) до весьма существенной (до 80 \$ экономии на 1 \$ вложений во фторирование воды в больших городах, где «пожизненная профилактика обходится дешевле, чем одна самая маленькая пломба»). Масштабные коммунальные программы фторирования воды обеспечивают весьма значительную ежегодную экономию денежных средств, исчисляемую сотнями миллионов долларов (штат Колорадо, США, 2000-е гг.) и десятков миллиардов долларов (США, 2005).

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРАММ ФТОРИРОВАНИЯ ВОДЫ**

Тема безопасности программ ФВ охватывает широкий диапазон вопросов — от чистоты вносимых в воду химикатов до соответствия принципа «массовой» СФК этическим нормам, от роста частоты и тяжести дентального флюороза до снижения интеллекта. Большая часть вопросов имеет лишь косвенное отношение к сути программ ФВ, но, тем не менее, составляет основу «антифлюоридаторского» потока в СМИ. Существенной проблемой является величина совокупной фторнагрузки, которая определяется как ятрогенным уровнем [F] в воде, так и поведением населения; при этом медицинский риск ограничивается уровнем дентального флюороза.

**Распространенность флюороза при фторировании воды.** В последние десятилетия распространенность дентального флюороза растет во всем мире, однако в зонах с низким содержанием фторида в воде он встречается реже, чем в зонах с ФВ: для Северной Америки приводят показатели 12 ÷ 45 % и 20 ÷ 80 %, для Европы — 14 ÷ 36 % и 54 ÷ 79 % соответственно.

Общие тенденции роста частоты флюороза связывают с распространением фторсодержащих зубных паст (дети младше трех лет могут получить суточную фторнагрузку только из них), ростом потребления бутилированной воды и напитков (к примеру, популярный у детей «холодный чай» содержит [F] = 4 ppm); повышением [F] в продуктах питания (зерно, овощи и фрукты выращиваются с применением фторсодержащих фосфорных удобрений, пестицидов, инсектицидов, фумигантов), применением мясных консервов для детского питания с включением гомогенизированных костей, использованием тефлоновой посуды и т. д.

Специфический риск превышения «оптимальной» фторнагрузки детей в зонах с ФВ связывают с ее использованием для приготовления смесей для искусственного вскармливания детей (в женском молоке  $[F] = 0,005-0,01$  ppm), использованием в рационе восстановленных продуктов, замещающих натуральные (молоко, соки, овощи, приготовленные из порошка или концентратов с применением ФВ, имеют более высокий  $[F]$ , чем исходные продукты).

**Стратегии по минимизации риска флюороза в зонах с фторированной водой.** Ключевым условием безопасности программ с ФВ является постоянный мониторинг всех источников фторнагрузки разных групп населения и ее величины.

В странах, где отмечен рост базовой фторнагрузки населения, принимают решение о рациональности снижении величины добавки фторида с водой и, соответственно, рекомендованного для СФК уровня  $[F]$  в воде (в 2011 г. для всей территории США — до 0,7 ppm вместо прежних  $0,7 \div 1,2$  ppm, в Ирландии — 0,7 ppm, в Канаде — 0,6 ppm, в Сингапуре — 0,4 ppm).

В регионах с ФВ активно пропагандируют грудное вскармливание и/или приготовление детского питания на воде с  $[F] < 0,3$  ppm, лицам с высокой физической нагрузкой и/или работающим в жарких условиях рекомендуют заменять часть коммунальной воды для питья водой и напитками с низкой  $[F]$ , для проведения диализа разрешают использовать только нефторированную воду; как и во всех регионах, требуют от производителей наличия на этикетке пищевых и стоматологических продуктов информации об уровне  $[F]$  в них, а стоматологам и потребителям настоятельно рекомендуют учитывать эти сведения; обучают население правилам рационального применения фторсодержащих зубных паст.

## **ФТОРИРОВАНИЕ ВОДЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

В настоящее время фторирование воды поддерживают более 100 национальных и международных организаций здравоохранения и профессиональных ассоциаций. В 2015 г. FDI сообщала о том, что ФВ потребляет та или иная часть населения 40 стран мира — 370 млн человек.

В США, имеющих самый богатый опыт фторирования воды, метод считают успешным национальные стоматологические ассоциации (ADA, AAPD, AACDP, NIDCR), Центр по контролю и профилактике заболеваний США (CDC), Американская ассоциация коммунального здоровья (ACH), Национальный институт рака США (NCI). При том, что некоторые коммуны время от времени отказываются от продолжения программ с ФВ, тенденция к расширению охвата населения этим видом коммунальной помощи сохраняется: в 1969 г. ФВ получало 44 % населения страны, в 1985 г. —

55 %, в 2014 г. — 74,4 %; к 2020 г. Департамент здравоохранения США (HHS) планирует обеспечить коммунальной ФВ 79,6 % населения страны.

В Канаде при поддержке национальной стоматологической ассоциации в настоящее время ФВ получает 43 % населения; единичные случаи прекращения программ (например, в г. Калгари с естественным уровнем  $[F] = 0,1 \div 0,4$  ppm в коммунальной воде, 2011 г.) активно используются стоматологами как источник доказательной базы медицинской эффективности СФК с ФВ в современных условиях.

При поддержке РАНО ФВ доступна части населения Колумбии (70 %), Бразилии (40 %), Чили (40 %), Аргентины (20 %), Гватемалы (15 %), Панама (18 %).

Последовательную позитивную политику в области фторирования воды проводит Австралийская стоматологическая ассоциация (ADA): программы стартовали в 1952 г. и к 2017 г. обеспечивают доступ к фторированной воде 89 % населения, существенно снижая степень стоматологического неравенства между аборигенами и другими гражданами.

В Азии активными сторонниками фторирования воды являются Сингапур (ФВ потребляют 100 % населения) и Малайзия (70 %); во Вьетнаме фторированная вода доступна 6 % населения, в Корее — 12 %; в Гонконге фторируют дождевую воду из водохранилищ (в материковом Китае фторирование воды запрещено), фтораторной установкой оснащен водопровод в зоне американской военной базы на Филиппинах (5 млн чел., 7 % населения); в Израиле фторирование воды, начатое в 1981 г., к 2011 г. было разрешено в 65 % муниципалитетов, но приостановлено в 2014 г.

В Африке фторирование воды декларировано Египтом; инициированная в Южноафриканской республике в 2002 г. программа избирательного дифференцированного фторирования и дефторирования воды была приостановлена под давлением водоснабжающих компаний, муниципалитетов и населения, потребовавших проведения дополнительных исследований.

В Европе официальное отношение к ФВ нейтральное. Директива ЕС по контролю качества европейской воды от 1980 г. утверждает максимальные концентрации в ней многих веществ, в т. ч. фторида, не поощряя, но и не запрещая фторировать воду. Ряд европейских стран, в целом позитивно относясь к идее СФК, по разным причинам (из-за особенностей водоснабжения, недостатка материальных и кадровых ресурсов, отсутствия политической воли и т. д.) не стали внедрять фторирование воды, другие после некоторого опыта программ с ФВ предпочли другие системные или местные формы фторпрофилактики (Германия, Финляндия, Нидерланды, Чехия, Сербия, Швеция, Швейцария<sup>9</sup>, страны СНГ). В настоящее время фто-

---

<sup>9</sup> В 2005 г. окончательный выбор между фторированием воды и соли в пользу последней сделала Швейцария: г. Базель, в течение 30 лет потреблявший фторированную воду, оказался

рирование воды поддерживает Великобритания (ФВ получает 9 % населения), Испания (10 %) и Ирландская республика (71 %; к концу 2015 г. только эта страна имела разрешение ЕС на фторирование воды на национальном уровне).

## **ОСОБЕННОСТИ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЙОДИРОВАННО-ФТОРИРОВАННОЙ ПИЩЕВОЙ СОЛИ**

Идея использовать пищевую соль в качестве носителя добавок фторидов принадлежит швейцарскому гинекологу Н. J. Wespi. Предпосылками к рождению метода СФК с применением ЙФС послужили следующие обстоятельства и доводы: низкое содержание фторида и йодида в местных естественных источниках, первые успехи ФВ в США, отсутствие возможности внедрить программу с ФВ в горах, опыт предупреждения зоба и кретинизма местных жителей при помощи йодированной пищевой соли как общедоступного и автоматически регулярно потребляемого носителя микроэлементной добавки для всех возрастных (кроме младенцев) и социальных групп населения, локальное производство пищевой соли в кантоне. В результате сотрудничества Н. J. Wespi и местного солепроизводителя в 1955 г. населению кантона Цюрих было объявлено, что в продаже появляется соль, «йодированная для профилактики зоба и фторированная для профилактики кариеса зубов, в пакетах массой 1 кг, по той же цене, что йодированная соль». К 1968 г. ЙФС стала доступной в 23 кантонах Швейцарии; тогда же метод стал распространяться по миру.

### **ДОЗИРОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ДОБАВОК ФТОРИДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПИЩЕВОЙ СОЛИ В КАЧЕСТВЕ ИХ НОСИТЕЛЯ**

В программах ЙФС величина фактической суточной добавки фторидов определяется уровнем потреблением такой соли и величиной [F] в ней. Моделью и технологической основой для метода ЙФС стал метод йодирования пищевой соли, однако различия в ширине коридора безопасности этих галогенов стали причиной того, что фторировать стали не всю добавляемую к пище соль ( $7 \div 25$  г/сут), но только ее «домашнюю» («контролируемую») часть — соль, которую добавляют в пищу при ее домашнем при-

---

в окружении кантонов, производивших и использовавших фторированную соль, которая, в силу изменений на рынке последнего времени, стала доступной и жителям Базеля, что создавало риск потребления фторидов из двух источников сразу. Долго обсуждавшаяся в научной печати и СМИ проблема получила неожиданное разрешение благодаря бизнесменам: новые владельцы водной станции Базеля решили продавать воду и в соседние районы Франции, законы которой не предполагают внесения в воду химикатов, не имеющих отношения к улучшению качества воды.



готовлении и досаливании на столе. В промышленно развитых странах доля «домашней» соли в рационе населения неуклонно снижается (за последние полвека — с 7 до 1 ÷ 2 г/сут., до 15 % всей добавленной соли) за счет питания вне дома, включения в домашний рацион промышленно приготовленных полуфабрикатов и продуктов (в т. ч. соусов и приправ с солью), тогда как в патриархальных обществах остается высокой (в сельских районах Индии — до 90 %). В ряде стран применение ФС, изначально предназначенной для домашнего применения, становится «универсальным» — соль, фасуемая в небольшие упаковки, используется не только дома, но удобна для работы «больших кухонь» (столовых, кафе, хлебопекарен и т. д), что требует перерасчета [F] в соли в сторону снижения.

Европейские разработчики в расчете на потребление 2 г/сут «домашней» соли с одним двумя блюдами домашнего приготовления установили для ЙФС стандарт  $[F] = 250 \pm 50$  мг/кг (0,5 мг F/сут), однако ВОЗ рекомендовал разработчикам коммунальных программ при определении безопасного и эффективного уровня [F] в ЙФС опираться на местные традиции питания и потребления соли — апробированные в программах варианты лежат в диапазоне 90 ÷ 350 мг F/кг.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФТОРИРОВАНИЯ СОЛИ

### **Требования к пищевой соли, предназначенной для фторирования.**

Лучшим выбором в качестве носителя добавок фторида является пищевая соль со следующими качествами:

- с мелкими частицами (чем мельче частицы, тем ниже риск сегрегации компонентов соли, в т. ч. неравномерного распределения фторида в упаковке ЙФС при ее хранении);
- невысокой влажностью (высокая влажность ЙФС делает невозможным контроль над гомогенностью распределения и концентрацией фторида);
- с низким содержанием загрязняющих примесей (примеси могут связаться с фторидами и снизить их биодоступность; особенно высокий риск такого рода несут примеси карбоната кальция и соли тяжелых металлов).

Качество поваренной<sup>10</sup> пищевой соли определяется способами ее добычи. *Каменная* соль, добытая из солесодержащей руды в поверхностных или подземных залежах методом дробления, имеет сложный химический состав, обычно невысокий уровень чистоты, крупные гранулы. «*Солнечную*» или «*садочную*» соль выпаривают из морских и озерных рассолов; такая «морская» соль от мелких производителей, составляющая треть

---

<sup>10</sup> «Поваренная соль» — общее русское название соли NaCl, используемой для питания (пищевая поваренная соль), в промышленности (техническая соль), бытовых нужд и т. д. Происхождение термина связывают с традиционным способом получения соли «увариванием» морской воды на солнце или в специальных варницах.

мирового рынка, отличается значительной загрязненностью, высокой влажностью, разновеликими, но преимущественно крупными гранулами. «Вымытая» соль, которую производят, высушивая до кристаллического состояния рассол, полученный при нагнетании горячей воды в подземные залежи соли, обычно имеет мелкие однородные гранулы и высокое качество, что делает вымытую соль (и особенно ее разновидность — вакуумно-выварочную соль) лучшим кандидатом для использования в программах ЙФС.

**Реагенты для фторирования пищевой соли.** В настоящее время в производстве ЙФС используют фторид калия ( $KF \cdot 2H_2O$ ) или фторид натрия ( $NaF$ ). В сравнении с  $NaF$ ,  $KF \cdot 2H_2O$  имеет лучшие токсикологические характеристики и значительно более высокую растворимость, но более выраженную гигроскопичность, а также относительно более высокую стоимость.

**Обогащение пищевой соли фторидами.** Технологические задачи производства ЙФС заключаются во внесении заданного количества фторидов (вместе с соединениями йода) в соль и в обеспечении их равномерного распределения по всему объему соли. Производство ЙФС может быть организовано сухим баковым методом с применением порошка  $NaF$  или влажным конвейерным способом с распылением раствора, содержащего  $KF \cdot 2H_2O$ , из форсунок, расположенных над движущейся конвейерной лентой с солью. Влажный метод дороже сухого (и поэтому доступен только крупным производителям), но позволяет получить более точное и равномерное дозирование фторида в ЙФС.

Текущий и финальный контроль уровня  $[F]$  в ЙФС (допускаются отклонения от  $\pm 50$  до  $100 \pm$  мг  $F/kg$ ) проводит лаборатория предприятия. При хранении уровень  $[F]$  в ЙФС не изменяется; сроки годности ЙФС определяются свойствами соединений йода.

**Расходы для реализации программ с применением йодированно-фторированной соли.** Если производство ЙФС организуется на базе производства высококачественной йодированной соли, то специальные расходы невелики, так как определяются только стоимостью фторида, который дополняют препарат для обогащения соли (в ценах 2015 г. для тонны соли с  $[F] = 250$  мг  $F/kg$  доза  $KF \cdot 2H_2O$  стоит  $1,5 \div 7,7$  \$,  $NaF$  —  $1,4 \div 2,78$  \$) и затратами на обеспечение мониторинга  $[F]$  в соли; дополнительные ежегодные расходы населения на приобретение ЙФС вместо йодированной соли составляют не более  $0,1$  \$/чел.

#### **УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЙОДИРОВАННО-ФТОРИРОВАННОЙ СОЛИ**

Программы СФК с ЙФС не должны противоречить действующим в регионе регламентам безопасности пищевых продуктов и стандартам пищевой соли.

Основным техническим и финансовым условием является доступность населению региона пищевой соли с качеством, определяющим ее пригодность для фторирования.

Программы с ЙФС инициируются и разрабатываются стоматологами и специалистами по питанию и другими потенциально заинтересованными и специалистами (педиатрами, эндокринологами, терапевтами, в санитарной службе). Принципиальное решение о целесообразности внедрения программы принимает администрация региона, производственные проблемы решают региональные производители соли, финансовые издержки покрывают потребители ЙФС (государство, спонсоры), поступление ЙФС в пищу населения обеспечивается силами торговли (при формировании мотивации населения к выбору ЙФС медицинскими работниками и другими исполнителями программы), а также механизмами поставок пищевой соли в «большие кухни», хлебопекарни и т. д.

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЙОДИРОВАННО-ФТОРИРОВАННОЙ СОЛИ**

**Медицинская эффективность.** В первых швейцарских программах дети девятилетнего возраста, потреблявшие домашнюю ЙФС ( $[F] = 90$  мг/кг) в течение пяти лет, имели  $\Delta\text{КПУЗ} = 25 \div 32$  %; в 1970-е гг. у рекрутов, потреблявших домашнюю ЙФС с пятилетнего возраста, зарегистрировали  $\Delta\text{КПУП} = 33$  %.

В знаменитом медико-стоматологическом колумбийском проекте (1962–1972 гг.) восьмилетнее потребление домашней ЙФС ( $[F] = 250$  мг F/кг) обеспечило школьникам  $\Delta\text{КПУЗ} = 45$  %.

В то же десятилетие в сельских районах Венгрии с водой, содержащей 0,1 ppm F, было организовано применение ЙФС ( $[F] = 350$  мг F/кг) в домашней кухне, в детских садах, школах и столовых. Спустя 20 лет у дошкольников отмечена  $\Delta\text{кпуз} = 53$  %, у школьников  $\Delta\text{КПУЗ} = 59$  %.

Применение ЙФС в организованном питании детей дошкольного возраста в Испании ( $[F] = 250$  мг F/кг) и в Беларуси ( $[F] = 120$  мг F/кг) в течение трех-четырех лет обеспечивало  $\Delta\text{кпуз} = 44 \div 73$  %.

Заболеваемость кариесом зубов подростков Ямайки, где с 1987 г. ЙФС ( $[F] = 200$  мг F/кг) стала единственным видом соли для домашнего и общественного питания, за десятилетний период снизилась на  $\Delta\text{КПУЗ} = 84$  %.

Поскольку эффективность программ с ЙФС зависит от того, насколько ее потребление приближает население к оптимуму фторнагрузки, при верно рассчитанном уровне  $[F]$  результаты выше в коммунах, где сугубо домашняя ЙФС позиционируется как обычная и при включении ЙФС в организованные рационы.

**Экономическая эффективность.** Благодаря низкой дополнительной стоимости производства ЙФС и высокому уровню противокариозной эффективности постоянного потребления ЙФС соотношение расходов и экономии в коммунальных программах с ЙФС представляют в диапазоне от 1 : 80 до 1 : 250, что делает коммунальные программы с ЙФС наиболее рентабельными в сравнении другими современными программами СФК.

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЙОДИРОВАННО-ФТОРИРОВАННОЙ СОЛИ**

Токсикологические оценки ЙФС при ее постоянном потреблении в количестве, соответствующем полному суточному объему добавленной соли, соответствуют таковым соли без фторида. Острое отравление фторидами из ЙФС практически исключено благодаря автоматическому биоконтролю потребления хлорида. Программы ЙФС опираются на обычный уровень потребления соли, поэтому не провоцируют повышение риска гипертонии. Применение не фторированной, но ЙФС позволяет избежать конфликта между программами СФК и профилактики заболеваний, обусловленных дефицитом йода. В колумбийском проекте с участием многопрофильной медицинской команды из США были получены доказательства безопасности продолжительного потребления ЙФС для здоровья детей и взрослых.

**Распространенность флюороза.** Распространенность легких форм дентального флюороза у подростков, потреблявших ЙФС с ранних лет, варьирует от 24 % (в первых программах в Цюрихе) до 48 % в Коста-Рике и на Ямайке. В белорусских исследованиях определено, что потребление ЙФС с рационом дошкольного учреждения, обеспечившее оптимальные показатели почечной экскреции фторида, обусловило легкий флюороз постоянных зубов у 20 % детей.

**Стратегии по минимизации риска флюороза в зонах с ЙФС.** При планировании программ с ЙФС необходимо изучать не только региональные источники фторнагрузки потенциальных потребителей, но и характеристики потребления добавленной соли различными группами населения (чем большее количество ЙФС соли может быть включено в рацион потребителя ЙФС, тем ниже должна быть [F] в ней). Обязательным условием безопасности программ с ЙФС является мониторинг текущей фторнагрузки с использованием биомаркеров и выполнение необходимой коррекции программы в части изменения [F] в ЙФС или области ее применения. Как и во всех программах СФК, внимания требуют дополнительные источники фторнагрузки населения (бутилированная вода, фторсодержащие зубные пасты для ухода за зубами детей).

## ФТОРИРОВАННАЯ ПИЩЕВАЯ СОЛЬ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

По данным, опубликованным FDI в 2015 г., ЙФС потребляет около 300 млн жителей разных стран.

*Фторированная соль в Европе.* Национальное производство ЙФС налажено в Швейцарии, Австрии, Чехии, Франции, Словакии, Германии, Испании, Нидерландах; произведенная в этих странах ЙФС разрешена к продаже в Греции, Ирландии, Италии, Литве, Португалии. Потребление ЙФС в Европе декларируется как добровольное; в большинстве случаев речь идет о «домашней» соли. В начале 2010-х гг. в Швейцарии ЙФС с  $[F] = 250 \pm 50$  мг/кг занимала 88 % рынка пищевой добавляемой соли, в Германии — 64 %, во Франции — около 30 %, в Беларуси — 17 %, Чехии — 15 %, Испании — 10 %, Австрии — 6 %, в Словакии — 5 %.

В Центральной и Латинской Америке внедрение ЙФС организуется РАНО с поддержкой фонда Kellogg с начала 1960-х гг. После многолетней работы по подготовке общественного и политического мнения, созданию производственной базы, системы распределения соли и мониторинга фторнагрузки населения к 2010 гг. о внедрении (на той или иной стадии) коммунальных программ с использованием ЙФС сообщили 29 стран региона. Лидерами являются Ямайка (ЙФС с  $[F] = 200 \pm 25$  мг/кг в «универсальном» режиме потребляет все население острова), Коста-Рика (ЙФС с  $[F] = 200 \pm 25$  мг/кг потребляют 95 % населения районов с водой, содержащей  $[F] < 0,7$  ppm), в Мексике ( $[F] = 250 \pm 50$  мг/кг, 95 % населения районов с водой с  $[F] < 0,7$  ppm), в Уругвае (домашняя соль с  $[F] = 250 \pm 50$  мг/кг для 90 % населения), Колумбия ( $[F] = 250 \pm 50$  мг/кг в универсальном режиме для 80 % населения); ЙФС составляет 60 % рынка домашней соли в Боливии и 80 % — в Эквадоре.

ВОЗ поддерживает распространение коммунальных программ с использованием ЙФС соли в регионах, нуждающихся в СФК, но не имеющих доступа к ФВ.

## ОСОБЕННОСТИ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИРОВАННОГО МОЛОКА

Исторически выбор молока как носителя добавок фторида в коммунах, где фторирование воды представлялось полезным, но невозможным, основывается на преруптивной парадигме механизма СФК. Швейцарский педиатр E. Ziegler, видя в детях целевую группу СФК, выбрал молоко как обязательный компонент детского рациона и в 1953 г. провел первое лабораторное фторирование молока, а в 1956 г. организовал пилотную программу с применением ФМ в г. Винтерхур. Еще до конца 1960-х гг. программы фторирования молока, входящего в школьные рационы, были

внедрены в Японии и в США. Важную роль в развитии метода сыграл E. W. Borrow (Англия), основавший в 1971 г. благотворительный фонд Borrow Dental Milk Foundation (с 1986 г. — WHO International Milk Fluoridation Programme), благодаря которому фторирование молока стало успешной альтернативой коммунальному фторированию воды в разных странах мира.

### **ДОЗИРОВАНИЕ ДОБАВОК ФТОРИДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОЛОКА В КАЧЕСТВЕ ИХ НОСИТЕЛЯ**

Поскольку задачей программы с ФМ является поднять суточную фторнагрузку ребенка до оптимального уровня, организаторы прежде всего определяют базовый уровень фторнагрузки детей (основное условие — коммунальная вода с  $[F] < 0,5 \text{ ppm}$ ) и рассчитывают возможную величину добавки фторида с учетом возраста детей-участников программы (в реализованных и описанных программах ФМ для детей от 0 до 14 лет доза добавки варьировала 0,25 до 1,5 мг F).

Особенностью программ с ФМ является фторирование не всего доступного населению молока, но только той его части, которая предназначена для обязательного строго нормированного потребления ребенком в организованном коллективе (в детском саду, школе и т. д. в Китае детям раз в день выдают 250 мл молока, в Венгрии и Болгарии — 200 мл; в Великобритании —  $190 \div 200$  мл, в России —  $150 \div 200$  мл), что и определяет расчет уровня в ФМ: в разных странах показатель  $[F]$  варьирует от 2 до 7 ppm F с «типичным» уровнем  $[F] = 5 \text{ ppm F}$  (1 мг F в 200 мл молока).

Для того чтобы каждый участник программы получил запланированное количество ФМ, оно выдается под контролем воспитателей или учителей, которые обязаны наблюдать за тем, чтобы каждый ребенок правильно (в соответствии с современными рекомендациями, для извлечения максимальной пользы от «местных» эффектов ФМ его следует выпивать медленно, маленькими глотками и не позже, чем за 15 мин до приема пищи) и полностью выпивал свою порцию ФМ и делать отметки в специальном журнале.

Поскольку школьные программы не могут обеспечить заданную фторнагрузку детей в выходные дни и во время каникул (а родители, как показывает опыт, не являются надежными исполнителями программ с ФМ) временной стандарт программ с ФМ составляет 200 дней в году.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФТОРИРОВАНИЯ МОЛОКА**

**Виды молока и молочных продуктов, используемых для фторирования.** В качестве носителей добавок фторида в программах с ФМ использовали натуральное свежее охлажденное и термически обработанное

молоко (пастеризованное, стерилизованное, ультрапастеризованное, порошковое), молоко с добавками сахара и какао, а также и восстановленное молоко, сухие молочные каши<sup>11</sup>; проведены исследования с применением фторированных йогурта, творога и сыра. Выбор конкретного молочного продукта определяется прежде всего возможностями его доставки к потребителю в пределах сроков годности.

**Реагенты для фторирования молока.** В качестве фторирующих агентов в молоко могут быть добавлены фторид кальция ( $\text{CaF}_2$ ), динатрия силикофторид ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ), фторид натрия ( $\text{NaF}$ ), динатрия монофторфосфат ( $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ ); в настоящее время в практике используются два последних соединения:  $\text{NaF}$  — для обогащения жидкого молока,  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$  — для порошкового. Как правило, реагент вносят в молоко в высококонцентрированном (для минимизации разведения молока) растворе, используя 1 л препарата для фторирования тонны молока.

**Обогащение молока фторидами.** Технологии должны обеспечить сохранение потребительских свойств исходного продукта, обеспечить равномерное распределение фторида по всему объему продукта, не требовать значительных изменений базовой технологии производства молока и иметь низкую стоимость.

Для приготовления ФМ в лаборатории готовят водный раствор химически чистого реагента и подвергают его стерилизации. При производстве жидкого ФМ для обеспечения строго дозирования раствора в производственную линию (до этапа термической обработки молока!) встраивают измерительный бак, позволяющий отмерить тонну молока. Реагент вносят в бак вручную и затем тщательно перемешивают весь объем молока, после чего технологический процесс продолжается обычным образом. Тара и этикетки должны иметь специальную маркировку. При производстве порошкового ФМ реагент вводят в конденсированное молоко перед тем, как передать его на этап высушивания; на этикетке размещают инструкцию по восстановлению ФМ разведением водой в соотношении 1 : 10. Готовая продукция проходит контроль уровня  $[\text{F}]$  в лаборатории производителя.

**Расходы для реализации программ с применением фторированного молока.** Поскольку программы ФМ используют уже существующие и оплаченные процессы производства молока, адресной доставки и организованной выдачи его детям в период их пребывания в учреждении образования, специальные расходы связаны только со стоимостью реагентов для

---

<sup>11</sup> В Чили, где в силу географических особенностей распределение свежего молока затруднено, фторируют порошковое молоко. Расчет проводят, исходя из того, что ребенок с рождения до двух лет ежемесячно получает 2 кг порошкового молока, а с 2 до 6 лет — 1 кг сухой молочной каши. «Типичное» порошковое ФМ содержит  $[\text{F}] = 50 \text{ ppm}$  (при разведении порошка молока водой 1 : 10 получают жидкое молоко с  $[\text{F}] = 5 \text{ ppm F}$ ).

фторирования и относительно небольшим дополнением технологической цепи, поэтому оцениваются как небольшие.

### **УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИРОВАННОГО МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Базовым условием безопасности программ ФМ является невысокий уровень естественной фторнагрузки населения и отсутствие в регионе других коммунальных носителей добавок фторида (при планировании программы ФМ необходимо иметь гарантии того, что они не появятся и в следующие годы ее действия).

Юридическим условием для планирования программ с ФМ является их соответствие действующему законодательству, регламентирующему качество пищевых продуктов для детского питания. Главное организационное условие — существование в регионе стабильной системы обеспечения регулярного потребления детьми молочного продукта, пригодного для фторирования и распределения.

Программы с распределением жидкого ФМ могут быть реализованы при наличии в регионе широкой сети образовательных учреждений для детей дошкольного и младшего школьного возраста, постоянного потребления обычного молока воспитанниками, возможностей производства в регионе ФМ молока и его доступности. Важно иметь гарантии того, что ФМ не будет поступать в торговую сеть. При наличии системы социальной пищевой поддержки детей программы СФК с применением ФМ могут реализовываться по альтернативным схемам (известен успешный опыт Чили, организовавшей программу СКФ с целевой выдачей полуфабрикатов детских каш с сухим ФМ семьям, выращивающим детей в сельских регионах).

В разработке коммунальной программы ФМ принимают участие представители местной стоматологической ассоциации, санитарной и педиатрической службы, местной власти, производители молока, представителей системы питания, сектора образования, а также, как правило, WHO International Milk Fluoridation Programme. Утверждение программы происходит на уровне региональной администрации. При реализации программы важно обеспечить достаточный уровень мотивации детей, их родителей и персонал к правильному применению ФМ в целях сохранения здоровья зубов воспитанников детских учреждений, организовать обязательный учет индивидуального потребления ФМ детьми. Важным условием успешной реализации программы ФМ, как и СФК в целом, является возможность организации систематического мониторинга фторнагрузки детей-участников программы.



## БИОДОСТУПНОСТЬ ФТОРИРОВАННОГО МОЛОКА

Молоко имеет сложный химический состав (углеводы — 5 %, жиры — до 4 %, белки — 3 % массы молока;  $[Ca] = 1150 \text{ ppmF}$ ,  $[P] = 920 \text{ ppm F}$ , микроэлементы), определяющий его особенности как носителя добавок фторида. С точки зрения заботы о здоровье детей важно, что после фторирования молоко сохраняет свою биологическую ценность, в т. ч. и как источник Fe, Zn, Cr, Mo, Se.

Богатый химический состав молока создает потенциальные условия для снижения биодоступности фторида. Около 80 % фторида в упаковке ФВ связывается с казеином, однако в желудке при снижении pH фторид высвобождается из органических комплексов. Взаимодействие фторида возможно только с ионизированным кальцием молока ( $[Ca^{2+}] = 80 \text{ ppm}$ ), что при  $[F] = 5 \text{ ppm}$  приводит к снижению биодоступности фторида не более чем на 20 %.

О влиянии термообработки жидкого ФМ и условий его хранения на биодоступность фторида известно, что после пастеризации  $[F^-]$  не изменяется и не снижается при хранении пастеризованного молока в стеклянных бутылках. После ультрапастеризации и стерилизации  $[F^-]$  падает на 12 %; при длительном хранении такого молока уровень  $[F^-]$  не изменяется в течение 3 месяцев, но затем начинает снижаться и спустя 8 месяцев сокращается наполовину. В порошковом молоке находят около 90 % от исходного уровня  $[F^-]$  при хранении в течение года и в течение 4 дней после восстановления показатели не изменяются.

Исследования абсорбции фторида из ФМ и измерения уровня  $[F]$  в крови показывают, что резорбция фторида из ФМ протекает относительно медленно, однако совокупная биодоступность фторида из ФМ лишь немного уступает таковой из ФВ.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОММУНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИРОВАННОГО МОЛОКА

**Медицинская эффективность.** При обсуждении влияния ФМ на развитие кариеса зубов следует учитывать как эффекты фторида, так и эффекты молока *per se*, а также непрофилактических добавок (сахара, какао), вносимых в термически обработанное молоко для повышения его вкусовой привлекательности для детей.

Коровье молоко оценивается как кариесстатический и даже реминерализующий продукт, в котором низкоинтенсивные кариесогенные эффекты медленной ферментации лактозы успешно контролируются эффектами жиров и белков (казеина), кальцием и фосфатами, а также буферными системами, которые не допускают значительного снижения pH зубной бляшке даже при потреблении молока с добавлением 5 % сахарозы. Тем

не менее, добавление сахара придает молоку кариеогенности, тогда как добавление какао может отчасти компенсировать эффект сахарозы.

Клиническая эффективность применения ФМ описывается как редукция распространенности и интенсивности кариеса временных и постоянных зубов у детей, получавших ФМ (или какао, приготовленное с ФМ) в дошкольном и младшем школьном возрасте, т. е. в течение 3–6 лет.

Анализ публикаций по теме показывает, что такие программы особенно полезны для сохранения здоровья недавно прорезавшихся зубов (доказано положительное влияние ФМ на процессы постэруптивной минерализации) и наиболее эффективны при постоянной длительной реализации (доказано участие ФМ в процессах реминерализации). При старте потребления жидкого ФМ в ясельном возрасте спустя 3–6 лет  $\Delta$ кпуз составляет  $25 \div 40 \%$ ,  $\Delta$ КПУЗ —  $35 \%$  (в т. ч.  $\Delta$ КПУЗ первых постоянных моляров —  $60 \div 80 \%$ ). В программах с применением порошкового ФМ или каши с сухим ФМ дети, получавшие такие продукты с ясельного возраста, спустя 4 года имели  $\Delta$ кпуз =  $40 \%$ .

**Экономическая эффективность.** По некоторым данным обеспечение детей ФМ в рамках существующих программ организованного питания и/или социальной продовольственной поддержки детей обходится вдвое дешевле, чем стоило бы снабжение их коммунальной ФВ. При этом, поскольку экономический эффект программ ФМ (как и СФК в целом) прямо коррелирует с базовой заболеваемостью населения кариесом зубов, внедрение коммунальных программ с ФМ имеет экономический смысл при высокой распространенности кариеса временных и постоянных зубов ( $\geq 75 \%$ ) и умеренной, высокой и очень высокой интенсивности кариеса зубов (в 6 лет кпуз  $\geq 3$ , в 12 лет КПУЗ  $\geq 3$ ). В списке коммунальных программ СФК для детей экономические характеристики ФМ уступают таковым ЙФС, но остаются более рентабельными, чем программы с применением местных фторсодержащих средств.

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРАММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИРОВАННОГО МОЛОКА**

В силу строгого дозирования суточной добавки фторида, поступающего с порцией ФМ под контролем персонала, риск превышения оптимального уровня фторнагрузки относительно невелик. То, что суточная добавка фторида поступает не дробно, но однократно, обуславливает особенности организации мониторинга фторнагрузки по параметрам скорости почечной экскреции фторида (с выделением «высокого» периода в течение 3–4 часов после приема ФМ, а также «низкого» и ночного периодов сбора мочи). В успешных программах ФМ показатели суточной экскреции фторида с мочой дошкольников соответствует таковым их ровесников из регионов с оптимальным уровнем [F] в воде. Поступление суточной добавки

фторида в одной дозе ассоциируется с риском пикового подъема [F] в крови, однако в группах девятилетних детей, получавших ФМ в ясельном и дошкольном возрасте, дентальный флюороз (в очень легкой форме) отмечен только у 16 % детей.

### **ФТОРИРОВАННОЕ МОЛОКО В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

В целом программы ФМ имеют положительный имидж у населения как метод адресной и хорошо контролируемой СФК с принципиальной возможностью личного выбора. К недостаткам организации ФМ относят предусмотренные перерывы в выдаче добавок детям; проблемой детей, чьи родители отказались от участия в программе, становится не только лишение добавок фторида, но и молока. К ограничениям применения ФМ как единственного в популяции носителя добавок относят необходимость запрета на организацию коммунальной СФК для остального населения коммуны. Однако ВОЗ поддерживает метод фторирования молока и ставит его в один ряд с фторированием воды и соли, подчеркивая, что фторирование молока и молочных продуктов может стать решением профилактических задач в тех регионах, где другие методы СФК не возможны или не жизнеспособны по политическим, экономическим и техническим причинам.

Опыт применения фторированного молока или его производных имеют 10 стран. В настоящее время FDI оценивает количество потребителей ФМ в 1 млн, региональные программы действуют в 6 странах:

- в Болгарии (ФМ и фторированный йогурт получают 30 000 детей в детских садах);

- Чили (220 000 детей от рождения до 6 лет получают порошковое ФМ и сухие фторированные молочные каши через клиники здоровья, с 6 до 14 лет — в составе школьных завтраков),

- Китае (работают два локальных проекта, в стране развернуто специальное обучение дантистов по вопросам коммунального здоровья с целью создания сети проектов ФМ);

- России (пастеризованное ФМ получают дети в детских садах Воронежа, Майкопа, Смоленска, Волгограда, Калуги, Губкинского, нескольких городов Татарстана; предпринимаются усилия по внедрению фторирования УНТ-молока с целью расширения географии проекта);

- Таиланде (пастеризованное ФМ 400 000 детей в трех городах, разрабатываются схемы для охвата программой всех школьников столицы (320 000 детей), налаживается фторирование УНТ-молока для 80 000 детей из провинции);

- Великобритании ФМ получают более 42 000 детей в возрасте от 3 до 11 лет в 16 административных округах, есть тенденция к развитию программ на севере страны.

WHO International Milk Fluoridation Programme и Фонд Borrow Dental Milk Foundation и активно поддерживают усилия исследователей и организаторов проектов ФМ, способствуя развитию теории метода и распространению практики в регионах, население которых нуждается в коммунальной СФК, но не имеет доступа к ФВ и ЙФС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Policy on use of fluoride. Review council on clinical affairs latest revision 2014 / AAPD // Oral health policies. P. 49–50. [Electronic resource]. Mode of access : [http://www.aapd.org/media/Policies\\_Guidelines / P\\_FluorideUse.pdf](http://www.aapd.org/media/Policies_Guidelines / P_FluorideUse.pdf). Date of access : 22.03.2018.*
2. *Bánóczy, J. Milk fluoridation for the prevention of dental caries / J. Bánóczy, A. Rugg-Gunn, M. Woodward // Acta Med. Acad. 2013. Vol. 42, N 2. P. 156–67.*
3. *Basic methods for assessment of renal fluoride excretion in community / WHO. Geneva : WHO Press, 2014. 89 p.*
4. *Dent Guidelines on the use of fluoride in children: an EAPD policy document / EAPD // Eur. Arch. Paediatr. Dent. 2009. Vol. 10, N 3. P. 129–35.*
5. *Exploring the short-term impact of community water fluoridation cessation on children's dental caries : a natural experiment in Alberta, Canada / L. McLaren [et al.] // Public Health. 2017. Vol. 146. P. 56–64.*
6. *Fluoride and Oral Health / D. M. O'Mullane [et al.] // Community Dent. Health. 2016. Vol. 33, N 2. P. 69–99.*
7. *Mariño, R. Cost-effectiveness models for dental caries prevention programmes among Chilean schoolchildren / R. Mariño, J. Fajardo, M. Morgan // Community Dent. Health. 2012. Vol. 29, N 4. P. 302–8.*
8. *Marthaler, T. M. Salt fluoridation and oral health / T. M. Marthaler // Acta Med. Acad. 2013. Vol. 42, N 2. P. 140–55.*
9. *Petersen, P. E. Prevention of dental caries through the use of fluoride — the WHO approach / P. E. Petersen, H. Ogawa // Community Dent. Health. 2016. Vol. 33. P. 66–8.*
10. *Preventive benefit of access to fluoridated water for young adults / A. J. Spencer [et al.] // J. Public Health Dent. 2017. Vol. 77. P. 263–271.*
11. *Salt fluoridation and dental caries : state of the question / S. Vautey [et al.] // Sante Publique. 2017. Vol. 27. P. 18.*
12. *U.S. Public Health Service recommendation for fluoride concentration in drinking water for the prevention of dental caries / U.S. Department of Health and Human Services federal panel on community water fluoridation // Public Health Rep. 2015. Vol. 130, N 4. P. 318–31.*
13. *Water fluoridation for the prevention of dental caries / Z. Iheozor-Ejiofor [et al.] // Cochrane Database Syst. Rev. 2015. Vol. 18. CD010856.*
14. *Yeung, C. A. Fluoridated milk for preventing dental caries / C. A. Yeung, L. Y. Chong, A. M. Glenny // Cochrane Database Syst. Rev. 2015. Vol. 3. CD003876.*
15. *Buzalaf, M. A. R. Review of fluoride intake and appropriateness of current guidelines / M. A. R. Buzalaf // Adv. Dent. Res. 2018. Vol. 29, N 2. P. 157–166.*
16. *Understanding optimum fluoride intake from population-level evidence / A. J. Spencer [et al.] // Adv. Dent. Res. 2018. Vol. 29, N 2. P. 144–156.*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Биологическое значение фторида .....	3
Концепция системной фторпрофилактики кариеса зубов.....	6
Современные представления о механизмах системной фторпрофилактики кариеса зубов.....	7
Оценка фторнагрузки населения на этапах планирования и реализации программ системной профилактики кариеса .....	9
Особенности коммунальных программ с применением фторированной коммунальной воды .....	15
Особенности коммунальных программ с применением йодированно-фторированной пищевой соли .....	23
Особенности коммунальных программ с применением фторированного молока .....	28
Список использованной литературы .....	35

ISBN 978-985-21-0049-6



9 789852 100496

Копилка позитивной БГМУ