

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ПРОЯВЛЕНИЯМ ФТОРИСТОЙ ИНТОКСИКАЦИИ У НАСЕЛЕНИЯ ПРИБАЙКАЛЬЯ

BIOGEOCHEMICAL REASONS OF FLUORIDE INTOXICATION IN PRIBAIKALYE POPULATION

Л.М. Яновский
Lev M. Yanovsky

Кафедра стоматологии детского возраста, гос. медицинский университет, а/я 1649, Иркутск-7 664007 Россия.
State Medicinal University, P.O. Box 1649, Irkutsk-7 664007 Russia.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Прибайкалье, ландшафты, геохимия, водоисточники, жесткость, фторид, интоксикация.

KEY WORDS: Pribaikalye, landscapes, geochemistry, water sources, hardness, fluoride, intoxication.

РЕЗЮМЕ: В регионе Прибайкалья исследованы 781 водоисточник на концентрацию фтора и жесткость питьевых вод. Проведен анализ этих гидрохимических данных по природно-территориальным комплексам — геохимическим ландшафтам.

Обнаружены статистически значимые различия концентрации фторида и жесткости питьевых вод между степными и таежными типами ландшафтов и между поверхностными и подземными водами. Приводимые материалы являются обоснованием для исследований по эпидемиологии флюороза и кариеса зубов и сопутствующей им патологии.

В работе также приводятся сведения об уровнях фторида в объектах внешней среды, его ассимиляции различными тканями и органами человека, его метаболизме и экскреции. Приводятся современные сведения о необходимых оптимальных уровнях поступления фторида в организм, что связано с его профилактическими и токсическими свойствами, а также обнаруженной в последнее время его эссенциальностью.

ABSTRACT: The fluorine concentration as well as hardness of drinking waters has been studied in 781 water sources of Pribaikalya region. Hydrochemical data of geochemical landscapes have been analyzed.

Statistically important differences of fluoride concentrations and drinking water hardness between both steppe and taiga and surface and underground waters have been found. The data obtained can be used as a ground for further investigations on fluorosis and teeth caries epidemiology and pathology.

In this work the data on fluoride concentrations in environmental objects are given. It is also given the data on assimilation of fluoride with various human tissues

and organs as well as on fluoride metabolism and excretion. Prophylactic and toxic properties of fluoride as well as its essentiality made us to find optimal concentrations of fluoride in human organism.

Введение

Поражение организма человека, вызываемое фтористой интоксикацией и называемое флюорозом по своей природе подразделяется на производственный флюороз и эндемический. Эндемическим флюорозом страдает не только человек, но еще в большей степени животные, в связи с их большей зависимостью от геохимических условий среды. При флюорозе отмечаются изменения в костной ткани, связочном аппарате, в других видах соединительной ткани, а также в других органах и системах организма.

Основатель биогеохимии В.И. Вернадский в своей работе “Несколько слов о ноосфере” писал: “В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны — прежде всего — питанием и дыханием — с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут.” И далее: “Человечество как живое вещество неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки Земли — с ее биосферой. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту” (Вернадский, 1987).

Эндемический флюороз относится к патологии человека, вызываемой биогеохимическими факторами среды, где ведущим признаком является биогенная миграция химических элементов. Монопричиной проявлений флюороза общепризнанно счита-

ется избыточное содержание фторида (фтор-иона) в питьевой воде, водовмещающих породах и соответственно этому его поступление в организм человека. Таким образом, флюороз относится к биогеохимическим эндемиям, микроэлементам избыточности (Авцын, 1981, 1991; Жаворонков и др., 1999).

Флюороз зубов — это лишь клиническое, внешнее проявление общей патологии организма — флюороза, его биологический маркер, указатель. Термин флюороз происходит от латинского слова *fluor* — фтор.

Изменения зубов, характерные для флюороза, были известны давно, задолго до установления причинно-следственных связей. Такие зубы назывались “черные зубы”, “крашенные зубы”, “крапчатые зубы”. Последний термин дошел и до наших дней. В “Международной классификации стоматологических болезней на основе МКБ-10” (ВОЗ, Женева, 1997 г.), описываемая нами патология называется “эндемическая (флюорозная) крапчатость эмали (флюороз зубов)”.

К настоящему времени в отечественной и зарубежной литературе накоплено большое количество материалов по эпидемиологии флюороза зубов и по концентрациям фторида (фтор-иона) в водах различных водоисточников различных территорий. Однако в этом большом объеме информации лишь незначительное место занимает геохимическая изученность территории и реакция организма у населения, проживающего в различных геохимических провинциях Прибайкалья и Забайкалья, хотя есть отдельные работы, свидетельствующие о том, что и здесь есть проблемы флюороза (Иванова, 1997; Яновский, 1998).

Началом решения этих проблем могла бы явиться работа по выявлению очагов флюороза, границах их ареалов, организации регулярного мониторинга как флюороза зубов у населения, так и концентраций фтора в питьевых водах.

I. Необходимость изучения эндемии флюороза зубов в Прибайкалье

Эндемические заболевания, макро- и микроэлементами, причинно связанные с геохимическими особенностями природной среды, в изучении патологии человека далеко еще не заняли надлежащего им места, они остаются малоизученными. Исключение может составлять лишь зубная эндемия. Большинство из этой группы заболеваний редко бывает непосредственной причиной смерти. В то же время эта патология приводит к разбалансировке деятельности отдельных органов и систем организма. Такой фон может существенно влиять на возникновение, развитие, симптоматику и исход других болезней. У человека снижается качество жизни. Одно из таких заболеваний флюороз, возникающий при избыточных поступлениях в организм фторидов (Виноградов, 1938).

В центре проблемы флюороза стоит микроэлемент фтор, его концентрации в питьевой воде, объе-

мы поступления и усвоения его организмом. До последнего времени в научной медицине имелись неоднозначные взгляды на значение фтора как биоэлемента. В.В. Ковальский (1974) твердо считал, что фтор является незаменимым биоэлементом.

Большинство исследователей относят остеопороз и кариес зубов к дефицитным проявлениям поступления фторидов в организм. При недостаточном поступлении фтора в организм отмечаются высокие показатели пораженности зубов кариесом, при избыточном — флюороз. Причем между полезными (профилактическими) и токсическими дозами фторида существуют очень небольшие пределы. А.П. Авцын, А.А. Жаворонков с соавторами (1991) называют кариес зубов одним из проявлений гипофтороза. Самые последние их публикации посвящены доказательствам этого явления: при гипофторозе, как и при некоторых других гипомикроэлементах, наблюдаются изменения в иммунокомпетентных органах и, прежде всего, в тимусе, а также нарушения жирового обмена и многое другое. Таким образом, найдены доказательства об эссенциальности, биологической необходимости фторида для организма человека и животных (Жаворонков и др., 1999).

Проявления патологии флюороза в полости рта в средних широтах не являются калечащими, не приводят к инвалидности и смертность от них не регистрируется, в то же время человек с окрашенными в крапинку, коричневыми, перламутровыми или меловыми зубами внешне отличается от окружающих его людей. Он менее привлекателен, он менее улыбчив и менее разговорчив — все для того, чтобы не показывать, скрыть свои необычные зубы. Он может чувствовать свою некоторую ущербность, что может помешать ему занять определенное положение в обществе.

В то же время, как указывалось выше, проявления флюороза в полости рта — это только внешние признаки патологии всего организма. При высоких концентрациях фторида в питьевой воде, низком уровне потребления животных белков, особенно в жарких странах (Индия, Цейлон, Китай и др.) выявлены обширные ареалы эндемии флюороза именно калечащего характера. Здесь часто встречается патология производных соединительной ткани: артрозо-артриты, спондилез, тугоподвижность позвоночника, суставов и т.д. В Индии природная зона с очагами эндемического флюороза получила название “флюорозного пояса” (Трофимов и др., 2000; WHO, 1970).

Исследуемый нами регион Прибайкалья занимает площадь в 774,8 тыс. км² и включает административные территории субъектов Российской Федерации — Иркутскую область и Усть-Ордынский Бурятский национальный округ. Эта площадь соизмерима с территорией Франции и Великобритании вместе взятых. Численность населения составляет 2.8 млн. человек.

В Прибайкалье проблема флюороза зубов актуальна и в то же время, видимо, в связи с нехваткой материальных средств, резким ростом других заболе-

ваний, таких, как туберкулез, венерические заболевания, ВИЧ-инфекция и т.д., этой проблеме в научной медицине, здравоохранении, и, в частности, в гигиене и стоматологии, не придается той значимости, которая придается основному стоматологическому заболеванию — кариесу зубов и его осложнениям.

Такое положение может объясняться еще и тем, что преобладающая масса населения Прибайкалья, причем городского населения, пользуется водами из открытых водоисточников. Это речные системы Ангары, Лены и крупных континентальных водоемов (Байкал и искусственные водохранилища). Воды этих систем содержат очень низкие концентрации фторида (фтор-иона) 0,10–0,25 мг/л. Эти маломинерализованные воды в Прибайкалье являются источником питьевого водоснабжения для населения численностью в 2,3 млн. человек.

В то же время в Прибайкалье, как и во всем Восточно-Сибирском регионе, во внешней среде отмечается острый дефицит йода. На этом фоне повсеместно распространена зубная эндемия, которой органам здравоохранения приходится уделять максимум внимания и вложения материальных средств.

Приходится констатировать, что проблема флюороза зубов, для ее исследования, как бы проходит мимо центров цивилизации региона, где сосредоточены крупные научные медицинские центры и лечебно-профилактические учреждения. Недостаточность, а иногда и полное отсутствие статистических данных о заболеваемости эндемическим флюорозом не дают возможности в полной мере судить о действительном распространении этого заболевания. Наша работа, выполняемая с учетом распространения флюороза зубов у населения по природно-территориальным комплексам, в определенной степени восполняет недостаток информации.

II. Фтор во внешней среде

Фтор — самый активный из всех химических элементов и по этой причине в природе он не встречается в свободном виде. Он очень распространен в соединениях с другими элементами и занимает 13-е место среди химических элементов, входящих в состав земной коры, где его содержится 0,08 % от ее массы. В связи со своей высочайшей активностью фтор легко взаимодействует как с простыми веществами, так и со сложными. Содержание фтора в минералах разнообразно. Так, криолит содержит 54,3 %, флюорит (плавиковый шпат) — 48,7 %, слюда — 9,4 %, различные фосфориты и апатиты от 0,1 % до 6 % и т.д. Также источником фтора являются граниты и гранитоидные породы. Основным же поставщиком фтора в биосферу являются фтороapatиты, хотя фтора в них содержится всего лишь 3–4%. Его много в изверженных, вулканических породах и газах, в термальных водах, откуда он также поступает в биосферу.

Гео- и биогеохимические процессы, а также производственная и бытовая деятельность людей обус-

лавливают миграцию, рассеивание и концентрацию фтора в биосфере. Поэтому фтор вездесущ, он содержится и в горных породах (300–800 мкг/кг), и в почвах (30–320 мг/кг), и в пресных (чаще 0,01–0,8 мг/л), и морских (0,8–1,4 мг/л) водах, атмосферном воздухе ($2 \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-4}$ мг/м³), в растительных (0,05–3 мг/кг) и животных (0,05–800 мг/кг) организмах.

Биологическая доступность свободных ионов фтора зависит от естественной растворимости солей фтора, кислотности почв, присутствия других минералов и химических элементов.

Все природные воды содержат фторид, хотя концентрации его очень варьируют. Это зависит от содержания фтористых минералов в водовмещающих породах, пористости пород и от физико-химических свойств воды. При $t = 18^\circ\text{C}$ растворимость соединений фтора очень различна: от 16 мг/л (CaF_2) до 5700 мг/л (Na_2SiF_6).

Основные питьевые воды содержат обычно концентрации фторида до 0,5 мг/л, но эти концентрации часто и выше в водах колодцев и артезианских скважин. Самый высокий из зарегистрированных на Земле уровней фторида отмечен в одном из озер Кении — 2800 мг/л (ВОЗ, 1989; WHO, 1970).

В Прибайкалье Т.Н. Ружниковой (1959, 1969) найдены воды скважин и колодцев с концентрацией фтора до 3,7 мг/л. Причем эти воды очень жесткие, с высокой концентрацией кальция. Это свидетельствует о том, что в основном, в Прибайкалье грунтовые воды и воды артезианских скважин растворяют кальциевые водовмещающие породы, содержащие в больших количествах флюориты (CaF_2).

В атмосферу фториды попадают с пылью из фторсодержащих почв, из газов вулканов, при сжигании угля и выбросов при производстве алюминия и кремнезема.

Уровни содержания фтора в почвах, водах и атмосферном воздухе обуславливают его кумуляцию в растительных и животных организмах. Естественно, особый интерес представляют те растения и животные, которые впоследствии идут на переработку для производства пищевых продуктов. Концентрация фторида в пищевых продуктах обычно низка (0,1–2,5 мг/кг). Однако в продуктах, в которых находятся костные ткани, содержание фторида может быть высоким. Содержание фторида в пищевых продуктах и напитках в значительной степени зависит от концентрации фторида в воде, которая используется для приготовления пищи и напитков. Многие исследователи отмечают накопление фтора в чайном листе, особенно если произрастание последнего происходит на почвах с подстилающими изверженными породами (ВОЗ, 1995; Габович, Минх, 1979; Габович, Овруцкий, 1969).

III. Метаболизм, кумуляция и экскреция фторида из организма человека

Фториды неравномерно распределяются в раз-

личных по функции и морфологии тканях животного организма. Информация об обмене фтора, межорганном распределении, ассимиляции тканями и выведении из организма является необходимой основой для суждения о его биологическом действии. В.В. Ковальский (1974), А.П. Авцын с соавт. (1991) и др. твердо считали, что фтор является незаменимым биоэлементом. Позже была подтверждена его эссенциальность.

Хорошо растворимые неорганические соединения фторида быстро всасываются, частично еще в полости рта (до 1%), 75–90% от принятых с пищей и водой фторидов всасывается в желудочно-кишечном тракте. В основном он всасывается из воды, из пищи ассимиляция происходит хуже и медленнее на 20%. Желудочный сок способствует растворению многих соединений фтора. При этом, чем выше его кислотность, тем активнее происходит всасывание. Присутствие в пищевом рационе больших количеств кальция, магния, алюминия в связи с образованием с фтором малорастворимых соединений ухудшает усвоение фторидов. В то же время, улучшает его всасывание наличие PO_4 , Fe, SO_4^{2-} , Mo. Максимальное поступление фтора из желудочно-кишечного тракта в кровь происходит через 30–60 мин. В норме человек усваивает около 80% фтора, содержащегося в пище. Легко растворимые соединения, такие как NaF и Na_2SiF_6 , используемые для фторирования воды, усваиваются почти полностью. Фтор из костной муки доступен в меньшей степени и усваивается менее чем на 50%.

Фторид в плазме крови находится в двух основных видах. Это ионизированный фтор, который и должен представлять интерес для стоматологии, гигиены, педиатрии, профпатологии и т.д., не связанный с компонентами плазмы (белками и др.) или с мягкими тканями. Вторая форма — это жирорастворимые органические соединения фтора. Поступления фторида в твердые и мягкие ткани находится в прямой зависимости от поступлений фторида, не связанного с органическими соединениями, а именно от поступлений фтор-иона.

Концентрация фторидов во внеклеточной жидкости почти такая же, как и в плазме крови. В интерцеллюлярной среде мягких тканей содержание фторидов ниже, чем в плазме, но и здесь происходят изменения пропорциональные изменениям, происходящим в плазме. Соотношение уровней фторидов в мягких тканях и в плазме меньше единицы. С возрастом содержание фторида в мягких тканях увеличивается.

Из тканей наибольшую способность к концентрации фторида проявляют эпидермис, волосы, ногти, кости, эмаль и дентин зубов. Около 99% фторидов, содержащихся в организме, связано с кальцифицированными тканями. Среди твердых тканей первое место по содержанию фтора занимает цемент зуба, за ним следуют кость, дентин и эмаль. В течение 24 часов из принятых внутрь фторидов связывается с кальцифицированными тканями до 50%, остальное —

выводится. В молодом возрасте фторид в большей степени имеет тенденцию к абсорбции, в старших возрастных группах, наоборот, — к экскреции. Фтор мобилизуется костной тканью при его пониженном поступлении, что способствует сохранению нормального уровня во внеклеточной жидкости.

Экскреция фторидов происходит на 85–90% с мочой и на 10–15% с фекалиями. С последним в основном выделяются нерастворимые соли. С потом фториды выводятся из организма в очень незначительных количествах и только в условиях жаркого климата (Габович, Минх, 1979; Колесник, 1997).

IV. Фториды в твердых тканях организма

Наиболее значительные количества фторидов накапливаются в твердых тканях костей и зубов. Здесь их концентрируется до 99,4%. Они взаимодействуют с кристаллами гидроксиапатита $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{OH}]$, в котором ион OH^- может обмениваться на очень активный ион F^- , образуя фторапатит. Также ион OH^- обменивается на ион HCO_3^- , образуя карбоксиапатит.

У молодых субъектов фториды в большей степени откладываются в твердых тканях в связи с их интенсивной минерализацией. Здесь можно отметить прямую линейную зависимость с концентрацией фторидов в питьевой воде. С возрастом абсорбция фторидов твердыми тканями уменьшается. В костной ткани фториды распределяются неравномерно: в большей степени они концентрируются в губчатом веществе, чем в кортикальном слое.

В связи с противокариозным эффектом фторидов, с одной стороны, и явлением флюороза, с другой, содержание фтора в зубах представляет особый интерес.

Чистый фтористый апатит содержит примерно 3,7% фторидов. До одной трети количества молекул гидроксиапатита в эмали зубов может быть замещено молекулами фторапатита путем замены гидроксильной группы (OH^-) на ион фтора (F^-).

Поступление фторидов в ткани зуба имеет два пути: гематогенный через пульпу и внешний — посредством омывания поверхностных слоев эмали слюной и водой. С окончанием минерализации зубов эмаль и дентин становятся менее проницаемы для ионов фтора и включение его в ткань резко уменьшается. Обогащенные фторапатитом поверхностные слои эмали становятся устойчивыми к кислотам, вызывающим деминерализацию эмали. В дентине содержание фторидов уменьшается от пульпы к эмалево-дентинной границе.

Имеющиеся сведения о фториде в литературе в основном связаны либо с флюорозом, либо с кариесом зубов, хотя надо полагать, что роль такого активного химического элемента как фтор сводится не только к указанным патологическим изменениям (Алимский, Алиева, 2000; Яновский, 1998). Эта роль, наверное, и глубже, и шире с учетом того, что фтор — это биогенный эссенциальный химический элемент.

Закономерности кумуляции фторида у человека и животных указывают на его избирательность в отношении органов и тканей. Он накапливается в кальцифицированных тканях, что, видимо, связано с определенной физиологической нормой фторида (Колесник, 1997; Федоров, Дрожжина, 1997).

Показатели флюороза зубов могут служить объективными тестами для оценки тяжести очага эндемии и того периода развития, в котором организм особенно чувствителен к избытку фтора в природной среде.

Содержание фторидов в эмали отражает средний уровень его биодоступных количеств в средах организма в период формирования и минерализации зубов. В толще обызвествленной эмали содержание фторидов остается постоянным в отличие от содержания фторидов в костях, которые продолжают накапливать их в течение всей жизни. После прорезывания зубов изменения происходят только лишь в поверхностном слое эмали (около 50 мкм) и отражают диффузию ионов фтора из среды полости рта. В этом слое эмали концентрация фторидов колеблется от 500 до 4000 мг/кг, в глубоких слоях концентрация ниже — от 50 до 100 мг/кг. В области очаговой деминерализации эмали (стадия белого пятна при начальном кариесе — *macula cariosa*) содержание фторидов повышается в связи с тем, что здесь происходит неравновесный процесс деминерализации — реминерализации и фториды диффундируют в наиболее порозные участки эмали. Содержание фтора в тканях временных зубов в 2–3 раза меньше, чем в постоянных (ВОЗ, 1995).

V. Оптимальные уровни поступления фторидов в организм

Анализ различных показателей пораженности зубов кариесом в различных населенных пунктах заставил исследователей предположить о зависимости этих данных от определенных условий внешней среды, характерных для той или иной местности. Со временем такие факторы были найдены. Опираясь на сообщения Black (США, 1916), Masaki (Япония, 1931), Ainsworth (Англия, 1933) о том, что в местах обнаружения пятнистой эмали встречалась минимальная подверженность зубов кариесу, Т.Н. Dean в 1938 г. в США провел эпидемиологическое исследование и нашел, что при содержании в питьевой воде 1,0–1,5 мг/л фтор-иона обнаруживалась наименьшая пораженность зубов кариесом. Одновременно были отмечены и флюорозные поражения зубов. Дальнейшие многочисленные исследования, проведенные в различных странах, подтверждали это открытие (Dean, 1943).

В те далекие годы низкие уровни заболеваемости флюорозом не представлялись проблемой для здравоохранения. Это считалось более приемлемым, чем высокая заболеваемость кариесом. К настоящему же времени речь идет о достижении оптимального профилактического эффекта фторидов без развития в

популяции даже легких форм флюороза.

К настоящему времени оптимальном концентрацией фторидов в питьевой воде для средних широт считается 1,0 мг/л, а предельно допустимая концентрация — 1,5 мг/л.

ВОЗ (1984) предложила схему суточных величин потребления фторида:

- 0,1–0,6 мг — очень низкий уровень;
- 0,7–1,4 мг — низкий уровень;
- 1,5–4,0 мг — оптимальный уровень;
- 5,0–12,0 мг — высокий уровень, вызывающий флюороз не только зубов, но и костей;
- 20,0 мг и более — очень высокий уровень (при использовании высоких доз фторосодержащих препаратов для лечения сенильного остеопороза).

Максимальной суточной величиной для взрослых считалась доза в 6,0 мг.

Исходя из этой схемы, в США были приняты возрастные суточные нормы поступления фторида в организм человека:

| Возраст (лет) | Пределы уровней (мг) |
|---------------|----------------------|
| 0–0,5 | 0,1–0,5 |
| 0,5–1 | 0,2–1,0 |
| 1–3 | 0,5–1,5 |
| 4–6 | 1,0–2,5 |
| 7–10 | 1,5–2,5 |
| 11 и более | 1,5–2,5 |
| Взрослые | 1,5–4,0 |

В 1992 году Т.М. Marthaler (по А.Г. Колеснику) на основании рекомендованных ВОЗ оптимальных физиологических норм (1,5–4,0 для взрослых) соотнес их с массой тела и энергопотреблением, используя для расчетов нормы Международной организации по стандартизации пищевых и сельскохозяйственных продуктов (FAO). Т.М. Marthaler составил таблицу нижних и верхних физиологических уровней суточного поступления фторида для лиц разного возраста и пола. Благодаря расчетам между различными пределами существовало определенное соответствие, но самое главное достижение было в том, что во всех случаях правильного системного применения фторида проявлялась его высокая противокариозная эффективность. И все же специалистов очень беспокоила растущая распространенность флюороза зубов, возникшего в результате внедренных ранее программ профилактики кариеса зубов.

Большинство исследователей сходятся на том, что есть дозовый порог в действии фторида. Он составляет для флюороза зубов величины порядка 0,06–0,10 мгF⁻/кг массы тела. Некоторые исследователи с этим не согласились, и Т.М. Marthaler предложил более “консервативные” пределы. Новым теоретически обоснованным верхним суточным уровнем была выбрана величина 2,9 мг фторида в сутки для подростков и молодых лиц. Эта величина соответствует концентрации фторида в питьевой воде 2 мг/л. Нижним суточным уровнем стала величина в 1,45 мг фторида. Такой объем фторида поступит в организм при concentra-

ции его в питьевой воде 0,6 мг/л.

Если масса тела взрослого мужчины 65 кг, а энергозатраты — 12,6 МДж, то в пересчете на единицу массы тела эти уровни дают дозы 0,0223 и 0,0446 мгF⁻/кг, а в пересчете на единицу энергозатрат — 0,115 и 0,230 мгF⁻/МДж.

Как считает А.Г. Колесник (1997), данные ВОЗ и его собственный 35-летний опыт исследований и внедрения препаратов фтора для профилактики кариеса зубов подтверждают целесообразность использования консервативных пропорциональных энергозатратам норм суточного поступления фторида в организм человека.

VI. Биогеохимические предпосылки эндемического флюороза в Прибайкалье

Медико-географическое районирование территорий наряду с определением зон с различной обеспеченностью биогенными минеральными веществами имеет целью определение потребности в них для нормализации условий обитания и улучшения показателей здоровья населения. Медико-географическое районирование эндемических болезней наиболее целесообразно проводить не на основе границ административных территорий, которые очень часто охватывают многие ландшафты, а в пределах природных ландшафтов или ландшафтных зон (Мещенко, 1968; Перельман, 1975; Перельман, 1999).

Территорию Прибайкалья В.В. Ковальский (1974) относит к биогеохимическим провинциям бедной йодом, кобальтом и медью, с недостатком кальция и фосфора. Он выделяет три основные части территории с различными биогеохимическими свойствами: таежно-лесная нечерноземная, горная и степная-лесостепная. Для первых двух особенно типичен недостаток биогенных минеральных веществ.

А.И. Перельман (1975, 1999) изучаемую территорию также районировал на три типа геохимических ландшафтов. Геохимический ландшафт — это биокосная система, в которой живые организмы и неорганическая материя, проникая друг в друга, тесно между собой связаны и взаимообусловлены. Здесь за счет солнечной энергии осуществляется миграция химических элементов атмосферы, гидросферы и литосферы. Для каждого типа геохимических ландшафтов характерны вполне определенные типы миграции, обмена веществ и энергии. Границы геохимических ландшафтов совпадают с различными физико-географическими и геологическими границами: геоботаническими, почвенными, литологическими, геоморфологическими, климатическими и т. д., так как в основе выделения геохимических ландшафтов лежат общие принципы ландшафтоведения. К настоящему времени выведены формулы, характеризующие геохимический ландшафт.

В таежных ландшафтах Прибайкалья — кислом глеевом и карбонатном отмечается острый недостаток биогенных минеральных веществ. В меньшей

мере он существует в карбонатном ландшафте — здесь большие и концентрации кальция в объектах природной среды.

В сравнении с таежными классами ландшафтов в степных и лесостепных больше содержится микроэлементов в почвах и водах. По В.В. Ковальскому (1974) в лесостепных биогеохимических провинциях отмечены значительные концентрации кальция, кобальта, меди и т.д. Почвы здесь имеют нейтральную или слабощелочную реакцию.

Как уже указывалось выше, основная масса населения региона использует маломинерализованную воду открытых водоисточников. В то же время население региона численностью около 500 тысяч человек использует воды небольших открытых водоемов, ключей, колодцев и артезианских скважин. Эти воды более минерализованы, имеют более высокие показатели жесткости и концентрацию фторида. Такие воды особенно характерны для степных и лесостепных ландшафтов региона, занимающих лишь 12% его территории. Необходимо отметить, что для этих ландшафтов характерна относительно высокая плотность сельского населения и высокие показатели сельскохозяйственного производства в зерноводстве и животноводстве. Эти территории являются житницей Прибайкалья. Почвы здесь представлены сибирскими черноземами, лугово-черноземами и серыми лесными. Основная часть населения степи и лесостепи пользуется питьевой водой из артезианских скважин и колодцев, имеющих повышенные показатели жесткости и содержания фтора. Именно здесь, в этих ландшафтах и отмечены нами ареалы распространения флюороза зубов.

Т.Н. Ружниковой в степных реках Заларинке и Куде определена концентрация фторидов 1,7–1,2 мг/л. Она же нашла высокие концентрации фторидов в степных и лесостепных колодезных и артезианских водах 3,23–3,74 мг/л. В крупных же водоемах Ангары, Лены, Нижней Тунгуски и других реках таежных ландшафтов уровни фторида низкие 0,01–0,23 мг/л. Здесь наибольшие показатели относятся ко времени окончания ледостава (Ружникова, 1959; Ружникова и др., 1969).

Ниже нами представлены таблицы с материалом собственных исследований распределения водоисточников по содержанию фторидов и общей жесткости питьевых вод по основным геохимическим ландшафтам Прибайкалья. Всего исследованы воды из 781 источника.

Если в открытых водоемах лесостепи Прибайкалья встречается 8,7% водоисточников с концентрацией фторида 1,51 и выше мг/л, 4,3% — с концентрацией 1,21–1,50 мг/л и 52,2% — с концентрацией 0,61–1,20 мг/л, то в открытых же водоемах таежных ландшафтов не встречаются водоисточники, которые не вошли бы в первые две градации распределения концентрации фторида. Концентрация 0,61–1,2 мг/л встречается только лишь в 4,7% случаев, т.е. здесь основная масса водоисточников 53,0% и 42,3% имеют уровни фторида до 0,3 и 0,31–0,6 мг/л. В подземных водоисточниках

ТАБЛИЦА 1.
КОНЦЕНТРАЦИЯ ФТОРИДОВ В ПИТЬЕВЫХ ВОДОИСТОЧНИКАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ЛАНДШАФТАМ.

| Вид водоисточника | Геохимические ландшафты | Средняя концентрация фторидов (мг/л) $M \pm m$ | t |
|-------------------|-------------------------|------------------------------------------------|------|
| Открытые водоемы | Лесостепной | 0,80±0,112 | 4,4 |
| | Таежный | 0,30±0,018 | |
| Подземные водоемы | | | |
| Шахтные колодцы | Лесостепной | 0,70±0,048 | 8,0 |
| | Таежный | 0,30±0,014 | |
| Скважины | Лесостепной | 0,80±0,019 | 18,8 |
| | Таежный | 0,28±0,020 | |
| Роднички, ключи | Лесостепной | 1,10±0,230 | 2,2 |
| | Таежный | 0,50±0,128 | |

эта закономерность повторяется с еще большей выраженностью.

Из таблиц видно, что население таежных ландшафтов получает воду со значительно меньшей минерализацией и уровнями фторидов, чем население степи и лесостепи. Причем все показатели значительно различаются, подтверждением чему служит доверительный коэффициент t, который больше 2. Отсюда и возникают предпосылки появления и развития флюороза и кариеса зубов, обусловленные геохимическими условиями природной среды.

Аналогом Прибайкальским степным и лесостепным ландшафтам может служить Бучакская фторис-

ТАБЛИЦА 2.
ОБЩАЯ ЖЕСТКОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПРИБАЙКАЛЬЕ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ЛАНДШАФТАМ.

| Вид водоисточника | Жесткость вод (мг-экв/л) Ландшафты: | | t |
|-------------------|----------------------------------------|-----------|------|
| | Лесостепной | Таежный | |
| | $M \pm m$ | $M \pm m$ | |
| Открытые | 5,66±0,48 | 2,73±0,41 | 4,6 |
| Подземные | 9,49±0,24 | 4,45±0,23 | 15,2 |
| t | 7,1 | 3,6 | |

тая биогеохимическая провинция на Левобережной Украине, находящаяся в зоне лесостепи, имеющая площадь в 34 тыс. км², половина которой занято черноземами, хорошо обеспеченными микроэлементами. Здесь содержание фторида в источниках водоснабжения (колодцы и скважины) находится в пределах 0,5–18 мг/л. Высокий уровень фтора в питьевой воде обусловлен залежами фосфоритовых песков с примесью флюорита. Такое состояние биогеохимического фона является причиной возникновения флюороза (Габович, Минх, 1979).

Таким образом, гетерогенность биосферы, ее определенная организованность, в нашем исследова-

нии изучаемая по ее главным составляющим — ландшафтам, выражается не только в их геохимических особенностях, но и как следствие этого — в реакциях организма человека.

Формирование системных биогеохимических исследований, экосистемного подхода к изучению и оценке природных явлений и биологических процессов, понимание функций биосферы Земли как области обитания и жизнедеятельности живых организмов стало возможным благодаря трудам отечественных естествоиспытателей П.П. Семенова Тянь-Шанского, В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, В.Н. Сукачевы, Б.Б. Польшова, их учеников и последователей (Ермаков, 1999).

Литература

- Авцын А.П., Жаворонков А.А. 1981. Патология флюороза. Новосибирск: Наука. 335 с.
- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. 1991. Микроэлементозы человека. М.: Медицина. 496 с.
- Алимский А.В., Алиева Р.К. 2000. Показатели пораженности кариесом и флюорозом зубов школьников, родившихся и постоянно проживающих в различных по уровню содержания фтора в питьевой воде регионов Азербайджана // *Стоматология*. № 2. С.40–42
- Вернадский В.И. 1987. Несколько слов о ноосфере // *Химическое строение биосферы Земли и ее окружения*. М.: Наука. С.298–304.
- Виноградов А.П. 1938. Биогеохимические провинции и эндемии // *ДАН СССР*. Т.18. № 4/5. С.280–282.
- ВОЗ. 1989. Фтор и фториды. Женева. 114 с.
- ВОЗ. 1995. Фториды и гигиена полости рта. Женева. 54 с.
- Габович Р.Д., Минх А.А. 1979. Гигиенические проблемы фторирования питьевой воды. М.: Медицина. 200 с.
- Габович Р.Д., Овруцкий Г.Д. 1969. Фтор в стоматологии и гигиене. Казань. 512 с.
- Ермаков В.В. 1999. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы // *Тр. биогеохим. лаб.* Т.23. С.152–183.
- Жаворонков А.А., Михалева Л.М., Авцын А.П. 1999. Микроэлементозы — новый класс болезней человека, животных и растений // *Тр. биогеохим. лаб.* Т.23. С.183–199.
- Иванова Е.Н. 1997. Кариес зубов и его профилактика в условиях биогеохимического избытка фтора и молибдена. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. мед. наук. Иркутск. 35 с.
- Ковальский В.В. 1974. Геохимическая экология. М.: Наука. 299 с.
- Колесник А.Г. 1997. Мониторинг фторида в стоматологии. М.: ОАО “Стоматология”. 119 с.
- Мещенко В.М. 1968. Биогеохимическая ситуация в Сибири и на Дальнем Востоке и эндемические заболевания человека // *Географические аспекты некоторых эндемических болезней в Сибири и на Дальнем Востоке*. Л.: Наука. С.5–46.
- Перельман А.И. 1975. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 342 с.

- Перельман А.И. 1999. Взаимосвязь учения о биогеохимических провинциях и геохимии ландшафта // Проблемы биогеохимии и геохимическая экология. М.: Наука. С.115–133.
- Ружникова Т.Н. 1959. Фтор как микроэлемент в природных водах Иркутской области // Материалы химической секции научной конференции Иркутского сельскохозяйственного института. Иркутск. С.14–15.
- Ружникова Т.Н., Яновский Л.М., Нестерук Г.М. 1969. Фтор в водоисточниках бассейна Нижней Тунгуски и его влияние на заболеваемость населения кариесом зубов // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ. С.227–228.
- Трофимов В.Т., Зиллинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др. 2000. Экологические функции литосферы. М.: изд-во МГУ. 432 с.
- Федоров Ю.А., Дрожжина В.А. 1997. Флюороз зубов // Новое в стоматологии. № 10/97. С.50–55.
- Яновский Л.М. 1998. Пораженность зубов кариесом у детей в очагах эндемического флюороза // III конгресс педиатров России. М.: Союз педиатров России. С.177–178.
- Dean H.T. 1943. Some epidemiological phases of endemic dental fluorosis (mottled enamel) // Proceedings of the 6 Pacific Sciens Congress. Los Angeles. P.637–643.
- WHO. 1970. Fluorides and human health. Geneva. 364 p.
-