

ГИПЕРМИКРОЭЛЕМЕНТОЗ СТРОНЦИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ КОСТНОЙ ТКАНИ У ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ

Мейбалиев М.Т.*, Исмаилова Н.Д.

*Азербайджанский Государственный Институт Усовершенствования Врачей
им.А.Алиева, кафедра гигиены, Баку, Азербайджан*

В обзоре отражаются вопросы содержания в питьевой воде повышенной концентрации стабильного стронция, который может отрицательно влиять на здоровье как детского, так и взрослого населения. В гигиенически нормированных дозах стабильный стронций является необходимым элементом, участвуя в обмене кальция, выполняя профилактику кариеса и остеопороза. Однако, его избыток оказывает ярко выраженное, негативное действие на здоровье человека, особенно детей, вызывая у них болезнь под названием “стронциевый рахит”. Следует отметить, что в питьевой воде могут присутствовать также и техногенные радиоактивные изотопы стронция. Радиоактивные изотопы ^{90}Sr , попадающие в организм, вызывают возникновение свободных радикалов - частиц, обладающих высоким повреждающим действием на живую клетку. С целью профилактических мероприятий необходимо наладить постоянный мониторинг артезианских источников, чтобы получать достоверные данные об их загрязнении.

Ключевые слова: стабильный стронций, гипермикроэлементоз, ранжирование, хелаты, биогеохимические провинции, “стронциевый рахит”, техногенные радионуклиды

Жизнь и здоровье человека тесно связаны с окружающей средой (биосферой), где одним из важнейших компонентов является вода.

Медицинский аспект в здоровье любой нации составляет не более 10%, 30% - состояние окружающей среды, 20% - генетика, остальные 40% - образ жизни человека, его питание и, главным образом, то, какую воду он пьет [10,14]. Экспертами ВОЗ установлено, что 80% всех болезней у людей возникают из-за неудовлетворительного качества питьевой воды [8]. Некоторые микроэлементы в концентрациях, наблюдающихся в природной воде некоторых биогеохимических провинций, могут отрицательно влиять на здоровье [5].

Ранжирование вредных веществ, загрязняющих питьевую воду, по коэффициентам опасности показало, что наибольший риск для детского населения представляют стронций и нитраты. Длительное использование питьевой воды, содержащей от 10 мг/л стабильного стронция, замедляет рост детей [10]. Следует отметить, что стронций является постоянным компонентом гидросферы Земли. В биогеохимических провинциях с повышенным содержанием стронция в воде глубоких подземных горизонтов, используемой для питья, у детей обна-

ружены нарушения развития костной ткани, в частности задержка прорезывания зубов, позднее закрытие родничков. Также замечено уменьшение удельного веса детей младшего школьного возраста с гармоничным морфофункциональным развитием. Патогенез указанных нарушений связан с известным в биохимии фактом конкурентных отношений стронция и кальция во время их распределения в организме, в частности в костной системе [5].

Стронций попадает в воду из подземных и горных пород, из отходов промышленных и рудодобывающих предприятий, из почвы и, даже, воздуха. Артезианская вода может содержать в 5–20 раз больше стронция, чем предельно допустимое количество, в поверхностных водах концентрация стронция редко превышает 1 мг/л. Предельно допустимая концентрация (ПДК) стабильного стронция в питьевой воде ограничена на уровне 7 мг/л, что вдвое выше, чем в европейских странах. Например, в США максимальный уровень содержания стронция в питьевой воде принят в два раза ниже [12]. ПДК стронция в рыбохозяйственных водоемах составляет 0,4 мг/л [6]. Если же показатели превышают гигиеническую норму, нужно применять водоочистные сооружения - это установка каталитического окисления и

*e-mail: meybaliyev-adhti@mail.ru

фильтрации, ионообменный фильтр, применение обратного осмоса [9, 12].

Стронций - мягкий и пластичный серебристо-белый металл, относится к группе щёлочно-земельных. Он не встречается в свободном виде из-за своей высокой реакционной активности с водой и воздухом, не меняет запах и вкус воды. Зато входит в состав различных минералов, микроорганизмов, животных, растений и человеческого организма, в котором, одновременно, имея двойственную природу, в малых дозах является необходимым элементом, участвуя в обмене кальция, выполняя профилактику кариеса и остеопороза [9]. Его избыток оказывает ярко выраженное, негативное действие на здоровье человека, особенно детей, вызывая у них болезнь под названием "стронциевый рахит". В народе это заболевание называют "уровской болезнью". Излишнее потребление стронция опасно тем, что металл накапливается в организме, оказывая на него общетоксическое действие, поражая печень и кровь.

"Уровская болезнь" возникает вследствие вытеснения ионов кальция ионами стронция из костной ткани или повышенного поступления в организм стронция на фоне дефицита кальция. В условиях даже незначительного дефицита кальция именно стронций, который легче усваивается организмом, преимущественно встраивается в костную ткань. Но стронций по сравнению с кальцием быстрее выводится из организма, что вызывает деминерализацию костей. Костная ткань становится крошкой, ломкой, что является причиной остеодеформирующего остеоартроза, особенно межфаланговых и тазобедренных суставов и позвоночного столба.

Накопление в организме стронция приводит к поражению всего организма, однако наиболее типичным для этого заболевания является развитие дистрофических изменений костно-суставной системы в период роста и развития организма (формируется симметричный деформирующий остеопороз из-за торможения роста костей со стороны метаэпифизарных хрящей) [13]. Именно поэтому типичными внешними симптомами уровской болезни являются "медвежья лапа" и "утиная походка" [5].

Стронций используется в металлургии, производстве аккумуляторов и пиротехнических средств, он также применяется при производстве телевизионной аппаратуры. Сульфат стронция - малярная краска (основная часть стронция белого).

Стронций попадает в организм не только из воды, а также из овощей и фруктов, мяса животных. Вместе с пищей в организм взрослого человека поступает 0,8–3,0 мг стронция в сутки [13]. Однако потребление стронция легче всего контролировать именно в воде. Кальций, находящийся в составе костной ткани, по своим свойствам близок к стронцию, поэтому ионы стронция могут замещать кальций в костях. При этом наблюдаются случаи, как синергизма, так и антагонизма стронция. Витамин D, лактоза, аминокислоты - лизин и аргинин улучшают абсорбцию стронция. Богатая пищевыми волокнами растительная пища, сульфат натрия и сульфат бария могут уменьшать усвоение стронция [13].

В организме взрослого человека массой 70 кг находится около 320 мг стронция, причем его основное количество (до 99%) депонировано в костях. Высокие концентрации стронция в лимфатических узлах, легких, яичниках, печени и почках. В волосах, в среднем, содержится 0,5–5,0 мкг/г стронция [13].

Таким образом, по санитарно-токсикологическому признаку стабильный стронций - элемент второго (повышенного) класса опасности. Он "работает" как нервный и мышечный яд замедленного действия, медленно отравляя организм, выводя из строя его главные системы. В избыточном количестве способен вытеснять кальций из среды, в котором он находится. Проявляется эта способность в костной ткани человека и приводит она к поистине ужасающей болезни под названием "стронциевый рахит". Суть его действия в том, что он блокирует обмен веществ и замедляет поступление в организм таких нужных любому человеку элементов, как кальций, фосфор, йод. Из-за дефицита кальция больше всего страдают и деформируются суставы и кости. В результате - кости становятся хрупкими, проявляется зобогенный эффект, разрушаются печень и кроветворные органы, ухудшается работа сердечно-сосудистой системы, возрастает количество ЛОР-заболеваний и болезней легких [10]. В случае загрязнения воды радиоактивным изотопом ^{90}Sr , к перечисленным заболеваниям добавляется онкология, лучевая болезнь.

Если обычно металлы попадают в воду в результате вымывания из геологических пород, то радионуклиды стронция и цезия считаются техногенными. Они не существуют в природе

и образуются только при работе ядерных реакторов. Их обнаружение позволяет судить о благополучии радиационной обстановки в конкретном районе. Если в окружающей среде выявляется один или оба радионуклида (^{90}Sr , ^{137}Cs), значит, недалеко произошла авария на АЭС или утечка из хранилища радиационных отходов. Нахождение радиоактивных изотопов стронция и цезия в питьевой воде приводит к лучевой болезни [12].

К сожалению, в различных сферах промышленности широко применяются наиболее опасные для человека радиоактивные изотопы стронция (^{90}Sr), которые адсорбируются на почве и затем по пищевым цепям попадают в организм человека. Изотоп стронция (^{90}Sr) может образовываться при ядерных взрывах и авариях на объектах атомной энергетики и приводить к поражению костного мозга, способствовать развитию лейкемии и рака костей. Период полураспада изотопа стронция (^{90}Sr) составляет 28,9 лет. Полный распад ^{90}Sr , попавшего в окружающую среду, занимает несколько сотен лет [1, 9, 15].

Попадает он в организм различными путями. Известно, что значительная часть радионуклидов аккумулируются в верхнем слое почвы, поэтому почва является главным источником поступления радионуклидов в сельхозпродукцию [2, 3]. В результате выветривания и вымывания из горных и подземных пород, вместе со стоками рудодобывающих и промышленных предприятий стронций оказывается в мировом океане, атмосфере, почве. Оказавшись в последней, он вытесняет оттуда кальций, обогащая собой плоды растений. Затем по пищевой цепочке это вещество поступает в организм людей, накапливается там, увеличивая риск для здоровья [6]. Этот процесс очень сложно контролировать. Зато можно держать под контролем содержание стронция в питьевой воде, которая также служит источником попадания его в организм.

Техногенные радионуклиды стронция и цезия (^{90}Sr , ^{137}Cs) могут стать так называемыми внутренними облучателями для человека и животных. Особенность данных элементов состоит в том, что они накапливаются в организме: цезий в мышцах, а стронций – в костях. При попадании изотопа ^{90}Sr внутрь организма его концентрация в крови, уже через 15 минут, достигает значительной величины, а в целом, этот процесс завершается через 5 часов, избирательно накапливаясь в костях. Облучению подвергается костная

ткань, костный мозг, кроветворная система, вследствие чего развивается анемия [4].

Исследования показали, что радиоактивный стронций может находиться и в костях новорожденных. Через плаценту он проходит в течении всего периода беременности, причем в последний месяц перед рождением в скелете его накапливается столько же, сколько аккумулировалось за все предыдущие восемь месяцев [4, 7].

Стронций практически невозможно вывести из скелета. Биологический период полувыведения изотопа ^{90}Sr из скелета составляет более 30 лет.

Для коррекции и выведения избытка стронция из организма можно использовать препараты магния, кальция, пищевые волокна, сульфат натрия и сульфат бария. Ускорение выведения из организма стронция является труднейшей задачей [4]. В случаях интоксикации стронцием показано применение хелатного комплексного соединения - EDTA2Na–(динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты). Следует отметить, что хелаты — это многофункциональные химические соединения, которые захватывают и связывают металлы, предотвращая их взаимодействие с другими веществами [13]. По крайней мере до сих пор не найдено высокоэффективных средств для быстрого выведения этого радиоактивного элемента из организма [4, 11].

Этот радионуклид, по сути, замещает в организме человека кальций, концентрируется в костном мозге. А если предположить, что параллельно с выведением в организм человека будут поступать новые дозы радионуклидов, процесс становится бесконечным [11].

В итоге постепенно происходит разрушение ДНК-клеток, страдает кровеносная система и щитовидная железа, повреждаются легкие. Также могут происходить различные мутации организма, и у появляющегося потомства наступает хроническая лучевая болезнь [11].

Конкретные последствия для здоровья человека от накапливаемого радиационного облучения зависят от индивидуальных особенностей организма. При больших дозах происходят серьезные повреждения тканей. Однако доказано, что малые - могут вызвать рак и индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей и внуков человека, подвергшегося облучению, или у его более отдаленных потомков

[11]. Помимо негатива лучевой болезни, стронций приносит и другие болезни.

Превышение нормы стронция в питьевой воде ведет к дисбактериозу кишечника [10]. Длительная ингаляция соединений стронция в производственных условиях вызывает фиброз легких. Его оксид, при взаимодействии с водой, образует гидроксид - $\text{Sr}(\text{OH})_2$. Вдыхание водных паров с указанным гидроксидом приводит к бронхиту или фиброзу легких, существенно увеличивается риск возникновения сердечной недостаточности. Кроме этого, гидроксид стронция вызывает сильные ожоги при попадании на слизистые оболочки, кожу или в глаза [12]. К комплексу защитных мероприятий при работе с радиоактивными изотопами относятся средства

индивидуальной защиты – респираторы, защитные очки, перчатки. Содержание стронция в волосах отражает длительность контакта организма со стронцием и пропорционально его концентрации в костях.

Таким образом, избыток стабильного стронция может вызвать изменения в минеральном обмене костей. “Стронциевый рахит” (“Уровская болезнь”, болезнь Кашина-Бека) — эндемическое заболевание, связанное с нарушением баланса минеральных веществ. Как уже отмечалось, радиоактивные изотопы стронция (^{90}Sr), попадающие в организм, вызывают возникновение свободных радикалов - частиц, обладающих высоким повреждающим действием на живую клетку.

ЛИТЕРАТУРА – ƏDƏBİYYAT – REFERENCES

1. Gigiyena (dərslük). Professor M.A.Kazımovun ümumi redaktorluğu ilə Bakı 2005 s.581.
2. Radiasiya gigiyenası. Dərslük. Professor M.A.Kazımov və dosent A.M.Məmmədovun ümumi redaktorluğu ilə: “Təbib”, Bakı, 2009, s.216-218.
3. Антонович Д.А., Залесский В.Г. Радиационная безопасность / Учебно - методический комплекс для студентов нетехнических специальностей.// Новополюцк, 2004 с. 111-113.
4. Гасанов А. Продукты, способствующие выведению из организма радионуклидов [Электронный ресурс] https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31079698
5. Гончарук Е.И. Коммунальная гигиена. Учебник/ Е.И. Гончарук, В.Г. Бардов, С.И. Гаркавый и др. // Киев, 2006; с.63,91.
6. Ермаков В.В. Стронций в биосфере. /Монография, Новосибирск, 2023, 160 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54795020>.
7. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. / Радиационная гигиена [Электронный ресурс] М. ГЭОТАР-Медиа, 2010; с. 153-154, 170-171 <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970414835.html>.
8. Онищенко Г.Г. Проблемы качества питьевой воды в Российской Федерации и пути их решения. <https://vstnews.ru/ru/archives-all/2010/2010-12/968-problemy-kachestva-pitevoj-vody-v-rossijskoj-federacii-i-puti-ih-resheniya>.
9. Полезные материалы о воде. <https://ion-lab.ru/stroncij-v-vode/>
10. “Пьем” стронций и хотим быть здоровыми.<https://www.rabochy-put.ru/society/144404-pem-stroncij-i-khotim-byt-zdorovymi.html>.
11. Радиация в зерне: легко усваивается организмом, а выводится 30 лет [Электронный ресурс]https://administracziy-arajona-r22.gosweb.gosuslugi.ru/dlya-zhiteley/novosti-i-reportazhi/novosti-193_1241.html //
12. Содержание стронция и цезия в воде<https://diasel.ru/article/soderzhanie-stronciya-i-ceziya-v-vode>
13. Стронций. Sr.<https://microelements.ru/elements/Sr.pdf>
14. Факторы, влияющие на здоровье человека<https://dkb.smoladmin.ru/zozh/FPZOJ.html>
15. Pröhl G., Ehlken S., Fiedler I. Ecological half-lives of ^{90}Sr and ^{137}Cs in terrestrial and aquatic ecosystems / Pröhl G., Ehlken S., Fiedler I. et al. // J. Environmental Radioactivity, 2006; Vol. 91(1–2), p. 41-72<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17007973/>

XÜLASƏ

İÇMƏLİ SUDA STRONSIUM HİPERMİKROELEMENTOZU VƏ ONUN UŞAQLARDA VƏ BÖYÜKLƏRDƏ SÜMÜK TOKUMUNUN İNKİŞAFINA TƏSİRİ

Meybaliyev M.T., İsmayılova N.C.

Ə.Əliyev adına Azərbaycan Dövlət Həkimləri Təkmilləşdirmə İnstitutu, gigiyena kafedrası, Bakı, Azərbaycan

İcmal həm uşaqların, həm də böyüklərin sağlamlığına mənfi təsir göstərə bilən içməli suda olan sabit stronsiumun artan konsentrasiyasının məzmunu ilə bağlı məsələləri əks etdirir. Gigiyenik cəhətdən standartlaşdırılmış dozalarda stabil stronsium zəruri elementdir, kalsium mübadiləsində iştirak edir və kariyes və osteoporozun qarşısını alır. Bununla belə, onun həddindən artıq olması insan sağlamlığına, xüsusən də uşaqların sağlamlığına açıq şəkildə mənfi təsir göstərir və onlarda "stronsium raxit" adlı xəstəliyə səbəb olur. Qeyd edək ki, içməli suyun tərkibində stronsiumun

texnogen radioaktiv izotopları da ola bilər. Bədənə daxil olan ^{90}Sr radioaktiv izotopları sərbəst radikalların - canlı hüceyrələrə çox zərərli təsir göstərən hissəciklərin - əmələ gəlməsinə səbəb olur. Profilaktik tədbirlər məqsədi ilə artezian bulaqlarının çirklənməsi haqqında etibarlı məlumat əldə etmək üçün onların daimi monitorinqini təşkil etmək lazımdır.

Açar sözlər: stabil stronsium, hipermikroelementoz, sıralama, xelatlar, biogeokimyəvi əyalətlər, “stronsium raxiti”, texnogen radionuklidlər

SUMMARY

STRONTIUM HYPERMICROELEMENTOSIS IN DRINKING WATER AND ITS INFLUENCE ON BONE DEVELOPMENT IN CHILDREN AND ADULTS

Meybalyev M.T., İsmailova N.J.

*Azerbaijan State Advanced Training Institute for Doctors named after A.Aliyev,
Department of Hygiene, Baku, Azerbaijan*

The review reflects the issues of high concentrations of stable strontium in drinking water, which can negatively affect the health of both children and adults. In hygienically standardized doses, stable strontium is a necessary element, participating in calcium metabolism, preventing caries and osteoporosis. However, its excess has a pronounced negative effect on human health, especially children, causing them a disease called “strontium rickets”. It should be noted that drinking water may also contain technogenic (man-made) radioactive isotopes of strontium. Radioactive isotopes ^{90}Sr , entering the body, cause the emergence of free radicals - particles that have a high damaging effect on living cells. For the purpose of preventive measures, it is necessary to establish constant monitoring of artesian springs in order to obtain reliable data on their pollution.

Keywords: stable strontium, hypermicroelementosis, ranking, chelates, biogeochemical provinces, “strontium rickets”, technogenic radionuclides

Redaksiyaya daxil olub: 15.07.2025

Çapa tövsiyə olunub: 11.08.2025

Rəyçi: Professor F.B.Ağayev