

ВПЛИВ ТВЕРДОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

© Рудько Г.І., Мацієвська О.О., 2010

Представлено результати аналізу закономірностей впливу твердості питної води, зокрема концентрації катіонів кальцію та магнію, на здоров'я людини. Виявлено від'ємну кореляцію між твердістю води та різними формами серцево-судинних захворювань.

In the article the represented results of analysis of conformities to the law of influencing of hardness of drinking-water, in particular concentrations of cations of calcium and magnesium, on a health man. It is found out negative correlation between hardness of water and different forms of cardiovascular diseases.

Постановка проблеми. Нормальне функціонування людського організму значно залежить від стабільності його хімічного складу. Коливання вмісту (як надлишок, так і нестача) хімічних елементів в організмі призводить до низки захворювань. Одними з основних структурних елементів, що формують елементний склад організму людини, є кальцій і магній.

Загальний вміст кальцію в організмі людини становить приблизно 1,9 % від загальної маси людини, при цьому 99 % усього кальцію припадає на частку скелета і лише 1 % міститься в інших тканинах і рідинах організму. Кальцій в продуктах харчування як рослинного, так і тваринного походження, знаходиться у вигляді нерозчинних солей. Всмокування їх в шлунку майже не відбувається. Абсорбція сполук кальцію відбувається у верхній частині тонких кишок, передусім у дванадцятипалій кишці. На процес всмокування значно впливають жовчні кислоти. Рівень кальцію в крові регулюється гормонами паращитоподібних залоз і вмістом вітаміну D за допомогою нервової системи.

Кальцій відіграє важливу роль у формуванні кісток, впливає на процеси скорочення м'язів, підвищує захисні функції організму, знижує небезпеку появи алергії, зміцнює стінки кровоносних судин. Кальцій бере участь у всіх життєвих процесах організму. Нормальна здатність крові до зсідання забезпечується лише за наявності солей кальцію. Кальцій відіграє важливу роль у нервово-м'язовій збудливості тканин. За збільшення в крові концентрації йонів кальцію і магнію нервово-м'язова збудливість зменшується, а за збільшення концентрації йонів натрію і калію – підвищується.

Добова потреба в кальції для дорослої людини становить 0,8–1,2 г. При цьому більше значення рекомендовано для людей віком 50 років і старше. Добова потреба в кальції до 2,0 г рекомендована: вагітним жінкам і жінкам, що годують грудьми; дівчаткам у віці 11–16 років; людям за умови високого психічного стресу та людям, що хворіють на остеопороз.

За надлишку кальцію в організмі спостерігаються: хронічний гіпертрофічний артрит, кістозна і фіброзна остео дистрофія, остеофіброз, м'язова слабкість, порушення координації рухів, деформація кісток хребта і ніг, кульгавість, нудота, блювота, болі в черевній порожнині, дизурія,

хронічний гломерулонефрит, поліурія, часті сечовипускання, ніктурія, анурія. Певну роль кальцій відіграє також в нормальній ритмічній роботі серця. Надлишок кальцію призводить до дефіциту цинку і фосфору, проте перешкоджає нагромадженню свинцю в кістковій тканині.

За недостатності кальцію в організмі спостерігаються: тахікардія, аритмія, побіління пальців рук і ніг, болі в м'язах, блювота, закрепи, ниркова колька, печінкова колька, підвищена дратівливість, дезорієнтація, галюцинації, сплутання свідомості, втрата пам'яті, тупість. Волосся – випадає; нігті стають ламкими; шкіра – потовщується і грубішає; зуби – дефекти в дентині, на емалі зубів з'являються ямки, жолобки; очний кришталик втрачає прозорість. Недостатність кальцію в організмі може викликати розрідження кісткової тканини, демінералізацію кісток, а у людей похилого віку порушення функцій залоз внутрішньої секреції. Недостатність кальцію та вітаміну D, особливо у дітей, призводить до розвитку характерних рахітичних змін.

Загальний вміст магнію в організмі людини становить близько 21 г. Головне "депо" магнію знаходиться в кістках і м'язах: у кістках фосфорнокислого магнію міститься 1,5 %, в емалі зубів – 0,75 % (в каріозних зубах – 0,83–1,88 %). Магній є необхідною складовою частиною усіх клітин і тканин. Разом з йонами інших елементів магній бере участь у збереженні йонної рівноваги рідких середовищ організму; входить до складу ферментів, пов'язаних з обміном фосфору і вуглеводів; активує фосфатазу плазми і кісток та бере участь в процесі нервово-м'язової збудливості.

Добова потреба людини в магнії – 0,25–0,35 г. Надлишок магнію виявляє переважно послаблювальний ефект. За зменшення концентрації магнію в крові спостерігаються симптоми збудження нервової системи аж до судом. Зменшення вмісту магнію в організмі призводить до збільшення вмісту кальцію. Надлишок магнію призводить до дефіциту кальцію і фосфору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хімічні елементи надходять в організм людини переважно з питною водою та продуктами харчування. Джерелами централізованого водопостачання є поверхневі та підземні води.

Головними джерелами надходження кальцію в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання та розчинення мінералів, переважно вапняків, доломітів, гіпсу, кальцієвмісних силікатів й інших осадових і метаморфічних порід. Розчиненню сприяють мікробіологічні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються зменшенням рН. Значні кількості кальцію надходять у поверхневі водні об'єкти зі стічними водами силікатної, металургійної, хімічної промисловості та стоками із сільськогосподарських угідь, особливо під час використання кальцієвмісних мінеральних добрив.

Характерна особливість кальцію – здатність утворювати в поверхневих водах доволі стійкі пересичені розчини CaCO_3 . Йонна форма кальцію (Ca^{2+}) характерна лише для слабомінералізованих природних вод. Відомі доволі стійкі комплексні сполуки кальцію з органічними речовинами, що містяться у воді. У деяких слабомінералізованих забарвлених водах до 90–100 % йонів кальцію можуть бути зв'язані з гумусовими кислотами.

У річкових водах вміст кальцію рідко перевищує 1 г/дм³. Переважно його концентрації є значно меншими. Концентрація кальцію в поверхневих водах помітно коливається протягом року: навесні вміст йонів кальцію підвищений, що пов'язано з легкістю вилугування розчинних солей кальцію з поверхневого шару ґрунтів і порід. ГДК_в кальцію становить 180 мг/дм³.

Магній у поверхневі води надходить переважно завдяки процесам хімічного вивітрювання і розчинення доломітів, мергелів та інших мінералів. Значні кількості магнію можуть надходити у водні об'єкти зі стічними водами металургійних, силікатних, текстильних тощо підприємств.

У річкових водах вміст магнію переважно коливається від кількох одиниць до десятків мг/дм³. Вміст магнію в поверхневих водах помітно коливається протягом року: максимальні концентрації спостерігаються в меженний період, мінімальні – в період повені. ГДК_{вр} магнію становить 40 мг/дм³.

Хімічний склад підземних вод формується під впливом багатьох природних чинників (клімат, хімічний склад водовмісних порід, тектоніка, водообіг тощо), що зумовлює їх гідрохімічну зональність – горизонтальну (площинну) і вертикальну (глибинну). У підземних прісних водах

кальцій і магній з'являються внаслідок розчинення вапняків, доломітів, гіпсів, під час вивітрювання деяких силікатів. У прісних підземних водах вміст кальцію і магнію вимірюється десятками мг/дм³. Із збільшенням мінералізації води кількість кальцію зменшується внаслідок його поєднання в малорозчинні сульфати і карбонати. Крім того, кальцій і магній можуть переходити в поглинаючий комплекс дисперсної частини порід. У водоносних горизонтах осадових порід кількість кальцію переважно у 2–4 рази вища від кількості магнію у водах вивержених порід. Проте це співвідношення може змінюватися.

Вимоги до якості питної води, що постачається споживачам системами централізованого водопостачання, встановлені Державним нормативним документом [1]. Зазначений документ встановлює вимоги до питної води, які забезпечують її безпеку для здоров'я людей та сприятливі органолептичні властивості. Гігієнічні вимоги, що визначають придатність води для питних потреб, включають: безпеку в епідемічному відношенні, нешкідливість хімічного складу, сприятливі органолептичні властивості та радіаційну безпеку.

Кальцій і магній з води всмоктуються в кишечнику повністю, а з продуктів, в яких він зв'язаний з білком, тільки на третину. Недостатня кількість кальцію у воді впливає на збільшення всмоктування та токсичної дії важких металів (кадмій, ртуть, свинець, алюміній тощо). Важкі метали конкурують з кальцієм у клітинах, оскільки використовують його метаболічні шляхи для проникнення в організм і заміщають йони кальцію у важливих регуляторних блоках, порушуючи в такий спосіб їх нормальну роботу.

Нормативне значення загальної твердості водопровідної води – не більше 7 мг-екв/дм³. Проте з врахуванням конкретної ситуації цей показник може бути збільшений до 10 мг-екв/дм³. Відповідність мінерального складу питної води біологічним потребам організму людини визначають показники її фізіологічної повноцінності. Рекомендоване значення загальної твердості як показника фізіологічної повноцінності питної води – коливається від 1,5 до 7,0 мг-екв/дм³ [1].

Мета роботи – проаналізувати закономірності впливу твердості питної води, зокрема концентрації катіонів кальцію та магнію на здоров'я людини.

Результати досліджень. Питанням впливу твердості води на здоров'я людини займалося чимало науковців. Так, починаючи з 1957 р., Юн Кобаясі в своїх дослідженнях побачив тісний взаємозв'язок між хімічним складом річкових вод, які використовувались для питних потреб, та рівнем смертності від апоплексії. Рівень смертності від апоплексії в Японії був надзвичайно високим порівняно з іншими країнами та став головною причиною смертності в цій країні. Кобаясі з'ясував, що саме співвідношення сульфатів до карбонатів (SO₄/CO₃) впливало на рівень смертності від апоплексії. Він вважав, що твердість води впливає на виникнення цього захворювання [6].

Через три роки учений Шродер презентував результати досліджень, проведених у 163 найбільших містах США. Він довів зворотну кореляцію між твердістю води та рівнем серцево-судинних захворювань (ССЗ) як у чоловіків, так і у жінок, а також дослідив зв'язок між різними компонентами води та коронарною хворобою серця (КХС) у чоловіків віком 45–64 роки. Він встановив важливі співвідношення між рівнем смертності від КХС та вмістом сульфатів і гідрокарбонатів у воді, а також від'ємні кореляції між смертністю від КХС та вмістом магнію, кальцію, фтору та рН води [11].

Одним із найбільш комплексних досліджень щодо географічних варіацій смертності від ССЗ стали регіональні дослідження цих захворювань у Великій Британії. На першому етапі дослідження (1969–1973 рр.) було застосовано багатofакторний регресійний аналіз щодо географічної варіації ССЗ у чоловіків і жінок віком 35–74 роки, що проживали в 253 містах Англії, Уельсу та Шотландії. Результати досліджень свідчили про нелінійний вплив твердості води; більше в діапазоні води від дуже м'якої до середньої твердості, ніж води середньої твердості до дуже твердої. Середні геометричні стандартизованого показника смертності від ССЗ для міст були згруповані за твердістю води відповідно до чотирьох кліматичних та соціально-економічних чинників (відсоток дощових днів, середньодобова максимальна температура, відсоток робітників фізичної праці, володіння

власним авто), так і без них. Показник смертності стабільно зменшується в діапазоні твердості води від 10 до 170 мг/дм³ CaCO₃, та дещо змінюється в діапазоні між 170 та 290 мг/дм³ CaCO₃ і більше. Серцево-судинні захворювання у мешканців міст, що споживають дуже м'яку воду (близько 25 мг/дм³ CaCO₃), зустрічалися на 10–15 % частіше, ніж у людей, що споживали воду середньої твердості (близько 170 мг/дм³ CaCO₃). Споживання води твердістю понад 170 мг/дм³ CaCO₃ не зменшило рівень смертності від ССЗ. Отже, максимальні ознаки ССЗ спостерігаються в діапазоні між дуже м'якою водою та водою середньої твердості [9].

Від'ємну кореляцію між твердістю води та різними формами серцево-судинних захворювань виявлено також під час досліджень, проведених у Шрі-Ланці [5].

У другій половині минулого століття в Фінляндії були проведені дослідження щодо впливу вмісту магнію в питній воді на здоров'я людини. Під час досліджень порівняно рівні смертності людей від ішемічної хвороби серця у двох сільських населених пунктах у західній та східній частинах країни. Вибірка населення складалася з чоловіків віком 40–59 років у 1959 р., після чого за станом їх здоров'я слідували впродовж наступних 15 років. Показники якості води визначали як середні значення в 10 населених пунктах західного району та 33 – східного. Діапазон середніх концентрацій магнію у воді в західному регіоні становив 6,9–27,8 мг/дм³, а в східному – 0,6–7,3 мг/дм³. Рівень смертності від ішемічної хвороби серця населення в східній частині Фінляндії був в 1,7 раза вищим, ніж у населення західної частини країни [10].

Через кілька років опубліковано результати дослідження за методом "випадок-контроль", проведеного в південно-східному регіоні Фінляндії [7]. Серед досліджуваних були чоловіки віком 30–64 роки, з якими трапився випадок гострого інфаркту міокарда (серед них були і ті, які вижили, і ті, яких врятувати не вдалося), підібрані протилежно за віком та регіоном проживання пацієнти, що перебували в лікарні (сільська місцевість – місто), а також ті, хто лікувався поза межами лікарні. Аналізували також проби питної води, яку споживали хворі. Концентрація магнію в питній воді дорівнювала 1,0–57,5 мг/дм³ – для людей з інфарктом міокарда та 0,75–30,0 мг/дм³ і 1,0–16,0 мг/дм³ – відповідно для пацієнтів, що перебували в лікарні та лікувалися в домашніх умовах. У людей, що споживали воду з найменшим вмістом магнію, ризик інфаркту міокарда виявився майже у 5 разів більшим, ніж у тих, що споживали воду з більшим його вмістом.

Найбільше магнію надходить в організм людини з продуктами харчування. Магній міститься в багатьох продуктах, зокрема в горіхах, бобових, зелених листових овочах та необроблених зернових культурах. Обробка продуктів зменшує вміст магнію в них на 80–95 %.

Споживання магнію із питної води залежить від його вмісту в ній. Звідси виникає дискусійне питання: чи є концентрація магнію у питній воді вирішальною для вмісту магнію в організмі людини, якщо основна його частка надходить в організм з продуктами харчування. Припускається, що концентрація магнію у воді може бути вирішальною для його вмісту в організмі для тих людей, які споживають його у незначних кількостях з продуктами харчування та споживають воду з високим вмістом магнію. До того ж приготування їжі на воді з низьким вмістом магнію вимиває його з продуктів, тоді як приготування на воді з високим вмістом магнію зменшує ці втрати. Слід також зазначити – магній, що знаходиться у воді, характеризується більшим ступенем біонакопичення, ніж магній у продуктах харчування.

Дефіцит кальцію поширений переважно серед літнього населення, особливо серед жінок. Відсоток поглинання кальцію з продуктів харчування коливається в межах від 15 до 75 %, у жінок клімактеричного віку поглинання відбувається лише на рівні 20–30 %. Для осіб, що відчувають дефіцит кальцію, важливим є споживання додаткового кальцію з питною водою. Для них рекомендовано також готувати їжу на воді, збагаченій кальцієм, що підвищує його вміст в їжі.

Результати досліджень, в яких взяли участь близько 40 тис. осіб, свідчать, що високий рівень споживання кальцію знижує як систолічний, так і діастолічний тиски [4]. Низькі концентрації йонів кальцію у сироватці крові виявлено у пацієнтів з гіпертонією [8].

Загальна твердість води в системах централізованого водопостачання різних районів м. Львова характеризується як середньої твердості та тверда. Для додаткового очищення питної води населення використовує різноманітні побутові фільтри, зокрема картриджного типу (фільтри-

глички). Обчислення за результатами досліджень [2, 3] дають змогу констатувати: в організм людини, яка споживає 2 дм³/добу пом'якшеної побутовими фільтрами твердої води, надходитиме приблизно 25 і 9 % від щоденної потреби відповідно кальцію та магнію. В організм мешканців, що споживають пом'якшену побутовими фільтрами воду середньої твердої, надходитиме лише приблизно 12,5 і 3 % від щоденної потреби відповідно кальцію та магнію.

Отже, питна вода з низьким вмістом життєво важливих для організму катіонів кальцію та магнію є істотним екологічним чинником ризику виникнення серцево-судинних патологій та інших Ca-Mg-залежних захворювань.

Висновки. В організм людини хімічні елементи надходять переважно з питною водою та продуктами харчування. Надлишок або нестача хімічних елементів в організмі призводить до низки захворювань. Для додаткового очищення питної води населення України використовує побутові фільтри картриджного типу, зокрема для пом'якшення води. Питна вода з низьким вмістом катіонів кальцію та магнію є істотним екологічним чинником ризику виникнення Ca-Mg-залежних захворювань, зокрема серцево-судинних. Зі споживанням води в кількості 2 дм³/добу в організм мешканців м. Львова (залежно від району проживання) надходить 12,5–25 і 3–9 % від щоденної потреби відповідно кальцію та магнію.

1. ДержСанПіН. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання: Наказ Мінохорони здоров'я України № 383 від 23 грудня 1996 р. 2. Мацієвська О.О., Долінська Н.В., Шевчук І.З. Експериментальне порівняння роботи фільтрів для пом'якшення води картриджного типу // Теорія та практика будівництва: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 655. – С. 178–182. 3. Рудько Г.І., Мацієвська О.О. Надходження кальцію та магнію в організм людини з питною водою (на прикладі населення Львова) // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2009. – №3. – С. 85–90. 4. Cappuccio E., Elliot P., Allender P.S., Pryer J., Follman P.A. and Cutler J.A. Epidemiologic Association Between Dietary Calcium Intake and Blood Pressure: A Meta-Analysis of Published Data, *Am. J. Epidemiol*, 142. – 1995. – P. 935–945. 5. Dissanayake C.B., Senaratne A. and Weerasooriya V.R. Geochemistry of Well Water and Cardiovascular Diseases in Sri Lanka, *Int. J. Environ. Stud.*, 19, 1982. – P. 195–203. 6. Kobayashi J. On Geographical Relations Between the Chemical Nature of River Water and Death Rate from Apoplexy, *Berich. Ohara Inst. Landwirtsch. Biol.*, 11, 1957. – P. 12–21. 7. Luoma H., Aromaa A., Helminen S., Murtomaa H., Kiviluoto L., Punsar S. and Knekt P. Risk of Myocardial Infarction in Finnish Men in Relation to Fluoride, Magnesium and Calcium Concentration in Drinking Water, *Acta Med. Scand.*, 213, 1983. – P. 171–176. 8. McCarron D.A. Low Serum Concentrations of Ionized Calcium in Patients with Hypertension, *N. Engl. J. Med.*, 307. – 1982. – P. 226–228. 9. Pocock S.J., Shaper A.G., Cook D.G., Packham R.E., Lacey R.E., Powell P. and Russell P.E. British Regional Heart Study: Geographic Variations in Cardiovascular Mortality, and Role of Water Quality, *Br. Med. J.*, 280, 1980. – P. 1243–1249. 10. Punsar S. and Karvonen M.J. Drinking Water Quality and Sudden Death: Observations from West and East Finland, *Cardiology*, 64, 1979. – P. 24–34. 11. Schroeder H.A. Relation Between Mortality from Cardiovascular Disease and Treated Water Supplies. Variations in States and 163 Largest Municipalities of the United States, *J. Am. Med. Assoc*, 172, 1960. – P. 1902–1908.