

УДК 616.314-002-053.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2024-3-7>

Н. О. Гевкалюк¹ <http://orcid.org/0000-0002-7718-4616>
М. Я. Пинда¹ <https://orcid.org/0000-0002-2029-3993>
О. В. Дєньга² <https://orcid.org/0000-0002-8630-9943>
А. Я. Карнківський³ <https://orcid.org/0009-0009-5745-1519>
Н. І. Сидлярук¹ <https://orcid.org/0000-0001-7515-8425>
М. С. Залізняк¹ <https://orcid.org/0000-0002-9980-4556>

ГЕОХІМІЧНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ПРЕДИКТОРИ КАРІЄСУ ЗУБІВ У ПОПУЛЯЦІЇ ДІТЕЙ 6-РІЧНОГО ВІКУ

¹Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського

Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна

²Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

³Приватна практика, Тернопіль, Україна

УДК 616.314-002-053.2

Н. О. Гевкалюк¹, М. Я. Пинда¹, О. В. Дєньга², А. Я. Карнківський³, Н. І. Сидлярук¹, М. С. Залізняк¹
ГЕОХІМІЧНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ПРЕДИКТОРИ КАРІЄСУ ЗУБІВ У ПОПУЛЯЦІЇ ДІТЕЙ 6-РІЧНОГО ВІКУ

¹Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна

²Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

³Приватна практика, Тернопіль, Україна

Стаття присвячена проблемі впливу екоотоксикантів на поширеність та інтенсивність карієсу зубів у дітей 6-річного віку. Токсико-гігієнічні дослідження складу питної води з водозабірних свердловин м. Тернопіль показали недостатню мінералізацію води, знижений вміст есенціальних хімічних елементів, зокрема фтору, і підвищений вміст нітритів і токсичних мікроелементів. Рентгено-флюоресцентний аналіз волосся дітей підтвердив антропогенне навантаження: надлишок токсичних мікроелементів стронцію, свинцю, недостатній вміст есенціальних елементів калію, заліза, міді, марганцю, селену, йоду, ін. Встановлено симбатність змін мікроелементного складу волосся і стану зубів у дітей. Поширеність карієсу зубів становила 75% за інтенсивності ураження $k\pm KIPB=6,57\pm 0,36$. Отримані дані свідчать про вплив екологічних факторів, з яких особливо значущими є геохімічний та антропогенний, на розвиток карієсу зубів.

Ключові слова: карієс зубів, діти, екоотоксиканти, есенціальні елементи.

UDC 616.314-002-053.2

N. O. Gevkaliuk¹, M. Ya. Pynda¹, O. V. Dienha², A. Ya. Karnkivskyi³, N. I. Sydliaruk¹, M. S. Zaliznyak¹
GEOCHEMICAL AND ANTHROPOGENIC PREDICTORS OF DENTAL CARIES IN A POPULATION OF 6-YEAR-OLD CHILDREN

¹Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine

²Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

³Private practice, Ternopil, Ukraine

Today, the harmful effects of geochemical and anthropogenic predictors are provocative factors for the development and activity of dental diseases. The aim of the study is to objectively study the ecological and hygienic environment, its influence on the content of micro- and macroelements in hair, oral fluid, and the condition of the hard tissues of the teeth in 6-year-old children.

Materials and methods. Toxicological and hygienic studies of drinking water of Ternopil city, macro- and micro-element composition of hair of 6-year-old children were carried out. To determine the prevalence of dental caries, 252 children aged 6 were examined, of whom a representative group of 30 children, accurately representing the composition of the studied population, was selected. Clinical and laboratory studies included the determination of the intensity of dental caries and the mineral balance of oral fluid (content of calcium, inorganic phosphorus, fluoride).

Results. The total mineralization of water was 496.0 mg/dm³, which is 2–3 times below the norm. The content of essential elements was lower than the norm almost 30 times, and the fluoride content was only 0.19 mg/dm³. The content of iron exceeded the normative indicators by 22 times. Nitrites and toxic microelements exceeded the maximum permissible values. X-ray fluorescence analysis of children's hair confirmed anthropogenic load: excess of toxic microelements of strontium, lead, insufficient content of essential elements of potassium, iron, copper, manganese, selenium, iodine, etc. We found symbiotic changes in the microelement composition of hair and oral fluid in children. Violation of the mineralizing function of saliva was revealed: low content of calcium and fluoride and predominance of phosphates in oral fluid; the Ca/P ratio was 0.09±0.01. The prevalence of dental caries in 6-year-old children was 75% with an intensity of lesion $k\pm CFE=6.57\pm 0.36$. The obtained data indicate the influence of environmental factors, of which geochemical and anthropogenic are particularly significant for the intensity of dental caries.

Key words: dental caries, children, ecotoxicants, essential elements.

© Н. О. Гевкалюк, М. Я. Пинда, О. В. Дєньга та ін., 2024

Стаття поширюється на умовах ліцензії



Вступ. Сучасні люди живуть у нових соціально-економічних умовах, несприятливі антропогенні фактори яких є реальною загрозою для здоров'я людей. Європейське регіональне бюро Всесвітньої організації охорони здоров'я розробило програмний документ «Здоров'я XXI – здоров'я для всіх у XXI столітті» [1]. У ньому висвітлені основи політики досягнення здоров'я для всіх, у тому числі і стоматологічного здоров'я населення у європейському регіоні. У рамках цієї програми стратегії досягнення стоматологічного здоров'я для всіх ВООЗ працює за трьома основними напрямками: формування способу життя, який сприяє збереженню і зміцненню здоров'я; створення навколишнього середовища, що сприяє здоров'ю людини; розвиток служб профілактики, лікування та догляду.

Захворювання порожнини рота все ще посідають провідне місце за поширеністю серед хвороб людини, а стоматологічна допомога є одним з масових видів медичного обслуговування. Згідно з епідеміологічними даними ВООЗ [1], останніми роками відзначається висока поширеність карієсу зубів серед дітей, яка в деяких країнах досягає 100% [2; 3]. В Україні поширеність стоматологічної патології вже у 2–3-річних дітей наближається до 30%, у дітей молодшого віку досягає 95%, у підлітковому віці зростає до 98%, у зрілому віці абсолютно здорової порожнини рота мають одиниці [4; 5]. Найбільш істотними факторами ризику розвитку карієсу зубів у дітей є дефіцит фтору в питній воді та їжі, незбалансоване харчування, неадекватна гігієна порожнини рота, зниження природних захисних механізмів, спадкова схильність, низький соціально-економічний рівень, несприятлива екологічна обстановка [6; 7]. В Україні поширеність карієсу зубів сягає 48,0% в центральній частині держави та 97,7% – у її західних областях. Причинами таких розбіжностей є як соціально-економічні, так і екологічні фактори, з яких особливо значущим є геохімічний [8].

Нині швидкість збільшення шкідливого впливу екоотоксикантів – екологічно небезпечних факторів хімічної природи та інтенсивність їх впливу виходить за межі біологічної пристосованості екосистем до змін середовища існування та створює пряму загрозу життю і здоров'ю населення [9]. Так, показано, що захворюваність карієсом зубів у дітей «забрудненого» регіону вища, ніж у дітей «чистого», що безпосередньо пов'язано з техногенним забрудненням [10]. Низка робіт показують, що поява раннього карієсу зубів пов'язана з інкорпорацією карієсогенних мікроелементів у субтоксичних дозах [1; 11]. У деяких роботах наводяться результати карієсогенного впливу таких важких металів, як залізо, цинк, кобальт, свинець і кадмій, що прискорюють процеси гліколізу та є антагоністами кальцію в організмі людини [12]. На цьому фоні відбувається зниження загальної неспецифічної резистентності організму, зокрема структурно-функціональної резистентності твердих тканин зубів, що є провокуючим фактором для розвитку й активності перебігу карієсу зубів.

Підтримання фізіологічної рівноваги на зміні навколишнього середовища пов'язане із синтезом, перетворенням та розпадом білків, а реальну можли-

вість протікання таких процесів, їх напрям та швидкість визначають іони металів. Мікроелементний гомеостаз може порушуватися у разі недостатнього надходження есенціальних мікроелементів і надлишку в організмі токсичних, що неминуче тягнуть за собою посилення спричиненого ними екологічного навантаження [9; 13]. На сьогодні відомо, що фактори ризику карієсу зубів, як і більшості неінфекційних захворювань, пов'язані з економічними, екологічними та соціально-поведінковими детермінантами здоров'я, тому ВООЗ розробила стратегію боротьби з раннім дитячим карієсом [14]. Всебічне вивчення впливу неорганічних та органічних екоотоксикантів, які завдають токсичної дії як на довкілля, так і на здоров'я людини, і розробка заходів боротьби з їх пошкоджуючою дією є актуальною проблемою всесвітнього значення.

Мета дослідження – оцінити еколого-гігієнічну ситуацію та її вплив на вміст мікро- і макроелементів у біологічних об'єктах – волоссі та ротовій рідині, визначити поширеність та інтенсивність карієсу зубів у 6-річних дітей, що проживають в умовах фтордефіцитної геохімічної провінції.

Матеріал та методи дослідження. Під час виконання дослідження дотримано основні положення GSP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (2013–2014 рр.), етичного кодексу ученого України (2009), що підтверджено протоколом комісії з біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (протокол засідання № 75 від 01.11.2023 р.).

У дослідженні взяли участь 252 дитини віком 6 років, що проживають у м. Тернопіль, з яких була відібрана репрезентативна група в кількості 30 дітей (14 хлопчиків і 16 дівчаток), яка точно представляє склад досліджуваної популяції. До початку проведення дослідження діти та їхні батьки були поінформовані щодо мети та методів дослідження, профілактичних засобів і режиму їх застосування, потенційних користі і ризику, можливого дискомфорту, пов'язаних з участю в дослідженні. За умови отримання поінформованої згоди (у письмовій формі) проводилось обстеження. Діагностичні та лікувально-профілактичні заходи були проведені на базі кафедри дитячої стоматології та стоматологічного відділу Університетської клініки Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України.

Проведено комплекс токсико-гігієнічних досліджень, які включали вивчення складу питної води з водозабірних свердловин м. Тернопіль. Питну воду досліджували за державними стандартами України [15]. Вивчали макро- та мікроелементний склад волосся 6-річних дітей, які проживають у регіоні, рентгено-флюоресцентним методом згідно з методикою № 12-4502, атестованою відповідно до ГОСТ 8.010-90 Українським Державним комітетом стандартизації, метрології та сертифікації 21/07/2000 року та затвердженої Державною санітарно-епідеміологічною службою України (Постанова № 8 від 05/10/2000 року).

Клініко-лабораторні дослідження полягали у визначенні поширеності та інтенсивності карієсу зубів із використанням рекомендацій ВООЗ [16]. Діагностику стану, визначення нозологічної приналежності захворювань твердих тканин зубів здійснювали за відповідними загальноприйнятими клінічними критеріями та за результатами параклінічних методів обстеження. Вивчали поширеність, інтенсивність карієсу тимчасових і постійних зубів (кп, КПВ), структуру індексів інтенсивності карієсу, рівень інтенсивності карієсу (РІК), найвищу інтенсивність карієсу (НІК). Стан мінерального балансу ротової рідини, що є найбільш показовими в оцінці ступеня карієсрезистентності, оцінювали за біомаркерами [17]. Вміст загального кальцію (Са) та неорганічного фосфору (Р) досліджували уніфікованими методами дослідження за допомогою стандартних наборів реактивів ТОВ «НВФ «СІМКО»» (Україна). Концентрацію фтору в ротовій рідині визначали за рекомендаціями К.М. Косенка [18]. Дослідження проводили потенціометричним методом з використанням фторселективного електрода ЕЛІС 131F та універсального іонметра ЕВ-74. Визначення проводили на автоматичному біохімічному аналізаторі Prestige-24І (Японія).

Статистичну обробку результатів дослідження, перевірку достовірності отриманих результатів, підрахунок величин можливих похибок здійснювали за допомогою стандартного пакета статистичного розрахунку даних Microsoft Excel 2019, вірогідну статистичну відмінність визначали за t-критерієм Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення.

Відомо, що для формування повноцінної структури емалі зубів із зовнішніх факторів велике значення має навколишня атмосфера, природні водні об'єкти, зокрема мінеральний склад питної води [9]. Результати дослідження питної води з водозабірних свердловин м. Тернопіль показали таке. Водневий показник (рН) при нормі 6,9 становив 7,3. Загальна мінералізація води (за сухим залишком), здійснювана в основному за рахунок кальцію, була нижчою за норму (1000,0–1500,0 мг/дм³) в 2–3 рази і становила 496,0 мг/дм³. Вміст таких важливих для організму хімічних сполук, як сульфати, хлориди, був нижчим за нормативні значення майже в 20 разів. Так, вміст сульфатів становив 11,45 мг/дм³, вміст хлоридів – 21,50 мг/дм³ при нормативному їх значенні 250,0–500,0 мг/дм³.

Що стосується есенціальних хімічних елементів, то вміст міді та цинку при нормативних значеннях 1,0 мг/дм³ становив 0,02 мг/дм³. Марганець містився в невеликій кількості 0,03 мг/дм³ і був нижчим за норму в 30 разів (0,1 мг/дм³). Вміст заліза перевищував нормативні показники (0,3 мг/дм³) більш ніж в 22 рази і становив 6,67 мг/дм³. Вміст селену (0,23 мг/дм³) та кобальту (0,14 мг/дм³) вкладався в нормативні значення (0,3–1,2 мг/дм³ та 0–2,0 мг/дм³ відповідно). Життєво необхідні хімічні елементи молібден та йод були відсутніми (при умовній нормі 0–3,0 мг/дм³ та 0,4–4,0 мг/дм³ відповідно).

Відомо, що основним джерелом умовно життєво необхідного хімічного елемента фтору є питна вода. За вмістом фтору в питній воді в Україні виділяють чотири основних геохімічних регіони, серед яких західні регі-

они належать до геохімічних регіонів із низьким вмістом фтору або його відсутністю в питній воді. Вміст фтору в питній воді був у понад 6 разів нижчим за оптимальне нормативне значення (1,2–1,5 мг/дм³) і становив 0,19 мг/дм³. Разом з тим відомо, що 99% всього організменного фтору, який надходить з питною водою, знаходиться в твердих тканинах у складі апатиту – основного фосфату кальцію.

Із органічних екотоксикантів перевищували вміст нітрити, що легко окислюються до відповідних нітратів. Вміст нітритів у питній воді в 32 рази перевищував гранично допустиму концентрацію (0,064 мг/дм³ та 0,002 мг/дм³ відповідно). Вміст аміаку майже в 1,5 раза перевищував норму – (2,96 мг/дм³ та 2,0 мг/дм³ відповідно). Що стосується токсичних мікроелементів, то вміст свинцю перевищував максимально допустимі межі (5,26 мг/дм³ та 0–5,0 мг/дм³ відповідно). Вміст стронцію був підвищеним більш як на 35% стосовно максимальної межі гранично допустимої концентрації (4,07 мг/дм³ та 0–3,0 мг/дм³ відповідно). Вміст алюмінію (0,001 мг/дм³), барію (0,02 мг/дм³), олова (0,88 мг/дм³) вкладався в гранично допустимі значення (0,2–0,5 мг/дм³; 0,1 мг/дм³; 0–3,0 мг/дм³ відповідно). Токсичні мікроелементи миш'як, вісмут, сурма, барій не визначались. Загалом, характеризуючи питну воду з джерел водопостачання м. Тернопіль, необхідно відзначити низьку показників, які здатні вплинути на структуру емалі зубів та спричинити демінералізацію емалі, – це недостатня мінералізація води, знижений вміст у ній есенціальних хімічних елементів, зокрема фтору, і підвищений вміст нітритів і токсичних мікроелементів.

Відомо, що основним накопичувачем шкідливих речовин внаслідок забруднення довкілля промисловими, транспортними викидами, сільськогосподарськими отрутами є волосся людини [19; 20]. Серед діагностичних біосубстратів (кров, сеча, нігті, зубний дентин, слина, ін.) волосся має найвищу інформативність як для оцінки рівня ряду есенціальних макро- та мікроелементів в організмі, так і для оцінки впливу токсичних речовин. До додаткових переваг вивчення наявності хімічних елементів у волоссі належить простота забору матеріалу, можливість неінвазивної діагностики, що особливо важливо для дітей.

Результати рентгено-флюоресцентного аналізу волосся дітей на предмет встановлення макро- та мікроелементного складу показали таке. У волоссі виявлено недостатній вміст мікроелементів калію – 22,74±1,41 мкг/г і хлору – 54,91±1,95 мкг/г (при умовних нормах 70,0–170,0 мкг/г і 60,0–560,0 мкг/г відповідно). Саме ці елементи необхідні для підтримки водно-сольового балансу організму, підтримки осмотичного тиску та кислотно-основного стану. Хлориди калію та натрію, будучи сильними електролітами, беруть участь у генерації та проведенні електричних імпульсів у нервовій і м'язовій тканинах.

Вміст життєво важливого мікроелемента заліза, необхідного для процесів енергетичного обміну, забезпечення функцій імунної системи, становив 8,32±1,11 мкг/г (при умовній нормі 15,0–35,0 мкг/г). На відміну від показників крові, вміст заліза у волоссі відображає його реальний вміст у організмі людини на всіх

стадіях дефіциту. Що стосується вмісту міді, то він становить $5,44 \pm 0,81$ мкг/г при умовній нормі $9,0\text{--}30,0$ мкг/г. Саме мідь бере участь у процесах кровотворення, регуляції окислювально-відновних процесів. Разом із іншими мікроелементами в процесах кровотворення, а також обміні інсуліну та ліпідів, забезпеченні основних нейрохімічних процесів у центральній нервовій системі бере участь марганець. Нами виявлено дефіцит марганцю ($0,17 \pm 0,03$ мкг/г проти $0,5\text{--}2,0$ мкг/г при умовній нормі), що може впливати на процеси росту, порушуючи формування скелета та кісткової тканини, призводячи до розвитку остеопорозу, прояви якого посилюються у надмірному надходженні кальцію. Саме надмірний вміст кальцію, причому майже в 2,5 раза ($725,81 \pm 8,93$ мкг/г) порівняно із умовною нормою ($300,0$ мкг/г), нами виявлено у волосі обстежуваних дітей. Вміст есенціального мікроелемента цинку незначно перевищував мінімальне значення нормативних показників ($135,76 \pm 8,41$ мкг/г та $120,0\text{--}200,0$ мкг/г відповідно). Разом з тим відомо, що дефіцит цинку призводить до підвищеного накопичення в організмі його функціональних антагоністів – свинцю та кадмію.

Вміст життєво необхідного елемента хрому був нижчим ($0,37 \pm 0,03$ мг/дм³) за мінімальну умовну норму ($0,5\text{--}5,0$ мг/дм³). Водночас відомо про есенціальність хрому для людини, його вплив на деякі ланки метаболізму людини. Крім стимулювання метаболізму глюкози та дії інсуліну, хром позитивно впливає на ріст і розвиток плода, призводячи у разі тривалого дефіциту до затримки росту, ін. Життєво необхідний для організму мікроелемент йод, що бере участь у синтезі гормонів щитовидної залози, які контролюють інтенсивність основного обміну, водно-сольового балансу, при його умовній нормі – $0,4\text{--}4,0$ мкг/г у волосі обстежуваних дітей був відсутній. Йодна недостатність значною мірою позначається на дитячому організмі, особливо в період швидкого росту. Як відомо, недостатність йоду в організмі людини призводить до розвитку ендемічного зобу, зниження фізичної та розумової працездатності, випадіння волосся, збільшення чутливості до шкідливих впливів, ін. Посилює наслідки йододефіциту нестача життєво необхідного мікроелемента селену в організмі людини. У волосі обстежуваних дітей відзначався дефіцит селену: вміст його становив $0,23 \pm 0,02$ мкг/г при умовній нормі $0,3\text{--}1,2$ мкг/г. Водночас відомо, що селен – важливий компонент системи антиоксидантного захисту організму, який оберігає клітини від шкідливої дії вільних радикалів і важких металів (кадмій, ртуть, свинець, ін.).

Що стосується вмісту основних неорганічних еко-токсикантів – важких металів, то нами встановлено таке. Із токсичних елементів вміст свинцю перевищував максимальну гранично допустиму концентрацію ($0\text{--}5,0$ мкг/г) і становив $5,26 \pm 0,91$ мкг/г. Відомо, що свинець – кумулятивна нейротоксична отрута, джерелом якої є промислові та транспортні викиди, призводить до ураження центральної та периферичної нервової системи. Потрапивши в організм, свинець локалізується в кістках, накопичуючись протягом життя. За механізмами всмоктування, розподілу та виведення з організму людини токсичний мікроелемент стронцій подібний до

кальцію – майже весь він зосереджений у кістках. Нами виявлено надмірний вміст стронцію – $4,07 \pm 0,90$ мкг/г при максимально допустимій умовній нормі $3,0$ мкг/г. Водночас відомо, що в районах, де вода, ґрунт і рослини містять надмірну кількість стронцію, у людини може розвиватися стронцієвий рахіт. Вміст таких токсичних мікроелементів, як ртуть ($0,18 \pm 0,02$ мкг/г), кадмій ($0,13 \pm 0,01$ мкг/г), олово ($0,88 \pm 0,04$ мкг/г), вкладався у гранично допустимі умовні норми ($0\text{--}2,0$ мкг/г, $0\text{--}1,0$ мкг/г, $0\text{--}3,0$ мкг/г відповідно).

Аналізуючи отримані результати вмісту макро- і мікроелементів у волосі дітей, ми можемо констатувати, що протягом свого життя діти відчували антропогенне навантаження (надлишок токсичних елементів стронцію, свинцю), вживали недостатньо мінералізовану воду (недостатній вміст калію, заліза, міді, марганцю, селену, хрому, йоду), що в майбутньому могло вплинути на процеси мінералізації кісток і твердих тканин зубів. Результати проведеного епідеміологічного дослідження показали, що поширеність карієсу зубів у 6-річних дітей Тернополя, що є зоною гіпофторозу, становила 75%. Нами встановлено, що середні показники інтенсивності карієсу зубів були дещо вищими в хлопчиків ($k_{\text{пр}} \text{ КПВ}_{\text{н}} = 7,14 \pm 0,4$), ніж у дівчаток ($k_{\text{пр}} \text{ КПВ}_{\text{н}} = 6,0 \pm 0,32$). Середні показники інтенсивності карієсу зубів у 6-річних дітей становили $6,57 \pm 0,36$, що є високими для такої вікової групи. Привертав увагу й той факт, що у всіх обстежених дітей було виявлено каріозні порожнини в перших постійних зубах (КПВ= $1,24 \pm 0,14$). Діти з найвищою інтенсивністю карієсу (НІК) становили 36,7% і середні показники інтенсивності карієсу в них були дуже високими – $10,53 \pm 0,62$. У хлопчиків із НІК каріозні ураження в 1-х постійних молярах діагностувалися в понад 3 рази частіше, ніж у дівчаток ($2,80 \pm 0,28$ та $0,83 \pm 0,04$ відповідно).

Відомо, що мінералізацію зубів після їх прорізування та забезпечення оптимального складу при функціонуванні здійснює комплексна біологічна рідина – слина [17]. Вивчення функціональної активності слинних залоз у 6-річних дітей показало, що швидкість слиновиділення в них становить $0,66 \pm 0,05$ мл/хв., тобто вкладається в нормальний рівень саливації (коливання швидкості слиновиділення – від $0,45$ до $0,96$ мл/хв). Вивчення мінерального гомеостазу ротової рідини показало порушення співвідношення основних мінеральних компонентів, які беруть участь у мінералізації зубів. Так, вміст кальцію в ротовій рідині становив $0,39 \pm 0,06$ ммоль/л, вміст фосфору – $4,12 \pm 0,43$ ммоль/л (при нормальному їх вмісті $4,0\text{--}8,0$ мг/100 мл та $10,0\text{--}25,0$ мг/100мл відповідно). Зменшення вмісту кальцію в ротовій рідині характеризує низький ступінь мінералізації емалі та схильність зубів до карієсу.

Важливим показником стану емалі зубів є співвідношення Ca/P. Від рівня коефіцієнта Ca/P порівняно з мінімальним залежить здатність гідроксиапатитів емалі протистояти дії кислот, що виробляються карієсогенними мікроорганізмами. Гідроксиапатити зі співвідношенням Ca/P= $1,67$ – Ca/P= $2,0$ характерні для емалі зубів, яка не руйнується під дією кислот, і чим вище співвідношення Ca/P в емалі зубів, тим вища її резистентність до кислотного руйнування. Проведені

нами дослідження показали низький вміст кальцію та превалювання в ротовій рідині фосфатів у 10,6 раза. Визначення коефіцієнта Ca/P становило $0,095 \pm 0,020$ ($P < 0,001$), що в 13,7 раза менше від мінімального його значення. Відомо, що співвідношення Ca/P знижується вже у разі початкових ознак демінералізації емалі зубів. З огляду на те, що гідроксиапатит є основним твердим з'єднанням кальцію і фосфору, які знаходяться в організмі за фізіологічних умов, отримані дані свідчать про превалювання процесів демінералізації емалі зубів над процесами ремінералізації.

На розчинність емалі особливий вплив має фтор, іони якого можуть входити в кристалічну решітку гідроксиапатиту. Така емаль характеризується нижчою розчинністю, викликає значну перебудову мінеральної основи емалі зуба. Крім того, фтор впливає на мікроорганізми порожнини рота, знижуючи їх кислотоутворюючі властивості. При цьому необхідно зазначити, що фтор здатний активно впливати на метаболізм слини, стимулювати мінералізуючу здатність кальцію слини, підвищуючи її ремінералізуючі властивості, а також підвищувати функціональну активність слинних залоз у зв'язку із судинорозширюючою дією.

Вміст фтору в ротовій рідині дітей при нормальному його вмісті 1,1 мг/л був у 4,4 рази нижчим і становив $0,25 \pm 0,03$ мг/л. Водночас відомо, що зменшення концентрації мінеральних компонентів, особливо фтору, у слині призводить до зниження її ремінералізуючої здатності, погіршення буферних властивостей слини, що призводить до неможливості протидіяти шкідливому впливу кислот на тверді тканини зуба. Відомо, що фтор володіє високою спорідненістю до білка матриксу емалі та включаючись у зубну емаль зубного зачатка ще до початку його мінералізації, може сприяти формуванню центрів кристалізації апатиту. За вмістом фтору серед твердих тканин перше місце посідає цемент зуба, за ним слідує кістка, дентин і емаль зуба. А з огляду на те, що фтор локалізується в поверхневих шарах емалі, процеси демінералізації особливо часто починаються в області фізіологічних заглиблень, фісур, шийок зубів. Отже, проявом недостатності фтору в організмі людини більшість дослідників вважають карієс зубів і остеопороз.

Таким чином, безперервне збільшення промислового виробництва хімічних речовин та розширення їх асортименту, забруднення природного середовища газоподібними, рідкими і твердими речовинами та від-

ходами виробництва неминуче тягнуть за собою посилення спричиненого ними екологічного навантаження. Перевищення порогів надійності екологічних систем під дією факторів антропогенного походження, що викликає деградацію середовища проживання, може бути причиною істотних змін умов існування і функціонування біогеоценозів. Із рівнем еколого-гігієнічної безпеки регіону проживання пов'язують захворюваність на карієс зубів у дітей молодшого віку. Для формування повноцінної структури емалі зубів із зовнішніх факторів велике значення має мінеральний склад питної води, зокрема вміст кальцію та фтору, зниження оптимального рівня яких призводить до розвитку карієсу зубів у дітей. Стійкість зубів до карієсу залежить від складу і властивостей ротової рідини, а також поверхневих шарів емалі зуба. У разі зниженої стійкості зубів до карієсу спостерігається зменшення вмісту мінеральних компонентів у ротовій рідині, що супроводжується підвищенням розчинності та проникності емалі зубів.

Висновки. Аналіз проведених токсико-гігієнічних досліджень питної води, які можуть вплинути на демінералізацію та розвиток карієсу зубів у дітей, показав, що головним і безперечним фактором є недостатня мінералізація води (в основному за рахунок вмісту кальцію), знижений вміст в ній життєво необхідних хімічних елементів, зокрема фтору, і підвищений вміст нітритів та токсичних мікроелементів. На основі результатів рентгено-флюоресцентного аналізу волосся дітей можемо констатувати, що протягом свого життя діти відчували антропогенне навантаження (надлишок токсичних мікроелементів стронцію, свинцю, ін.), вживали не досить мінералізовану воду (недостатній вміст життєво необхідних макро- та мікроелементів калію, заліза, міді, марганцю, селену, йоду, ін.). Вивчення мінералізуючої функції слини виявило порушення співвідношення основних мінеральних компонентів, що побічно свідчать про значущість біоелементного статусу кальцію, фтору та фосфору в мінералізації емалі зубів. На підставі проведених нами досліджень встановлено симбатність змін мікроелементного складу волосся та ротової рідини, що призводить до демінералізації емалі зубів у 6-річних дітей, які проживають в умовах фтордефіцитної геохімічної провінції. Перспективою подальших досліджень вважаємо вивчення можливості впливу на організм дітей детоксикантів, адаптогенів із метою зменшення впливу антропогенних предикторів карієсу зубів.

ЛІТЕРАТУРА

1. WHO Oral health / World Health Organization, 2023. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>.
2. Corrêa-Faria P, Paixão-Gonçalves S, Paiva SM, Pordeus IA. Incidence of dental caries in primary dentition and risk factors: a longitudinal study. *Braz Oral Res.* 2016; 30(1): S1806-83242016000100254. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0059.
3. Teshome A, Muche A, Girma B. Prevalence of Dental Caries and Associated Factors in East Africa, 2000–2020: Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Public Health.* 2021; 9: 645091. doi: 10.3389/fpubh.2021.645091.
4. Hasiuk PA, Gevkaliuk NO, Pynda MY, Vorobets AB, Dzetsiukh TI, Pudiak VY, Smiianov YV. Epidemiological indicators of dental morbidity of children as an indicator of adverse environmental influence. *Wiad lek.* 2021; 74(5): 1069–1073. PMID: 34090266. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34090266/>.
5. Kaskova LF, Sadowski MO. Age features of deciduous teeth caries parameters in 3-6 years old aged children. *Wiad Lek.* 2022; 75(2): 357–361. PMID: 35307658. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35307658/>.

6. Denha OV, Pynda MY, Kovalchuk VV. Prevalence and intensity of caries in children living in conditions of fluoride deficiency in drinking water. *Herald of problems of biology and medicine*. 2014; 2(3): 328330. (In Ukrainian). Available from: <https://vpbm.com.ua/en/vpbm-2014-02-3/6361>.
7. Khomenko LO, Ostapko OI, Bidenko NV, Holubieva IM. The influence of the environment on the dental health of children of Ukraine. *Medical science of Ukraine*. 2017; 12(12): 518. (In Ukrainian). Available from: <https://msu-journal.com/index.php/journal/article/view/108>.
8. Popovych ZB, Rozhko MM. Influence of environmental factors on children's dental health. *Actual dentistry*. 2021; 4: 20–23. doi: <https://doi.org/10.33295/1992-576X-2021-4-20> (in Ukrainian).
9. Dwivedi M, Jindal D, Jose S, Hasan S, Nayak P. Elements in trace amount with a significant role in human physiology: a tumor pathophysiological and diagnostic aspects. *J Drug Target*. 2024; 32(3): 270–286. doi: 10.1080/1061186X.2024.2309572. Epub 2024 Feb 1. PMID: 38251986.
10. Ostapko OI. Mathematical-statistical analysis of the influence of environmental factors on the state of hard tissues of permanent teeth in children in regions of Ukraine with different environmental conditions. *Herald of problems of biology and medicine*. 2015; 118(1(2)): 348353. (In Ukrainian). Available from: <https://dental-almanac.org/index.php/journal/article/view/14>.
11. Lam PPY, Chua H, Ekambaram M, Lo ECM, Yiu CKY. Risk predictors of early childhood caries increment—a systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract*. 2022; 22(3): 101732. doi: 10.1016/j.jebdp.2022.101732.
12. Jindal M, Sogi S, Shahi P, Ramesh A, Nautiyal MP, Jindal T. Salivary Nitric Oxide Levels before and after Treating Caries in Children: A Comparative Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023; 16(Suppl 2): 133–137. doi: 10.5005/jp-journals-10005-2659.
13. Shaik I, Dasari B, Shaik A, Doos M, Kolli H, Rana D, Tiwari RVC. Functional Role of Inorganic Trace Elements on Enamel and Dentin Formation: A Review. *J Pharm Bioallied Sci*. 2021; 13(Suppl 2): S952–S956. doi: 10.4103/jpbs.jpbs_392_21.
14. Ending childhood dental caries: WHO implementation manual. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240000056>.
15. Lototska OV, Kondratiuk VA, Panychev VO. Hygienic problems of water supply in the Ternopil region. *Environment and health*. 2018; 1: 36–40. (In Ukrainian). Available from: http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/publ/dovkil.nsf/all/article_e?openDocument&stypE832312CB2E010D9C225826B00293562.
16. World Health Organization. Oral health surveys: basic methods, 5th ed.; World Health Organization: Geneva, Switzerland; 2013. 125 p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548649>.
17. Kaskova LF, Mandziuk TB, Dronyk II. Acid resistance of enamel in children 7–12 years old with caries of temporary and permanent teeth and with intact teeth. *Clinical anatomy and operative surgery*. 2022; 21 (2): 21–6. doi: 10.24061/1727-0847.21.2.2022.18. (In Ukrainian).
18. Melnyk VS, Horzov LF, Duhanchyk YI. Structural analysis of dental morbidity among school-age children in Uzhhorod. *Intermedical journal*. 2017; II (10): 52–56. (In Ukrainian). Available from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/16664>.
19. Schröder H, Kippler M, Nermell B, et al. Major Limitations in Using Element Concentrations in Hair as Biomarkers of Exposure to Toxic and Essential Trace Elements in Children. *Environ Health Perspect*. 2017; 125(6): 067021. doi: 10.1289/EHP1239.
20. Kusanagi E, Takamura H, Hoshi N, Chen SJ, Adachi M. Levels of Toxic and Essential Elements and Associated Factors in the Hair of Japanese Young Children. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20(2): 1186. doi: 10.3390/ijerph20021186.

Надійшла до редакції 26.04.2024.

Прийнята до друку 30.08.2024.

Електронна адреса для листування gevkaluyuk@tdmu.edu.ua