
ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

УДК 616 – 002.4 [546.16+546.62]

С. С. Руденко, Б. П. Том'юк, М. А. Бербець, Т. М. Філянович

ВПЛИВ ВЗАЄМОДІЇ АЛЮМІНІЮ І ФТОРУ НА ЗАХВОРЮВАННЯ КАРІЄСОМ МЕШКАНЦІВ ПІВНІЧНОЇ БУКОВИНИ

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Досліджено вміст фтору і алюмінію в карієсних зубах та в питній воді різних реперних точок Північної Буковини і їх причетність до ураженості зубів карієсом.

Ключові слова: карієс, фтор, алюміній, питна вода, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт регресії.

S. S. Rudenko, B. P. Tomyuk, M. A. Berbets, T. M. Filyanovych

Chernovtsy National University

THE INFLUENCE OF THE INTERACTION OF ALUMINIUM AND FTOR ON TO ILLNESS OF CARRIES OF CITIZENS OF THE NORTHERN BUCOVINA

The content of the aluminium and ftor in carries teeth and drinking water in different reper points of the Northern Bucovina and its relation to the carries illness of the teeth.

Keywords: carries, ftor, aluminium, drinking water, correlation coefficient, regression coefficient.

Серед лімітуючих екологічних факторів важливе місце займають алюміній та фтор у питній воді, які причетні до ураження зубів карієсом. Це найбільш розповсюджене стоматологічне захворювання серед населення. Одним з факторів, який відіграє значну роль в етіології, патогенезі, а також профілактиці та лікуванні даного захворювання, є фториди. Застосування препаратів, що містять фтор, визнається одним з найбільш ефективних та доступних варіантів попередження карієсу. Проте на територіях з різним умістом фторидів у питній воді фторпрофілактика карієсу викликає занепокоєння через загрозу розвитку флюорозу. Останнє захворювання зустрічається не тільки при високому, а й при оптимальному вмісті фторидів у питній воді. Дослідження О. А. Базанової (2001) показали, що оптимальний (такий, що не викликає ні флюорозу, ні карієсу) уміст фтору у воді становить 1,2 мг/л, низький (той, що спричинює карієс) – 0,45 мг/л, дуже низький (який викликає широкомасштабні ураження карієсом) – 0,25 мг/л. Однією з можливих причин захворювання на карієс навіть за оптимального вмісту фтору в питній воді може бути поєднана його дія з іншими елементами, особливо з алюмінієм. Адже, як було встановлено раніше (Руденко, 2001), існує високий рівень прямої кореляції між умістом фтору й алюмінію в питній воді Прут-Серетської фізико-географічної області і середній рівень – у криничній воді Бескидських та Марамурешських Карпат. Крім того, територія Чернівецької області належить до біогеохімічної провінції (Вайханен, Чижевський, 1997), дефіцитної за фтором, тоді як ґрунти передгірської і гірської зон Північної Буковини характеризуються підвищеним умістом рухомої форми алюмінію (Вахняк, Назаренко, 1997; Вахняк, Беспалько, 1998).

© Руденко С. С., Том'юк Б. П., Бербець М. А., Філянович Т. М., 2005

Аналіз літературних джерел (Алюміній в питъевой воде ..., 1988; Микроэлементы человека, 1991) засвідчує специфічність впливу алюмінію на організм тварин і людини. Крім порушень діяльності центральної нервової системи встановлено значні зміни функціонального стану та розвитку кісткової тканини (Kasai, Nogi, Goodman, 1991). Особливий інтерес в цьому плані виявляє дослідження впливу надлишку рухомого алюмінію і дефіциту фтору в питній воді Чернівецької області на прояв захворювання населення карієсом.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджували: питну воду різних фізико-географічних точок Чернівецької області; уміст у ній іонів алюмінію і фтору та їх причетність до рівня ураження зубів мешканців різних районів Чернівецької області карієсом; уміст та співвідношення алюмінію до фтору в карієсних зубах мешканців Сторожинецького району; статистичний звіт Чернівецької обласної стоматологічної поліклініки за 2002 рік про захворюваність мешканців області на карієс зубів по її районах. Після додавання у криничну воду необхідних згідно з методикою з визначення F^- та Al^{3+} реактивів проводили визначення вмісту фтору потенціометричним методом за допомогою фторид-селективного електроду з використанням іономіру I-160 та алюмінію методом атомно-адсорбційної спектроскопометрії на відповідному спектроскопометрі С-115-М-1. Карієсні зуби звільняли від м'язевої тканини і після ретельного промивання, висушування та подрібнення прожарювали в муфельній печі за температури 600–800 °С. До отриманої золи додавали необхідні реактиви і воду, фільтрували і у фільтраті визначали $[F^-]$ і $[Al^{3+}]$ зазначеними вище методами. Одержані дані обробляли за допомогою методів кореляцій і регресій у лінійній та нелінійній формах для двох і більшої кількості ознак. При цьому для множинної кореляції використали складену нами програму на Паскалі, а для регресії застосували відповідний режим роботи з використанням табличного процесора *Microsoft Excel*.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Показники вмісту фтору та алюмінію у криничній воді різних районів Чернівецької області наведені в табл. 1. Вони зіставлені з ураженістю зубів карієсом мешканців цих районів. За даними табл. 1 ми знайшли параметри рівняння множинної нелінійної регресії з тими факторами, які у своїй сукупності обумовлюють статистично значущий вплив на вказане захворювання. Ними є вміст алюмінію та фтору в питній воді, а також квадрат концентрації фтору $[F]^2$ і відношення вмісту алюмінію до концентрації фтору $[Al]/[F]$. На це вказує значення множинного коефіцієнта кореляції $R = 0,904$ і коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,82$. Останнє значення свідчить про те, що 81,8 % загальної мінливості числа захворювань на карієс постійних зубів пояснюється варіацією факторних ознак $[Al]$, $[F]$, $[F]^2$, $[Al]/[F]$. Отже, віднайдені фактори істотно впливають на результативну ознаку, якою є число захворювань на карієс зубів, і це підтверджує правильність їх включення у побудовану регресійну модель:

$$Y = 406387 + 931662X_1 - 2537076X_2 + 3853124X_3 - 231350X_4, \quad (1)$$

де $X_1 = [Al]$, $X_2 = [F]$, $X_3 = [F]^2$, $X_4 = [Al]/[F]$

Таблиця 1

Зіставлення даних ураженості карієсом мешканців різних районів Чернівецької області (за 2002 рік) з результатами визначення вмісту фтору та алюмінію в криничній воді

№ з/п	Фізико-географічний район	Карієс зубів		Уміст F у питній воді, мг/л	Уміст Al у питній воді, мг/л
		постійних	тимчасових		
1	2	3	4	5	6
1.	Вижницький	21319	1485	0,145	0,137
2.	Герцаївський	11719	1146	0,225	0,243

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
3.	Заставнівський	16142	839	0,270	0,180
4.	Кельменецький	15482	3630	0,368	0,063
5.	Кіцманський	18319	1580	0,317	0,150
6.	Новоселицький	28752	1582	0,270	0,380
7.	Новодністровський	4232	155	0,257	0,084
8.	Сокирянський	21601	2364	0,233	0,080
9.	Хотинський	32585	4070	0,198	0,119
10.	Сторожинецький	40330	4477	0,435	0,124

Статистична значущість цього рівняння знаходиться на рівні значущості $\alpha = 0,043 < 0,05$, який є загальноприйнятий. При перевірці значущості кожного коефіцієнта b_0, b_1, b_2, b_3 та b_4 рівняння (1) виявилось, що незначущих коефіцієнтів серед них немає з $\alpha < 0,05$ (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичний аналіз коефіцієнтів рівняння (1)

Коефіцієнт	Стандартна помилка	t-статистика	α
$b_0 = 406387$	105056	3,868	0,012
$b_1 = 931662$	280302	3,324	0,021
$b_2 = -2537076$	676461	3,751	0,013
$b_3 = 3853124$	1033682	3,728	0,014
$b_4 = -231350$	72186	3,205	0,024

У той же час коефіцієнти регресії лінійного рівняння

$$Y = 36594 + 17772X_1 - 75762X_2 \quad (2)$$

незначимі навіть з $\alpha < 0,10$, про що свідчать результати повного лінійного аналізу кореляційного взаємозв'язку трьох ознак Y, X_1, X_2 . Більше того, незначущі не тільки парні коефіцієнти кореляції $r_{yx1}, r_{yx2}, r_{x1x2}$, а й частинні $r_{yx1.x2}, r_{yx2.x1}, r_{x1x2.y}$, які відбивають кореляцію між двома ознаками за виключеної дії третьої з них. Множинний коефіцієнт кореляції $R_{y.x1x2}$, що характеризує тісноту зв'язку між результативною ознакою Y (кількістю захворювань каріесом постійних зубів) та сукупною дією факторних ознак X_1 і X_2 ([A1] і [F]), також незначущий з прийнятим рівнем довірчої ймовірності. Його значення дорівнює тільки 0,54. Отже, лінійну регресійну модель (2) не можна застосовувати для оцінки впливу факторних ознак $X_1 = [A1]$ та $X_2 = [F]$ на кількість захворювань каріесом постійних зубів. Адже лише 29,2 % загальної варіації результативної ознаки Y обумовлено мінливістю зазначених факторних ознак.

З нелінійного рівняння (1) множинної регресії можна на перший погляд зробити висновок, що нібито зростання квадрату концентрації фтору X_3 обумовлює збільшення числа захворювань каріесом постійних зубів – цей член входить в рівняння (1) із знаком «+» та з коефіцієнтом $b_3 = 3853124$, який у $\sim 1,5$ рази більше по модулю коефіцієнта $b_2 = -2537076$. Але, взявши до уваги сукупний вплив членів цього рівняння, куди входить фтор, можна перекопатися в тому, що даний елемент сприяє зменшенню числа захворювань, оскільки сума цих членів менше нуля по всіх районах області (табл. 3).

Установити якусь кореляцію між відношенням $[A1]/[F] = X_4$ та збільшенням чи зменшенням кількості захворювань не вдається з-за характеру варіювання відповідних ознак. Так, практично для однакових значень X_4 ($\sim 0,33$ і $\sim 0,34$) кількість захворювань збільшується для одного з них і зменшується для іншого. Якщо ж суму членів $b_1X_1 + b_4X_4$, знак якої відбиває тенденцію зростання чи зменшення числа захворювань, зіставити з $[F]^2$, то побачимо, що вказаний вплив не є однозначним.

Там, де квадрат концентрації фтору перевищує $0,06 \text{ (мг/л)}^2$, відповідні відношення концентрації алюмінію до фтору сприяють збільшенню кількості захворювань (сума членів $b_1 [Al] + b_4 [Al]/[F]$ додатна), а де менше $0,06 \text{ (мг/л)}^2$ – зменшенню числа захворювань (сума вказаних членів від’ємна). Підсумовуючи результати регресійного аналізу, можна констатувати явище емерджентності. Поєднана дія елементів виявляє як підсилюючий, так і гальмуючий вплив на рівень ураження постійних зубів карієсом (при $[F]^2 > 0,06 \text{ (мг/л)}^2$ – підсилюючий, при $[F]^2 < 0,06 \text{ (мг/л)}^2$ – гальмуючий).

Таблиця 3

Роздільний та поєднаний вплив членів рівняння (1), що містять фтор, на ураження постійних зубів карієсом

№ району	Значущі члени рівняння регресії (1)		
	b_2x_2	b_3x_3	$b_2x_2 + b_3x_3$
1.	-367876	81012	-286864
2.	-570842	195064	-375778
3.	-685010	280893	-404117
4.	-933644	521805	-411839
5.	-804253	387196	-417057
6.	-685010	280893	-404817
7.	-652029	254495	-397534
8.	-591139	209183	-381956
9.	-502341	151058	-351283
10.	-342505	70223	-272282

Сукупний вплив членів рівняння (1), що містять алюміній, не є таким однозначним (табл. 4).

Таблиця 4

Роздільний та сукупний вплив членів рівняння (1), що містять алюміній, на ураження постійних зубів карієсом

№ району	Значущі члени рівняння регресії (1)				
	b_1X_1	b_4X_4	$b_1X_1 + b_4X_4$	$X_4 = [Al]/[F]$	$X_3 = [F]^2$
1.	127638	-218586	-90948	0,945	0,021
2.	226394	-249858	-23464	1,080	0,051
3.	167699	-154233	13466	0,667	0,073
4.	58695	-39606	19089	0,171	0,135
5.	139749	-109471	30278	0,473	0,101
6.	354032	-325604	28428	1,407	0,073
7.	78260	-75617	2643	0,327	0,067
8.	74533	-79434	-2643	0,343	0,054
9.	110868	-139044	-28176	0,601	0,039
10.	115526	-212499	-96973	0,919	0,018

При подальшому дослідженні виявилось, що захворювання карієсом тимчасових зубів не підкоряється рівнянню регресії (1) – його коефіцієнти статистично незначущі. У пошуках значущого для них рівняння нелінійної множинної регресії ми зупинились на залежності (3) наступного виду:

$$Y = 91148 + 479164X_1 - 710358X_2 - 75542X_3 + 5037X_4 - 329221X_5 + 948063X_6,$$

де $X_1 = [Al]$, $X_2 = [F]$, $X_3 = [Al]/[F]$, $X_4 = [F]/[Al]$, $X_5 = [Al]^2$, $X_6 = [F]^2$, для якої $R_{\text{мн.}} = 0,91$, а $R_{\text{детермінації}} = 0,82$. Тобто і тут варіація кількості захворювань на 82,5 % обумовлена

мінливістю вже шістьох (а не чотирьох) факторних ознак. Саме тому, незважаючи на високий коефіцієнт множинної кореляції, коефіцієнти b_4 та b_5 значущі на рівні значущості $\alpha < 0,20$, а інші – на рівні значущості $\alpha < 0,10$ (табл. 5).

Таблиця 5

Статистичний аналіз коефіцієнтів рівняння (3)

Коефіцієнт	Стандартна помилка	t-статистика	α
$b_0 = 91148$	31122	2,928	0,061
$b_1 = 479164$	199531	2,401	0,096
$b_2 = -710358$	251115	2,829	0,066
$b_3 = -74542$	29067	2,565	0,083
$b_4 = 5037$	2318	2,173	0,118
$b_5 = -329221$	161458	2,039	0,134
$b_6 = 948063$	325615	2,912	0,062

Оскільки такі рівні значимості не є загальноприйнятими, то рівняння (3) нами детально не аналізувалось. Пошук для них рівняння нелінійної множинної регресії стосовно захворювань на карієс тимчасових зубів необхідно продовжити, що є складною проблемою з-за нескінченно великої кількості нелінійних залежностей. Що стосується залежностей між умістом алюмінію і фтором в карієсних зубах – як тимчасових, так і постійних – і кількістю захворювань на цю хворобу, то на прикладі мешканців тільки одного (Сторожинецького) району нам не вдалося віднайти їх із задовільними значеннями коефіцієнтів кореляції. Можливо, це можна пояснити значно меншим об'ємом вибірки, хоча існує ймовірність стосовно принципової відсутності кореляції між ними.

ВИСНОВКИ

На території Чернівецької області не виявлено жодного населеного пункту, де вміст фтору в питній воді відповідав би нормі або перевищував її. Це дозволяє констатувати справедливість концепції щодо приналежності Чернівецької області до біогеохімічної провінції, дефіцитної за фтором.

Віднайдено високої прогностичної сили рівняння множинної нелінійної регресії із значущими факторами, які істотно впливають на ураженість постійних зубів карієсом мешканців різних фізико-географічних районів Чернівецької області. Ними є концентрація алюмінію і фтору в криничній воді різних реперних точок, квадрат концентрації фтору і відношення $[Al]/[F]$.

Множинний регресійний аналіз у лінійній і нелінійній формах не виявив позитивного впливу сукупної дії алюмінію і фтору в питній воді на рівень ураженості карієсом тимчасових зубів.

При дослідженні уражених карієсом постійних і тимчасових зубів мешканців одного із районів області нами не встановлена причетність умісту алюмінію і фтору в карієсних зубах до розвитку даного захворювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Микроэлементы человека / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, Л. С. Строчков и др. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
- Базанова А. А. Особенности экскреции и метаболизма фторидов и их значение для профилактики кариеса зубов у детей, проживающих на территориях с различным содержанием фторидов в питьевой воде: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Тверь, 2001. – 17 с.
- Вайханен В. Б., Чижевский И. В. Фторпрофилактика кариеса зубов в различных биогеохимических регионах Украины // Лікарська справа. – 1997. – № 3. – С. 17-18.

Вахняк В. С., Беспалько Р. І. Рухомі сполуки алюмінію в бурувато-підзолистих ґрунтах різного використання в Передкарпатті // Аграрна наука – селу: Наук. зб. – Вип. 6. – Кам'янець-Подільський: К.-П. пед. ін-т, 1998. – С. 34-36.

Вахняк В. С., Назаренко І. І. Оксиди алюмінія в лесных и окультуренных почвах предгорий Карпат // Почвоведение. – 1997. – № 6. – С. 687-693.

Алюминий в питьевой воде и здоровье населения / Н. В. Гулакина, Ю. В. Новиков, С. И. Плитман и др. // Гигиена и санитария. – 1988. – № 11. – С. 12-14.

Руденко С. С. Алюміній в природних біотопах: Біохімічна адаптація тварин. – Чернівці: Рута, 2001. – 300 с.

Kasai K., Hori M. T., Goodman W. C. Transferrin enhances the antiproliferative effect of aluminum on osteoblast – like cells // Amer. S. Physiol. – 1991. – Vol. 260, № 4, Pt.1. – P. 537-543.

Надійшла до редколегії 03.04.05