

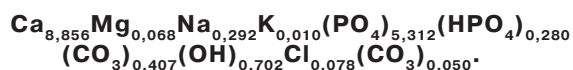
І.І. Якубова

**ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕМАЛІ ЗУБІВ МИШЕЙ, ЩО УТРИМУВАЛИСЯ НА ДІЄТІ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ CHOLESTEROL МЕТОДОМ ЕНЕРГОДИСПЕРСІЙНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ**

**Приватний вищий навчальний заклад «Київський медичний університет УАНМ» (м. Київ)**

Дана робота є фрагментом комплексної науково-дослідної теми кафедри терапевтичної стоматології спільно з кафедрою дитячої терапевтичної стоматології та профілактики стоматологічних захворювань Приватного вищого навчального закладу «Київського медичного університету УАНМ» «Використання біологічно-активних речовин і гомеопатичних препаратів у комплексному лікуванні карієсу та його ускладнень, захворювань пародонту та слизової оболонки порожнини рота» (державний реєстраційний номер РК № 0106УО13099).

**Вступ.** Мінеральну основу емалі складають кристали біоапатитів деяких типів, основний із яких — гідроксиапатит (75 %); з інших апатитів містяться карбонат-апатит (19 %), хлорапатит (4,4 %), фторапатит (0,66 %) [11, 12, 13, 19]. Емаль зубів має значно більші розміри кристалів апатиту, ніж кісткова тканина, тому вплив чинників на її поверхню значно слабше [6]. Склад «ідеального» гідроксиапатиту відповідає формулі  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ , тобто включає апатит з молярним співвідношенням Ca / P – 1,67. Було запропоновано формули для гідроксиапатиту емалі, що точніше відображають її склад. Зокрема, Ф. Дриссенс (1978р.) запропонував наступну модель хімічного складу мінералу емалі зубів, враховуючи лише основні елементи [19]:  $Ca_{9,23}Na_{0,26}K_{0,3}(PO_4)_{5,53}(CO_3)_{0,47}(OH)_{1,15}Cl_{0,16}F_{0,1}$ . В 1997 році Д.Елліот запропонував більш детальну формулу для описання мінералу емалі зубів [12]:



У ній враховані як основні заміщення, так і вакансії в катіонній і аніонній підгратках апатиту. Пронаявність в емалі зубів малої кількості домішки кристалічних фаз, таких як,  $CaCO_3$ ,  $(Mg, Ca)CO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $CaO$  і  $MgO$ , свідчать дані методів радіоспектроскопії – електронного парамагнітного резонансу і протонного магнітного резонансу [10]. Таким чином, в даний час переважає точка зору, згідно якої основою кристалічної фази зубів є дефектний карбонатний і Са- дефіцитний гідроксиапатит, що піддається морфологічним, структурним, ультраструктурним і концентраційним змінам в залежності від віку і зовнішніх умов [9, 11, 20].

Хімічний склад біоапатиту різниться для зубів і кісток і підпорядкований їх функціональному призначенню. Так, розчинність біогенних карбонат-вмісних апатитів пропорційна концентрації вуглецю

в них [8], і прикладом функціональної підпорядкованості є відносно високий вміст карбонатів в біоапатиті кісткової тканини, що вимагає постійної перебування і оновлення, і суттєво меншим в апатиті емалі зубів, яка є найбільш стабільною і хімічно стійкою тканиною організмів [13]. Багатьма дослідницькими групами протягом десятиріч вирішувалося завдання визначення точнішого складу біоапатиту [10, 12, 16]. **Таблиця 1** містить узагальнені дані, але вони не відображають зміни, що пов'язані із віком і дієтою.

**Таблиця 1**

**Склад мінеральної компоненти зубної емалі, дентину і кісткової тканини у порівнянні з гідроксиапатитом, ваг. % [10, 12, 16].**

Хімічний елемент	Емаль	Дентин	Кісткова тканина	Гідроксиапатит
Ca <sup>2+</sup>	37,6	40,3	36,6	39,6
P <sup>5+</sup>	18,3	18,6	17,1	18,5
Ca / P, ат %	1,59	1,67	1,65	1,67
Na <sup>+</sup>	0,7	0,1	1,0	-
Mg <sup>2+</sup>	0,2	1,1	0,6	-
Cl <sup>-</sup>	0,4	0,27	0,1	-
Fe <sup>3+</sup>	0,08	0,01	0,1	
S	0,005			

Коефіцієнт Ca / P вимірюється як  $CaO / P_2O_5$  [9] і його використовують для оцінки стану емалі зуба [1]. Співвідношення Ca / P є непостійним і може змінюватися під впливом харчування, віку й інших чинників. В природі зустрічаються гідроксиапатити із співвідношенням Ca / P від 1,33 до 2,0. Однією із причин подібних коливань є заміщення  $Ca^{2+}$  в молекулі гідроксиапатиту на  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  або інший елемент із спорідненими властивостями (ізоморфне заміщення), що призводить до зниження коефіцієнта Ca / P за рахунок заміщення в кристалі одного іону  $Ca^{2+}$  [6]. Подібне ізоморфне заміщення збільшує ризик карієсу зубів, так як резистентність кристалів до дії кислоти знижується. По-друге, здорова емаль молоді має нижчий коефіцієнт Ca / P, ніж емаль зубів людей старших 30 років [2]. Вивчення вмісту кальцію і фосфору в емалі в терміни від 1 до 20 років після прорізування [2] свідчать про накопичення цих елементів з віком. При цьому мінералізація, «дозрівання» емалі, завершується по фосфору протягом першого року після прорізування, а по кальцію — до закінчення третього [2]. Вміст кальцію і

фосфору в поверхневих шарах емалі більш високий, ніж в глибше лежачих, так як основним джерелом їх надходження в емаль зуба після його прорізування є слина. Сталість співвідношення Ca / P в емалі в усі терміни після прорізування зуба свідчить про високу кореляцію між процесами їх накопичення цієї тканиною [1]. Також, можливі суттєві відмінності співвідношення Ca / P в межах одного зуба, що слугували основою для ствердження про неоднорідність структури емалі зуба і, отже, про неоднорідну схильність різних ділянок до ураження карієсом [1]. В інтактній емалі молярне співвідношення складає 1,61, при карієсі в стадії білої плями – 1,26, при флюорозі – 1,46 [4]. Цей показник зменшується при демінералізації емалі [3]. Як вважають автори [4] коефіцієнт Ca / P для визначення скерованості патологічного процесу недостатньо інформативний; слід визначати абсолютний вміст в емалі кожного із вказаних макроелементів окремо.

В зв'язку з тим, що мінливість елементного складу зубів дозволяє виявити порушення обміну речовин в процесі розвитку зубів і після прорізування [17, 18] вивчення хімічного складу поверхневих шарів емалі є актуальним.

**Метою дослідження** було визначення хімічного складу емалі зубів дводенних мишей, що утримувалися на дієті із підвищеним вмістом Cholesterol методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії.

**Об'єкт і методи дослідження.** Утримання тварин та експерименти проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Для експерименту були використані білі безпородні миші масою 25-28г (40 тварин). Тварин поділили на 2 групи: контрольну і дослідну.

Експериментальну гіперхолестеринемію моделювали додаванням в харчовий раціон холестерину (2 %) протягом 60 днів [1, 7]. Самиці дослідної групи отримували раціон віварію із додаванням 2гр. холестерину (Cholesterol виробництва фірми Merck, Germany) на 100 гр. корму. Самиці контрольної групи отримували раціон віварію. Через 30 днів самицям, які знаходилися в стадії проеструса (передтічка) і еструса (тічка) підсаджували самців у співвідношенні 4:1. Виявлення спермій у вагінальному мазку самиці після підсадки вказувало на запліднення – перший день вагітності. Протягом усієї вагітності самки знаходилися в клітках і отримували раціон віварію (контрольна група) і раціон віварію із підвищеним вмістом холестерину (2%). Вагітні самиці народжували і мишенят у кількості по 6 тварин із кожної групи виводили із експерименту інгаляційним передозуванням вуглекислого газу на другий день після народження (D-2). Для дослідження використовувались нижні щелепи мишенят. Всі зразки зберігались у пробірках (10% р-н стрептоміцину), що щільно закриваються, при температурі +2...

+4°C. Перед дослідженням зразки промолили руками у гумових рукавичках дистильованою водою і пасивно висушили. Після цього зразки розміщували у вакуумний апарат (Ion Sputter JFC-1600, Jeol, Japan) до повного випаровування залишкової вологи з подальшим напиленням тонкого шару Pt (~25 нм). Морфологію емалі оцінювали за допомогою растрового електронного мікроскопу (P.E.M.) JSM-6490LV (виробництва Jeol, Japan), з прискорюючою напругою 20 кВ. Хімічний склад емалі отримували за допомогою енергодисперсійного рентгенівського спектрального аналізатора INCA Energy 450 (виробництва OXFORD Instruments).

**Результати досліджень та їх обговорення.** У контрольній групі виміри відбулися на 19 ділянках емалі, у дослідній групі – на 21 ділянці. Розмір



**Рис. 1.** Ділянка емалі зуба дводенної миші (D-2), що отримана на P.E.M., де вимірявся хімічний (елементний) склад.

ділянок емалі спектроскопії коливався від 50x50 мкм до 250x250 мкм (рис. 1).

Після чого за допомогою енергодисперсійного рентгенівського спектрального аналізатора з поверхні емалі отримували рентгенівські характеристичні спектри (рис. 2).

При вивченні хімічного складу емалі зубів дводенних мишей за методом EDS контрольної групи з'ясовано, що в 100% зразках зустрічалися хімічні елементи Ca<sup>2+</sup>, P<sup>5+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> (табл. 2). Елементи Mg<sup>2+</sup>, S містилися у 5,26 % зразків, Fe<sup>3+</sup> – у 47,37 %. Вміст елементу Ca<sup>2+</sup> складав 36,55 (ваг. %), вміст P<sup>5+</sup> – 19,28 (ваг. %). Вихідний рівень мінералізації за атомним (%) співвідношенням Ca / P складав 1,34 і знаходився на нижній межі (1,33) [5]. Виявлено нижчий коефіцієнт Ca / P, ніж норма для мишей [14] і людини [15], що свідчить про те, що емаль зубів мишей, які щойно прорізувалися є незрілою.

При вивченні хімічного складу емалі зубів дводенних мишей за методом EDS дослідної групи, які отримували дієту із підвищеним вмістом Cholesterol з'ясовано, що в 100% зразках зустрічалися хімічні

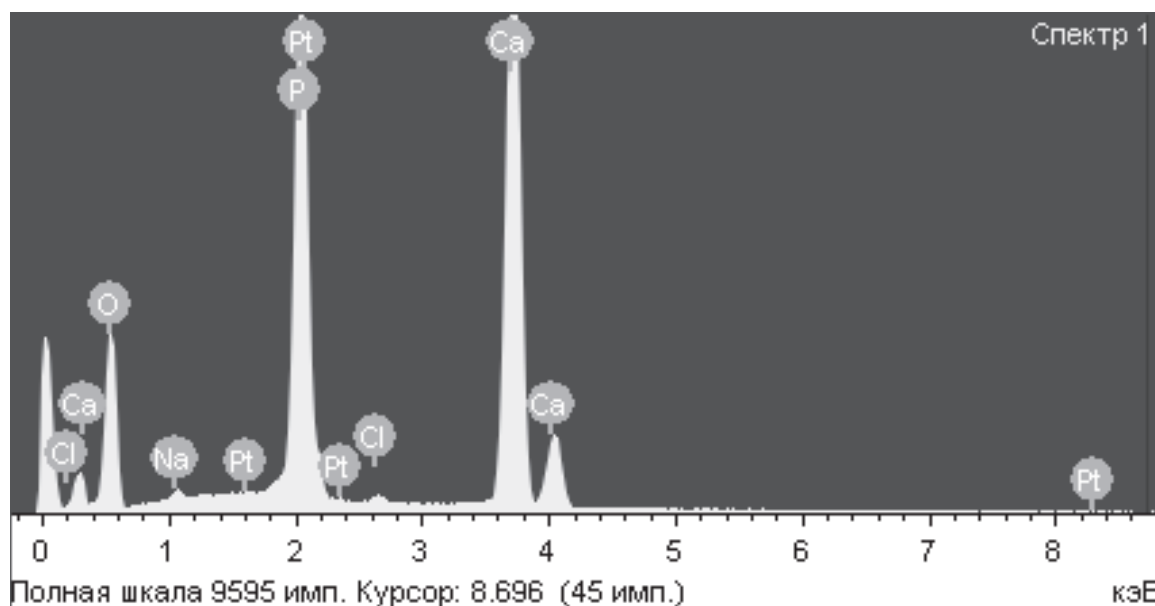


Рис. 2. Рентгенівський характеристичний спектр поверхневого шару емалі зуба дводенної миші (D-2), отриманий за допомогою енергодисперсійного рентгенівського спектрального аналізатора.

Таблиця 2

**Хімічний (елементний) склад емалі зубів дводенних мишей (D-2)  
за методом EDS контрольної групи**

Кількісний склад зразків	Хімічний елемент	Кількість зразків, що досліджено	Кількість зразків, що містять хімічний елемент		Якісний склад зразків, %	
			Абс.к-сть	%		
Атомний	O	19	19	100	61,65	
	Na	19	19	100	1,15	
	Cl	19	19	100	0,31	
	Ca	19	19	100	21,82	
	P	19	19	100	14,35	
	<b>Ca/P</b>					<b>1,34</b>
	Mg	19	1	5,26	0,89	
	S	19	1	5,26	0,36	
Ваговий	O	19	19	100	41,82	
	Na	19	19	100	1,13	
	Cl	19	19	100	0,47	
	Ca	19	19	100	36,55	
	P	19	19	100	19,28	
	Mg	19	1	5,26	0,92	
	S	19	1	5,26	0,5	
	Fe	19	9	47,37	1,06	

елементи  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  (табл. 3). Вміст елемента  $\text{Ca}^{2+}$  складав 34,51 (ваг. %), вміст  $\text{P}^{5+}$  – 21,14 (ваг. %). В емалі мишей дослідної групи відбулося зниження вмісту елемента  $\text{Ca}^{2+}$ , вміст елементів  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  мав тенденцію до зростання у порівнянні з контрольною групою (табл. 3). Елементи  $\text{Mg}^{2+}$ , S зустрілися у 14,29 % зразків,  $\text{Fe}^{3+}$  – у 52,38 %. Вихідний рівень мінералізації за Ca / P коефіцієнтом складав 1,26. Зважаючи, що при співвідношенні Ca / P нижче

1,33 спостерігалися незворотні зміни в структурі емалі [5], можна говорити про прорізування зубів із недосконалою структурою.

**Висновок.** За методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії було з'ясовано, що на поверхні емалі дводенних мишей контрольної і дослідної груп містилися в різних концентраціях іони  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , S,  $\text{Fe}^{3+}$ . В емалі мишей дослідної групи під впливом дієти із підвищеним вмістом

**Хімічний (елементний) склад поверхневого шару емалі зубів дводенних мишей (D-2)  
за методом EDS дослідної групи**

Кількісний склад зразків	Хімічний елемент	Кількість зразків, що досліджено	Кількість зразків, що містять хімічний елемент		Якісний склад зразків, %
			Абс.к-сть	%	
Атомний	O	21	21	100	61,64
	Na	21	21	100	1,23
	Cl	21	21	100	0,33
	Ca	21	21	100	20,29
	P	21	21	100	16,08
	<b>Ca/P</b>				<b>1,26</b>
	Mg	21	3	14,29	0,92
	S	21	3	14,29	0,36
	Fe	21	11	52,38	0,47
Ваговий	O	21	21	100	41,86
	Na	21	21	100	1,20
	Cl	21	21	100	0,50
	Ca	21	21	100	34,51
	P	21	21	100	21,14
	Mg	21	3	14,29	0,92
	S	21	3	14,29	0,50
	Fe	21	11	52,38	1,12

Cholesterol відбулися зміни мінерального складу емалі. Зокрема, зниження вмісту елемента Ca<sup>2+</sup>, вміст елементів P<sup>5+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> мав тенденцію до зростання у порівнянні з контрольною групою. Вихідний рівень мінералізації за Ca / P коефіцієнтом в дослідній групі складав 1,26. Зважаючи, що при співвідношенні Ca / P нижче 1,33 спостерігаються незворотні зміни в структурі емалі [5], можна говорити про прорізування зубів із недосконалою структурою.

**Перспективами подальшого дослідження** є вивчення впливу харчування із підвищеним вмістом жирів вагітних жінок на емалеву резистентність зубів народжених ними дітей.

**Подяка.** Автор висловлює подяку **Андрію Олександровичу Рудовському**, завідувачу експериментально-біологічної клініки Інституту фізіології імені О.О.Богомольця НАН України за підтримку лабораторних робіт; **Віталію Олександровичу Тінькову**, канд. фіз.-матем. наук, молодшому науковому співробітнику Інституту металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ за допомогу у проведенні досліджень; компанії TOKYO BOEKI CIS LTD за надану можливість проведення робіт на мікроскопі JEOL JSM 6490LV.

**Список літератури**

1. Боровский Е.В. Кариес зубов: препарирование и пломбирование / Е.В. Боровский. -М. : АО Стоматология, 2001. — 144 с.
2. Боровский Е.В. Содержание кальция и фосфора в эмали в различные периоды после прорезывания / Е.В. Боровский, Е.В. Позюкова // Стоматология. 1985. - № 5. - С. 29-31.
3. Боровский Е.В., Волков Е.А., Дубинчук В.Т. Изучение процессов деминерализации и реминерализации на естественных и искусственных кариозных поражениях эмали. / Стоматология. 1982. - №1. -С. 51-55.
4. Боровский Е.В., Леонтьев В.К., Максимовская Л.Н., Сунцов В.Г. Нарушение процесса минерализации и принципы его регулирования. // Стоматология, 1984, №5, с. 17-21.
5. Вавилова Т.П. Биохимия тканей и жидкостей полости рта: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. — М: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 250 с.
6. Данильченко С.Н. Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения (обзор) // Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка. – 2007.– № 2. – С. 33 - 59.
7. Стефанов О.В. Доклінічні дослідження лікарських засобів: методичні рекомендації. — К.: Авіценна, 2001. — 528 с.
8. Baig A.A., Fox J.L., Young R.A. et al. Relationships Among Carbonated Apatite Solubility, Crystallite Size, and Microstrain Parameters // Calcif Tissue Int. - 1999. - V. 64. -P. 437-449.
9. Boskey A.L. Bone mineral crystal size // Osteoporos Int. - 2003. - V.14 (Suppl 5). - S.16– 21.
10. Brik A.B., Ulyanchich N.V., Kenner G.H. et al. EPR of the impurity crystal phases in biominerals and their synthetic analogues // Минералогический журнал. – 2001, Т.23. – № 1. – С. 23 - 37.
11. Dorozhkin S.V. A hierarchical structure for apatite crystals // J. Mater. Sci.: Mater. Med. - 2007. - V. 18. - P. 363–366.
12. Elliott J.C. Calcium Phosphate Biominerals. In Kohn M.J., Rakovan J., Hughes J.M. (EDS) Phosphates: geochemical, geobiological and materials importance. Series: Reviews in mineralogy and geochemistry, volume 48. - Mineralogical Society of America, Washington, DC, 2002. - P. 427–454.

13. Elliott J.C. Structure and Chemistry of the Apatites and Other Calcium Orthophosphates / Studies in Inorganic Chemistry 18. -Amsterdam: Elsevier, 1994. - 389p.
14. Engel M.B. Microprobe analysis of calcifying matrices and formative cells in developing mouse molars. Histochemistry and Cell Biology 1981. 72(3): 443-452.
15. Frank, R.M., M. Capitant & J. Goni Electron probe studies of human enamel. Journal of Dental Research – 1966. – 45(3). – P. 672 - 672.
16. Gross K.A., Berndt C.C. Biomedical Application of Apatites. In Kohn M.J., Rakovan J., Hughes J.M. (EDS) Phosphates: geochemical, geobiological and materials importance. Series: Reviews in mineralogy and geochemistry, volume 48. – Mineralogical Society of America, Washington, DC, 2002.- P. 631–672.
17. Hellwig E., Lennon A. Systemic versus topical fluoride. – Caries research. – 2004.– 38(3). – P. 258 - 262.
18. Kierdorf U., Kierdorf H., Fejerskov O. Fluoride-induced developmental changes in enamel and dentine of European roe deer (*Capreolus capreolus* L.) as a result of environmental pollution. – Archives of oral biology. – 1993.– 38 (12). – P. 1071 - 1081.
19. Wilson R.M., Elliott J.C. and Dowker S.E.P. Rietveld refinement of the crystallographic structure of human dental enamel apatites // American Mineralogist.-1999.-V.84.-P. 1406 - 1414.
20. Wopenka B., Pasteris J.D. A mineralogical perspective on the apatite in bone // Material science and engineering.- 2005.- V. C 25.- P. 131-143.

УДК 616.314.13-053.2:577.118:543.42

### **ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕМАЛІ ЗУБІВ МИШЕЙ, ЩО УТРИМУВАЛИСЯ НА ДІЄТІ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ CHOLESTEROL МЕТОДОМ ЕНЕРГОДИСПЕРСІЙНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ**

**Якубова І.І.**

**Резюме.** За методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії було з'ясовано, що на поверхні емалі дводенних мишей контрольної і дослідної груп містилися в різних концентраціях іони  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . В емалі мишей дослідної групи під впливом дієти із підвищеним вмістом Cholesterol відбулися зміни мінерального складу емалі. Зокрема, зниження вмісту елемента  $\text{Ca}^{2+}$ , вміст елементів  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  мав тенденцію до зростання у порівнянні з контрольною групою. Вихідний рівень мінералізації за  $\text{Ca} / \text{P}$  коефіцієнтом в дослідній групі складав 1,26. Зважаючи, що при співвідношенні  $\text{Ca} / \text{P}$  нижче 1,33 спостерігаються незворотні зміни в структурі емалі, можна говорити про прорізування зубів із недосконалою структурою.

**Ключові слова:** енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія, різці нижньої щелепи мишей, Cholesterol, хімічний склад, емаль.

УДК 616.314.13-053.2:577.118:543.42

### **ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭМАЛИ ЗУБОВ МЫШЕЙ, СОДЕРЖАВШИХСЯ НА ДИЕТЕ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ CHOLESTEROL МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННО РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**Якубова И.И.**

**Резюме.** По методу енергодисперсионной рентгеновской спектроскопии было установлено, что на поверхности эмали двухдневных мышей контрольной и опытной групп находились в разных концентрациях ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . В эмали мышей опытной группы под влиянием диеты с повышенным содержанием Cholesterol произошли изменения минерального состава эмали. В частности, снижение содержания элемента  $\text{Ca}^{2+}$ , содержание элементов  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  имел тенденцию к росту по сравнению с контрольной группой. Исходный уровень минерализации за  $\text{Ca} / \text{P}$  коэффициентом в опытной группе составлял 1,26. Учитывая, что при соотношении  $\text{Ca} / \text{P}$  ниже 1,33 наблюдаются необратимые изменения в структуре эмали, можно говорить о прорезывания зубов с несовершенной структурой.

**Ключевые слова:** енергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, резцы нижней челюсти мышей, Cholesterol, химический состав, эмаль.

UDC 616.314.13-053.2:577.118:543.42

### **Chemical Characterization Of Tooth Enamel Mice That Were Kept On A Diet With High Content By Cholesterol Energodispersive X-Ray Spectroscopy**

**Yakubova I.I.**

**Summary.** For using energodispersive X-ray spectroscopy it was found that the enamel-day mouse control and experimental groups were placed in different concentrations of  $\text{Ca}^{2+}$  ions,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . In mice enamel research group under the influence of diet with high content Sholesterol has changed the mineral composition of enamel. In particular, the decrease of  $\text{Ca}^{2+}$  entry, the content elements  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  tended to increase compared with the control group. Output level of mineralization for  $\text{Ca} / \text{P}$  ratio in the experimental group was 1.26. Given that the ratio of  $\text{Ca} / \text{P}$  below 1.33 are observed irreversible changes in the structure of enamel, you can talk about teeth-ing with imperfect structure.

**Key words:** energodispersive X-ray spectroscopy, mandible incisors mice Cholesterol, chemical composition, enamel.

Стаття надійшла 29.02.2012 р.  
Рецензент – проф. Ковальов Є.В.