

Қ. А. АЛТАЙ, Р. НАСИРОВ

(Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Алматы, Қазақстан)

РАДИОАКТИВТІ СӘУЛЕ ДОЗАСЫН ЭПР ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ ПРИНЦИПІ

Аннотация. Жұмыста Азғыр полигоны маңынан алынған адам және жануар тістері эмалі ЭПР әдісімен зерттелген. Зерттеу қорытындысы зерттелген тіс эмальдарының ядролық жарылыстан болған радиация әсерінен табиғи радиация дозасынан бірнеше есе көп доза алғанын көрсетті. Бұлардың ішінде түйе тісі эмалі барлық жарылысты, оның әсерінен болатын радиация өзгерісін анықтайтын табиғи индикатор екендігі анықталды.

Тірек сөздер: тіс эмалі, радиация дозасы, сиыр тісі эмалі, түйе тісі эмалі.

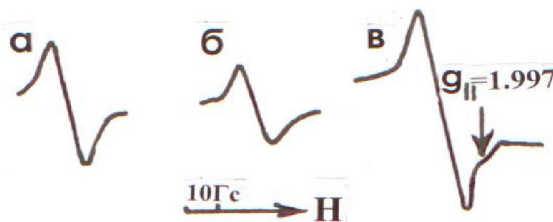
Ключевые слова: эмаль зубов, доза радиации, эмаль зуба коровы, эмаль зуба верблюда.

Keywords: tooth enamel, radiation dose, cow tooth enamel, camel tooth enamel.

Өткен ғасырдың 70-ші жылдарында жапон ғалымы Маскаренхас [1] 1945 жылы АҚШ үкіметі Жапонияның Хиросима қаласында атом бомбасын зардабынан өлген адамдар қаңқалары мен сүйектерін ЭПР-радиоспектрімен зерттеп, олардан болған жарылыстан қанша мөлшерде радиоактивті сәуле дозасын алғанын анықтап, өзінің жаңалығымен әлемді таң қалдырды. Кейіннен Осака университетінің ғалымы Икея [2] радиоактивті сәуле дозасын анықтауда Нагасаки және Хиросима апаты кезінде өлген адамдар тісі эмалінің жақсы индикатор екендігін дәлелдеді. Ол өзінің бұл тәжірибесін Чернобыль атом-электр станциясының реакторының апатына ұшыраған адамдар алған радиацияны есептеуге пайдаланды.

Адам және жануарлар сүйегі мен тісі эмалінің құрамына органикалық заттан басқа, бейорганикалық бөлік апатит кіреді. Гамма сәуле әсерінен, апатит құрамындағы карбонат ыдырап, карбонат радикалына ($\text{CO}_2^{\cdot-}$) түрленеді. Өмір сүру уақыты, өте ұзақ бұндай радикалдың ЭПР-радиоспектрімен концентрациясын анықтап, ол бойынша адам мен жануардың қанша мөлшерде радиация дозасын алғанын білуге болады.

1-суретте Азғыр полигоны маңында өмір сүрген адам, сиыр мен түйе тісінің эмальдарының ЭПР-спектрі көрсетілген. Полигон аймағында болған адам тісі эмалінің ЭПР-спектрінде ($\text{CO}_2^{\cdot-}$) радикалының әсерінен сигнал асимметриясы байқалды. Радиацияның әсері Азғыр полигонынан алынған түйе тісінің ЭПР спектрінде жақсы байқалады. Бұнда ($\text{CO}_2^{\cdot-}$) радикалының g-факторы 1,997 болатын сызығы, тіс құрамындағы органикалық радикалдың спектрінен бөлініп тұр. Ал, полигоннан тыс жерден алынған (1, в-сурет) сиыр тісінің ЭПР спектрінде радиация әсері байқалмайды, тек қана тістің органикалық бөлігінен $g=2,0045$ болатын ғана симметриясы жақсы сақталған сызық байқалды.



1-сурет – Жануар тістері эмалінің ЭПР-спектрлері: а – сиыр тісі эмалі (полигоннан тыс жерден алынған); б – адам тісі эмалі (Азғыр); в – түйе тісі эмалі (Азғыр)

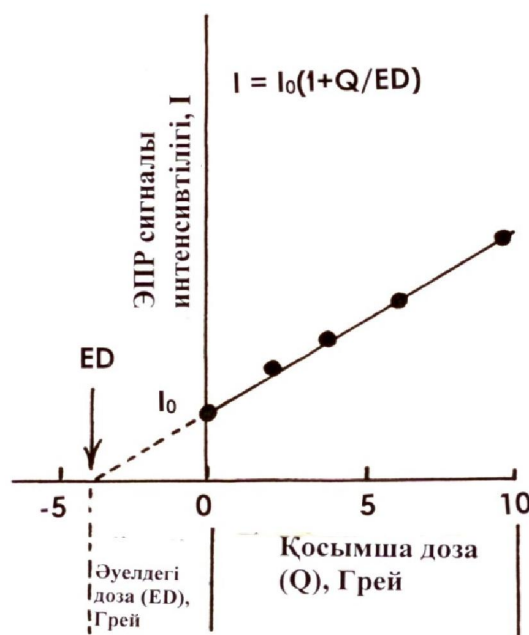
Енді бұл спектрлерден жануарлардың қанша сәуле дозасын алғанын бірден есептеу қиын, өйткені радиациялық сигналға, радиациялық емес (органикалық радикал) сигнал қосылып тұр. Сондықтан радиациялық сигналды одан бөліп алу керек.

Бұл үшін зерттелетін тіс эмалі дентиннен ұқыпты тазартылды. Үлгілер биіктігі 5 мм және диаметрі 5 мм болатын цилиндрлер түрінде дайындалды, ал кішкене эмаль сынықтары (0,3 мм) полистиролға батырылды. Барлық зерттелген тіс эмалінің салмағы 87 мг құрады. Бұлай істеу тіс эмалінің қосымша γ -сәуле мөлшерін ^{60}Co -көзінен алу кезінде оның жойылуын болдырмайды.

Ал әрі қарай ЭПР-радиоспектрометрін дозиметр ретінде пайдалану, ол $\text{CO}_2^{\cdot-}$ радикалының ЭПР-сигналы қарқындылығының жануарлар алған γ -сәуле дозасы мен функциональды байланыста болатындығына негізделген. Әуелі тіс эмалінің табиғи күйіндегі ЭПР спектрін жазады (бұл зерттеуге дейінгі жануарда жиналған доза). Одан кейін тіс эмаліне ^{60}Co -көзінен жасанды γ -сәуленің бірнеше дозасы беріліп, олардың ЭПР спектрлері жазылады. $\text{CO}_2^{\cdot-}$ радикалының ЭПР сигналының қарқындылығы (I) мен ^{60}Co -көзінен қосымша берілген γ -сәуле дозасы (Q) арасындағы функциональдық тәуелділік 2-суретте көрсетілген. Ондағы I_0 – дегеніміз қосымша сәуле берілуге дейінгі «табиғи» күйінде жазылған жануар тісі эмалінің радиациялық $\text{CO}_2^{\cdot-}$ сигналының қарқындылығы. Ал осыған сәйкесті доза мөлшері (ED), алынған нүктелер бойынша жүргізілген түзуді нөлдік ординатаға экстраполяциялау жолымен анықталады. Бұл шамалар арасындағы байланысты, осы графиктің негізінде былайша өрнектеуге болады:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{ED + Q}{ED}$$

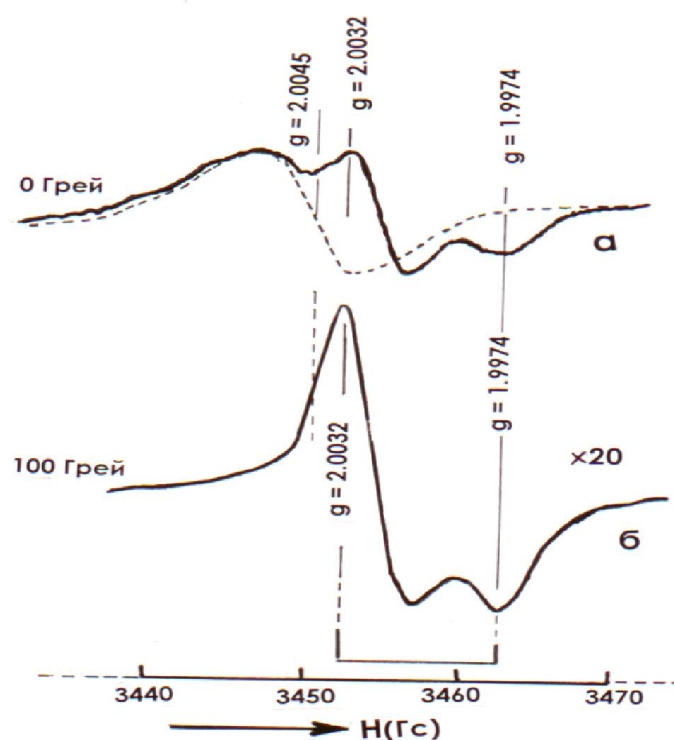
Осы өрнектегі ED деп отырғанымыз I_0 -ге сәйкесті, анықтауға тиісті радиацияның дозасы.



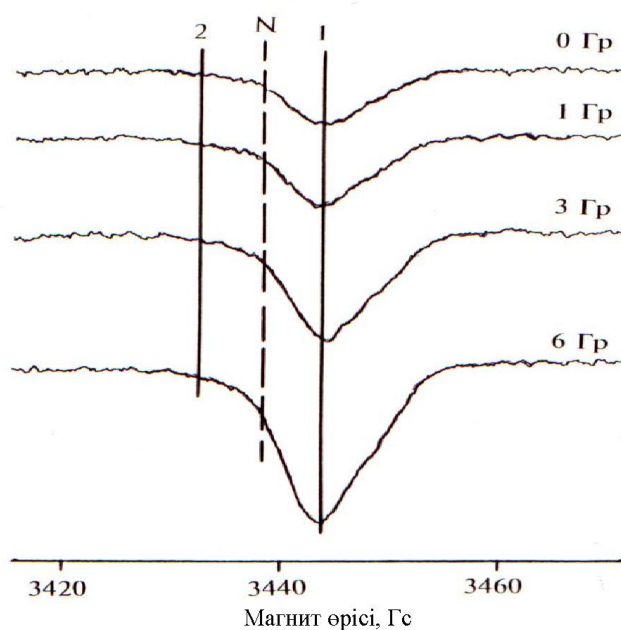
2-сурет – Радиацияны ЭПР-дозиметрия әдісімен анықтау графигі

3-суретте осындай жолмен тазаланған түйе тісінің эмалының ЭПР-спектрі бөлме температурасында жазылған. Ондағы ЭПР-сигналының қосымша берілген γ -сәуле мөлшеріне байланыстылығы көрсетілген.

4-суретте өте жылдам өткізу әдісімен [3, 4], азот температурасы жағдайында (77К) түйе тісі эмалінің ЭПР спектрінің қарқындылығының берілген қосымша γ -сәуле дозасына байланысты көрсетілген. 4, а-суретте тіс эмалінің табиғи күйіндегі ЭПР спектрі. Оның қарқындылығы I_0 , 4, б-суретте тіс эмалі қосымша доза алған, оның қарқындылығы өсіп тұр. Бұндағы бірінші сигнал тіс эмалінің органикалық бөлігінің ЭПР спектрі, оның $g=2,0045$ тең. Ал жаңадан пайда болған $g_{\perp} = 2,00020$ және $g_{\parallel} = 1,997$ болатын сигналдар радиациялық ақауларға байланысты. Оның радиациялық ақауға жататындығын қосымша γ -сәуле мөлшерімен дәлелденді (3-сурет).



3-сурет – *a* – Тазаланған түйе тісінің ЭПР-спектрі (0 – Грей);
б – қосымша 100 – Грей сәуле алғаннан кейінгі ЭПР-спектрі

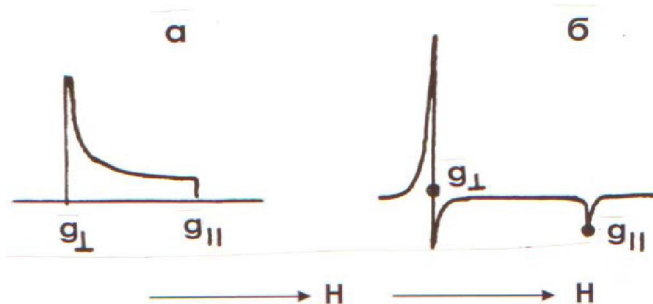


4-сурет – Жылдам өту режиміндегі түйе тісінің ЭПР-спектрлері

CO_2^{\bullet} радикалының өстік симметриясының ЭПР қондырғысының резонаторындағы магнит өрісіне (H) перпендикуляр $g_{\perp} = 2,0020$ және параллель $g_{\parallel} = 1,997$ құраушыларға жіктелетіндігінен. Сыртқы магнит өрісінде (H) θ – бұрышын жасайтын екі құраушыны байланыстырушы g -факторы:

$$g^2(\theta) = g_{\perp}^2 \sin^2 \theta + g_{\parallel}^2 \cos^2 \theta$$

Бұндай спектр түрі γ -сәуле мөлшерімен сәулелендірілген апатит, сүйек, тіс эмалдарында және CaCO_3 -да пайда болады (5-сурет).



5-сурет – Аксиаль симметриядағы $s = ?$, $I = 0$ болатын тіс эмалының ЭПР-спектрінің идеал формасы (а) және оның бірінші туындысы (б)

Мұнда ($g_{\perp} > g_{\parallel}$). ЭПР қондырғысымен Азғыр полигоны маңында өмір сүрген адам тісі (24жыл) 30 рад, түйе тісі (40 жыл – бұнда оның өмір сүру және өлгеннен кейінгі уақыты ескерілген) 300 рад, сиыр тісі 10 жыл 50 рад мөлшерінде γ -сәуле дозасын алған. Демек барлық зерттелген жануарлар, табиғи доза мөлшерінен (бір жылғы доза мөлшері 0,10-0,15 рад) әлде көп доза мөлшерін алған. Түсініктірек болу үшін табиғи мөлшердегі доза деген не? Соған жауап берелік. Табиғи жағдайда, мәселен топырақта, тастарда, тас үйлердің бәрінде де уран, радий элементтері бар. Олар өте аз мөлшерде γ -сәуле шығарып тұрады. Бұған элем кеңістігінен келетін сәулелер қосылады. Сөйтіп бәрі табиғи мөлшердегі дозаны береді. Әрбір адам өзінің 50 жыл өмірі ішінде 7 рад мөлшерінде ғана доза алады. Бұл ғылыми дәлелденген табиғи доза. Әрине бұл полигон жұмыс істегеннен бастап, қуаты қанша жарылыс, қандай аралықта болғандығын дәл білу қиын. Бірақ, бізге белгілі нәрсе Хиросима не Нагасаки ядролық жарылысынан бір өзгешелік, бұл полигондарда ядролық жарылыс қуаты анағұрлым шамалы болса да бір мезгілде болған жоқ, ол белгілі аралықпен болып отырды. Сондықтан осы полигон маңындағы елді мекенде өмір сүрген адамдар мен жануарлар бірден емес, біртіндеп қосымша сәуле дозасын алып, оны тістерінің эмалында карбонат радикалдары түрінде жинақтай берді. Біздің зерттеуіміз осындай жағдайда, түйе тісінің радиация дозасын анықтайтын табиғи индикатор екендігін түбегейлі дәлелдейді. Өйткені түйе жануары, өзінің 20–25 жыл өмірін, негізінен далалық жерде өткізеді, ал ол өлгеннен кейін де (полигонға жақын жерде өлсе) оның тісінің эмалі γ -сәулені қабылдай береді. Нақтылап айтқанда түйе тісі эмалі барлық жарылысты, радиация өзгерістерін басынан кешіреді.

Қорытындылай келгенде, ЭПР-радиоспектрометрі бұл полигон төңірегіндегі елді мекендердегі адамдардың және жануарлардың қаншалықты дәрежеде радиацияға ұшырағанын білуге, радиацияның патогендік әсерін азайту бағытындағы ұйымдастыру және медициналық шаралардың көлемін анықтауда өте керек.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Mascarenhas S., Hasegava A. and Takeshita K.: ESR dosimetry of bones from Hiroshima A – bomb site // Bull. Am. Phys. Soc. – 1973. – Vol.18. – P. 579-586.
- 2 Ikeya M., Miyajima J. and Okagima S. ESR dosimetry for atomic bomb survivors using shell buttons and tooth enamel // Jpn. J. Appl. Phys. – 1984. – Vol. 23. – P. 699-701.
- 3 Гальцев В.Е., Гальцева Е.В., Гринберг О.Я., Лебедев Я.С. Повышение чувствительности ЭПР-дозиметрии по эмали зубов // Доклады АН СССР. – 1994. – Т. 334, № 5. – С. 649-652.
- 4 Гальцев В.Е., Насиров Р., Гальцева Е.В., Лебедев Я.С., Бубнов Н.Н. Определение суммарной дозы ионизирующего облучения животных западного Казахстана // Известия МН – АН РК. – 1996. – № 2. – С. 52-56.

REFERENCES

- 1 Mascarenhas S., Hasegava A. and Takeshita K.: ESR dosimetry of bones from Hiroshima A – bomb site. Bull. Am. Phys. Soc. 1973. Vol.18. P. 579-586.
- 2 Ikeya M., Miyajima J. and Okagima S. ESR dosimetry for atomic bomb survivors using shell buttons and tooth enamel. Jpn. J. Appl. Phys. – 1984. – Vol. 23. – P. 699-701.
- 3 Gal'cev V.E., Gal'ceva E.V., Grinberg O.Ja., Lebedev Ja.S. Povyshenie chuvstvitel'nosti JePR-dozimetrii po jemali zubov. Doklady AN SSSR. 1994. T. 334, № 5. S. 649-652.
- 4 Gal'cev V.E., Nasirov R., Gal'ceva E.V., Lebedev Ja.S., Bubnov N.N. Oprdelenie summarnoj dozy ionizirujushhego obluchenija zhivotnyh zapadnogo Kazahstana. Izvestija MN – AN RK. 1996. № 2. S. 52-56.

Резюме

К. А. Алтай, Р. Насиров

(Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, Алматы, Казахстан)

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ЭПР

Проведено определение дозы радиации, полученной животными полигона Азгир, по эмали их зубов методом ЭПР. Обнаружено, что накопленная ими доза облучения существенно превышает дозу естественного радиоактивного фона. В свою очередь эмаль зубов верблюда является наиболее перспективным индикатором определения дозы радиации.

Ключевые слова: эмаль зубов, доза радиации, эмаль зуба коровы, эмаль зуба верблюда.

Summary

K. A. Altai, R. Nasirov

(H. Dosmukhamedov Atyrau state university, Almaty, Kazakhstan)

PRINCIPLES OF DETERMINING THE RADIATION DOSE BY EPR METHOD

In this work were investigated radiation doses for animals of Azgyr nuclear experimental range, by EPR-spectroscopy method of their teeth enamel. Their accumulated radiation doses significantly higher than natural background radiation dose. The enamel of camel teeth is most promising indicator for determining of radiation dose.

Keywords: tooth enamel, radiation dose, cow tooth enamel, camel tooth enamel.

Поступила 10.03.2014г.