

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУППЫ РИСКА  
СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ, ПОДВЕРГШЕГОСЯ  
ВОЗДЕЙСТВИЮ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ, НА ОСНОВЕ  
ЭЛЕКТРОННО-ПАРАМАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ  
ДОЗИМЕТРИИ ЭМАЛИ ЗУБОВ**

Инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

АВТОРЫ:

д-р биол. наук В. А. Кириллов; канд. техн. наук С. В. Дубовский

Минск 2014

Настоящая инструкция по применению разработана с целью реконструкции доз внешнего гамма облучения в аварийных ситуациях на атомных электростанциях. Оценка индивидуальных поглощенных доз является приоритетной задачей радиационной медицины. Величина дозовой нагрузки служит основным критерием для выявления группы риска, нуждающейся в первоочередном углубленном медицинском обследовании; изучения влияния внешнего облучения на состояние здоровья лиц, подвергшихся воздействию радиации; прогноза течения заболевания; оценки радиоэкологической обстановки окружающей среды; научного анализа ситуации; установления зависимости «доза–эффект» и прогноза последствий радиационных воздействий на организм. Метод электронно-парамагнитной резонансной (ЭПР) дозиметрии спустя более 25 лет после катастрофы на Чернобыльской АЭС остается единственным инструментальным методом восстановления доз аварийного облучения ликвидаторов и жителей, загрязненных радионуклидами территорий.

Инструкция предназначена для врачей-гигиенистов, врачей по радиационной медицине, врачей по радиационной гигиене и иных врачей-специалистов, оказывающих медицинскую помощь населению, пострадавшему в результате аварии на ЧАЭС.

#### **Показания к применению**

Метод используется для оценки аварийных доз облучения населения, пострадавшего в результате аварии на ЧАЭС и других техногенных катастроф.

#### **Объект исследования**

Объектом исследования служит эмаль зубов, удаленных по стоматологическим показаниям у населения пострадавшего в результате радиационных аварий.

#### **Перечень необходимого оборудования**

- 1) ЭПР-спектрометр, работающий в X-диапазоне (длина волны 3 см);
- 2) дозиметрическая линейка с аттестованными источниками гамма-излучения радионуклидов  $^{60}\text{Co}$  или  $^{137}\text{Cs}$ ;
- 3) электрическая портативная бормашина, работающая на низких оборотах вращения (30 000 об/мин);
- 4) компьютерная программа для математической обработки спектров ЭПР эмали зубов.

#### **Алгоритм ЭПР-дозиметрических исследований**

Этап 1. *Сбор, транспортирование и хранение образцов экстрагированных зубов.* Сбор зубов, удаленных по стоматологическим показаниям, осуществляют в стоматологических кабинетах клиник и поликлиник. Удаленный у пациента зуб помещают в отдельную стеклянную или полиэтиленовую тару объемом до 50 мм<sup>3</sup> с 10 % раствором этилового спирта. При отборе зубов исключают образцы зубов с установленными на них ме-

таллическими коронками. При транспортировании зубов с места отбора до лаборатории радиационного контроля исключают какую-либо вероятность их рентгеновского просвечивания в процедуре багажного досмотра в аэропорту. Отобранные образцы зубов сохраняют в условиях, исключающих воздействие прямого солнечного освещения и искусственных источников света, содержащих ультрафиолетовый компонент в спектре излучения.

Этап 2. *Заполнение паспорта на удаленный зуб.* При заполнении паспорта (рис. 1) указывают фамилию, имя, отчества; дату и год рождения; пол; участие в ЛПА; год участия в ЛПА; дозу облучения в период участия в ЛПА по документу; дату эвакуации из 30-км зоны; из какого населенного пункта; место проживания на момент заполнения; место пребывания с момента аварии; дату удаления зуба; причину удаления зуба; номер зуба; профессиональный контакт с ионизирующим излучением; сведения о проведенных рентгенологических исследованиях черепа, челюсти, зубов (даты, вид и примерное количество исследований в течение жизни); наличие общих заболеваний, могущих влиять на состав твердых тканей зуба; характеристику на каждый удаленный зуб (постоянный или временный, наличие кариозных полостей, наличие некариозных повреждений эмали, живой или депульпированный).

Паспорт на удаленный зуб

1. Полное наименование или штамп медицинского учреждения, осуществившего отбор пробы	г. Гомель 8 поликлиника стоматологическое отделение
--	---

2. № п/п 545

3. Дата удаления зуба 17 / 12 / 1999

№	Общие сведения	Фрагмент 1
1	Фамилия	<i>Яковенко</i>
2	Имя	<i>Михаил</i>
3	Отчество	<i>Игнатьевич</i>
4	Пол (мужской – 1, женский – 2)	<i>1</i>
5	Дата рождения (чч.мм.гг.)	<i>09.01.1938</i>
6	Участник ЛПА, номер и серия удостоверения	<i>А №263013</i>
7	Год участия в ЛПА	<i>1986, 1987</i>
8	Доза облучения в период участия в ЛПА по документу	<i>14,86 Р</i>
9	Дата эвакуации из 30-км. зоны	
10	Из какого населенного пункта	

№	Адрес места жительства на момент заполнения	Фрагмент 2
1	Почтовый индекс адреса места жительства	<i>246050</i>
2	Область	–
3	Район	–
4	Населенный пункт	<i>Гомель</i>
5	Улица	<i>Пушкина</i>
6	Дом	<i>20</i>
7	Корпус	
8	Квартира	<i>9</i>

4. Место пребывания с момента аварии [область, район, село, город] (1986 год детально, в последующие годы - отражать места с периодом пребывания 3 месяца и более).

Год	Название населенного пункта	Период пребывания (с - по)	
		Приезд	Отъезд
<i>1986</i>	<i>д. Калинчи, Наровлянского р-на, Гомельской области</i>	<i>13. 05.</i>	<i>15. 06.</i>
<i>1987</i>	<i>д. Савичи, Брагинского р-на, Гомельской области</i>	<i>15. 06.</i>	<i>16. 07.</i>

5. Профессиональный контакт с ионизирующим излучением ( в том числе во время службы в армии) отсутствовал

6. Сведения о проведенных рентген исследованиях черепа, челюсти, зубов (даты, вид, примерное количество исследований в течение жизни): не проводились

7. Наличие общих заболеваний, могущих влиять на состав твердых тканей зуба пародонтоз

8. Расположение зуба (в соответствующей клетке указать порядковый номер зуба):

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

9. Охарактеризовать каждый удаленный зуб, используя условные обозначения, приведенные в левой части таблицы:

Характеристика зуба	Номер удаленного зуба				
	1	2	3	4	5
постоянный или временный (п/в)	п	п			
наличие кариозных полостей (д/н)	н	н			
наличие механических повреждений эмали (д/н)	н	н			
живой или депульпированный (д/н)	д	д			

10. Примечания нет

11. Ф.И.О. (личная печать) врача, выполнившего отбор пробы Протосеня В. С.

М.П.

Рис. 1. Паспорт на удаленный зуб

**Этап 3. Препарирование образцов эмали зубов.** Зуб очищают механическим удалением остатков органических веществ, зубного камня и пигментированных вкраплений с помощью зубоврачебного бора, и последовательно промывают в воде, спирте и ацетоне. При механической обработке эмали недопустимо использование инструментов и материалов с парамагнитными свойствами. У очищенного зуба кусачками отделяют корень. Верхнюю половину зуба раскалывают вдоль вертикальной оси на две части. Отделение эмали от дентина осуществляет механическим способом. С помощью бормашины со сменными твердосплавными борами различной формы под струей воды проводят полное удаление дентина. Степень очистки эмали от дентина контролируют визуально по их заметно контрастирующему цвету на срезе зуба: в отличие от белой эмали с голубоватым или сероватым оттенком для дентина характерны матовость и желтизна. Механическая обработка проводится на низких оборотах вращения ( $\leq 30\ 000$  об/мин). Полученную эмаль измельчают в агатовой ступ-

ке. Размеры зерен должны быть от 0,5 мм до 1,0 мм в поперечнике. Подготовленные зерна эмали обезжиривают последовательным промыванием в дистиллированной воде и ацетоне, а затем высушивают при комнатной температуре в эксикаторе. Из очищенной эмали готовят навески массой 100 мг. Массу пробы определяют взвешиванием. После завершения подготовительных операций пробы размещают в пакетики из кальки и выдерживают сутки при температуре 40 °С или не менее двух суток при 20–24 °С перед измерениями на ЭПР спектрометре.

*Этап 4. Регистрация спектров ЭПР.* Подготовку спектрометра ЭПР к работе выполняют в соответствии с нормативной документацией по его эксплуатации, контролируя при этом стабильность магнитного поля, частоту и уровень мощности СВЧ. Регистрацию спектров образцов эмали зубов проводят при следующих характеристиках: мощность СВЧ-поля 10 мВт, коэффициент усиления  $10^5$ , амплитуда модуляции 0,25 мТл, время развертки поля 10 с, постоянная времени приемника 10 мс, развертка поля 10 мТл, число накоплений спектра 100, температура комнатная. В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществляют путем регулярного измерения образцового материала двухвалентного марганца в окиси магния с нахождением суперпозиции радиационного и нативного сигналов эмали в центре спектра между 3-й и 4-й реперными линиями  $Mn^{2+}$ . Ампулу с подготовленной пробой эмали помещают в резонатор спектрометра ЭПР, выдерживая постоянную глубину погружений. Спектр ЭПР исследуемой пробы измеряют в соответствии с нормативной документацией по эксплуатации спектрометра ЭПР. Измерение спектра эмали осуществляют в режиме накопления данных в памяти ЭВМ в результате 100 измерений. Спектр ЭПР пробы с соответствующими техническими данными (номером пробы, массы образца, даты измерения и т. д.) записывают в память ЭВМ спектрометра. В процессе длительных измерений контроль над стабильностью работы спектрометра периодически осуществляют в соответствии с нормативной документацией по его эксплуатации. Регистрацию спектров образцов эмали зубов, помещенных в кварцевую ампулу диаметром 4 мм, проводят на ЭПР спектрометре в X-диапазоне.

*Этап 5. Дополнительное облучение образцов.* Гамма облучение образцов эмали проводят через плексиглас толщиной 6 мм на дозиметрической линейке от калиброванного источника  $^{60}Co$  с мощностью кермы в воздухе 630 мГр/мин на поверхности фантома суммарными дозами 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, и 4.0 Гр. В каждом сеансе осуществляют дополнительный контроль дозы облучения с помощью аттестованного дозиметра. Образец после каждого облучения выдерживают в термостате при 50 °С в течение суток, после чего вновь измеряют ее спектр ЭПР. Число дополнительных облучений должно быть не менее 5 (рис. 2).

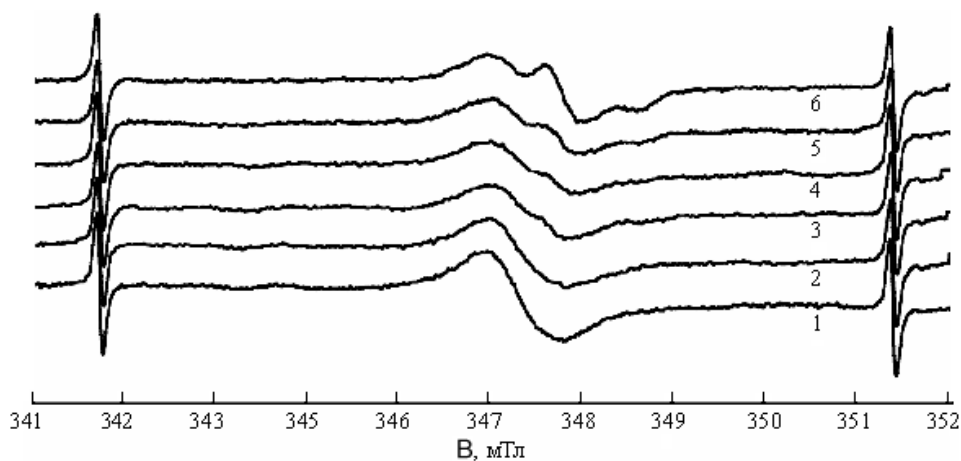


Рис. 2. Спектры ЭПР образца эмали зуба при различных дозах облучения от образцового источника  $^{60}\text{Co}$ . 1 – 0; 2 – 0.25; 3 – 0.5; 4 – 1; 5 – 2; 6 – 4 Гр

Этап 6. Реконструкция индивидуальной накопленной дозы по спектрам ЭПР эмали зубов. После загрузки в компьютерную программу 6 спектров ЭПР (1 исходного и 5 подвергнутых дополнительному облучения) в автоматическом режиме осуществляется их деконволюция (разделение) на фоновую и радиационно-индуцированную и механо-индуцированную составляющие (рис. 3) с последующим построением калибровочной прямой (рис. 4) и оценкой индивидуальной накопленной дозы.

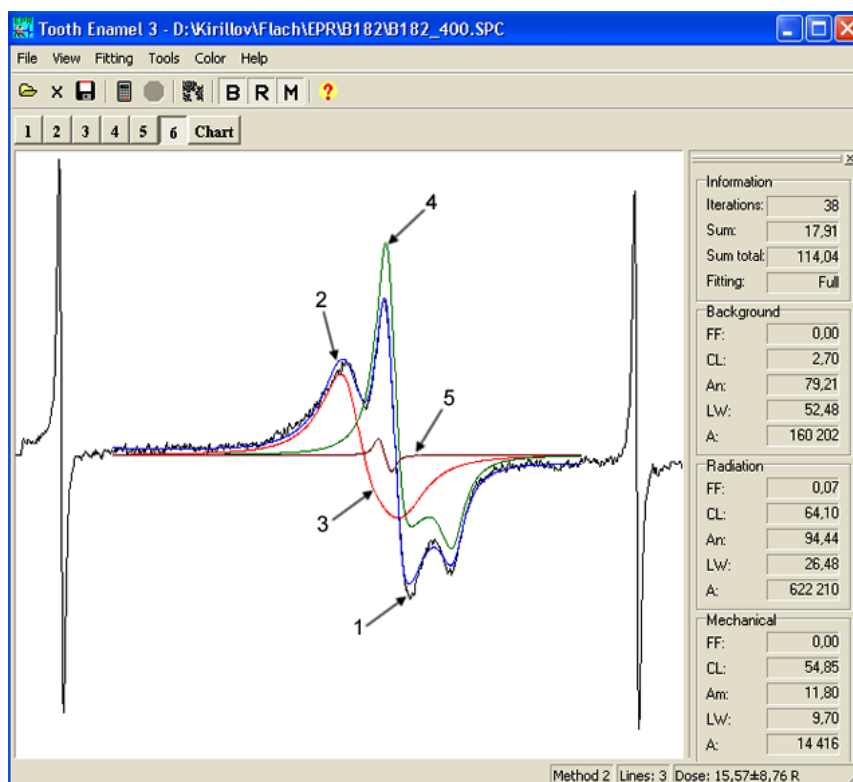


Рис. 3. Деконволюция спектра ЭПР:

- 1 — экспериментальный спектр; 2 — модельный спектр; 3 — нативный сигнал;  
4 — дозиметрический сигнал; 5 — механо-индуцированный сигнал

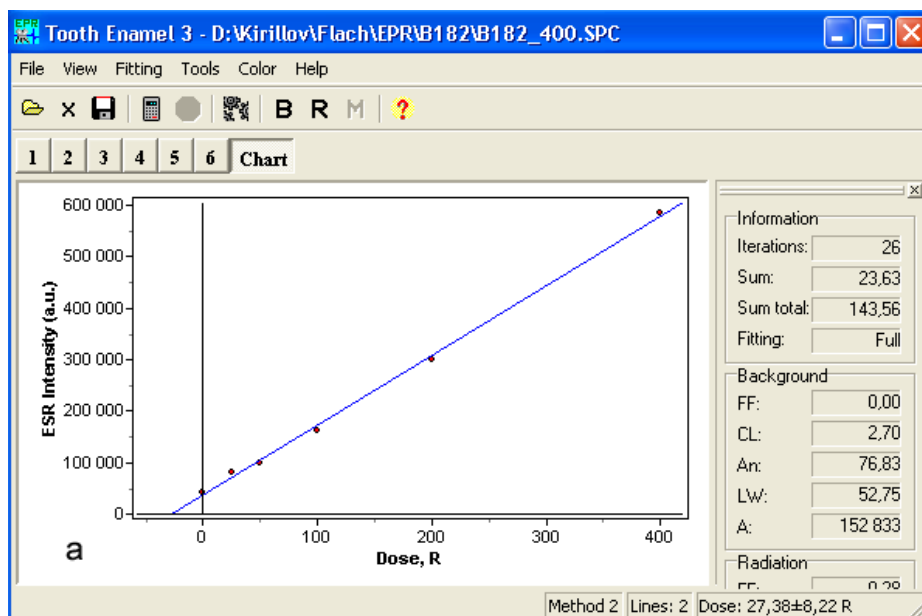


Рис. 4. Регрессионная прямая и индивидуальная накопленная доза (в нижнем правом углу панели)

Этап 7. *Расчет аварийной дозы облучения.* Окончательный расчет аварийной дозы облучения осуществляют путем вычитанием из величины индивидуальной накопленной дозы значения дозы, обусловленной «скрытым» сигналом и равной 32 мГр, и дозы, сформированной за счет естественного фонового гамма излучения. Фоновое гамма излучение характеризуется мощностью  $12 \times 10^{-8}$  Гр/час. При такой мощности за год проживания, как на загрязненных, так и незагрязненных радионуклидами территориях, набирается доза около 1,0 мГр, а за каждые 10 лет — 10 мГр. Эта доза для взрослых индивидуумов рассчитывается с учетом их возраста за вычетом 12 лет (средний возраст при котором происходит замена молочных зубов на постоянные).

Возможные погрешности при реконструкции аварийных доз облучения методом ЭПР дозиметрии эмали зубов могут быть обусловлены наличием в эмали парамагнитных центров, индуцированных диагностическим рентгеновским обследованием зубочелюстной системы. Такая медицинская процедура приводит к завышению индивидуальной поглощенной дозы, сформированной за счет внешней гамма радиации.

Устранение этой погрешности осуществляется согласно методу, изложенному в инструкции по применению «Оценка с помощью ЭПР-дозиметрии вклада X-лучей, используемых при диагностическом обследовании зубочелюстной системы человека, в суммарную дозу при сочетании с внешней гамма радиацией воздействию на эмаль зубов», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь 05.03.2009 г., регистрационный номер 126-1108.

Противопоказаний к применению метода нет.

Подписано в печать 20.03.14. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».  
Ризография. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 0,46. Уч.-изд. л. 0,3. Тираж 25 экз. Заказ 159.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.  
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.