ПРОБЛЕМЫ ОТДАЛЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИАЦИОННЫХ ИНЦИДЕНТОВ: ТОЦКИЙ ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

30 октября – 2 ноября 2000 г.

ЕКАТЕРИНБУРГ 2000 г.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское отделение
Институт экологии растений и животных

ПРОБЛЕМЫ ОТДАЛЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИАЦИОННЫХ ИНЦИДЕНТОВ: ТОЦКИЙ ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

30 октября – 2 ноября 2000 г.

Екатеринбург
2000

ББК 28.081.2:28.04
П 781
УДК 574:539.16.047:575.17

Материалы конференции изданы при финансовой поддержке Международного фонда Джона Д. и Кэтрин Т. Макартуров (MacArthur Reference # 99-61798-000)

Ответственный редактор д.б.н. **А.Г.Васильев**

П 781 Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв: Матер. Межрегион. науч. конф., 30 октября — 2 ноября 2000 г. / ИЭРиЖ УрО РАН; Отв. ред. А.Г.Васильев. — Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. — 140 с.

ISBN 5-88464-036-6

В книге представлены избранные материалы Межрегиональной научной конференции «Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв», состоявшейся 30 октября — 2 ноября 2000 г. в г.Екатеринбурге. Сборник представляет интерес для экологов, радиобиологов, медицинских работников, преподавателей и студентов биологических факультетов университетов, а также для всех тех, кому небезразличны проблемы экологической реабилитации Уральского региона.

Табл. 30. Илл. 40.

ISBN 5-88464-036-6

© Коллектив авторов, 2000
© Оформление. Издательство «Екатеринбург», 2000

Все самки нерестились в 1992 году: видны многочисленные зарастающие фолликулы и единичные остаточные икринки. Фонд половых клеток будущего года представлен в основном ооцитами фазы вакуолизации (Д1 — Д3), а также отдельными желтковыми ооцитами почти дефинитивных размеров (фаза Е3). Последние, вероятно, могли бы быть второй порцией. Стадия зрелости яичников может быть определена как VI-II-III и VI-III. Встречаются немногочисленные резорбирующиеся клетки: от ооцитов разных этапов вакуолизации до дефинитивных.

Особи золотого карася имели достоверно больший коэффициент зрелости гонад, а самки серебряного карася — более крупные превителлогенные ооциты, что является видовым признаком.

Таким образом, гистологический анализ не выявил массовых патологических изменений в половых железах карася. Однако найденные у 25% рыб «капсулы» (будь то деградирующие яйцеклетки или паразитические организмы) и митоз превителлогенного ооцита у одной из особей, не позволяют сделать вывод о благополучном существовании популяции карася в озере Тыгиш.

ЛИТЕРАТУРА

Печкуренков В.Л. Радиобиология, 1991. Т.31, Вып. 5. С.704-707.

ОПЫТ ЭПР-РЕКОНСТРУКЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ, ПОГЛОЩЕННЫХ НАСЕЛЕНИЕМ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТОЦКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

А.А.Романюха[1], Д.В.Иванов[1], А.Г.Васильев[2]
[1] Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург
[2] Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Метод ЭПР-дозиметрии является одним из немногих методов, а чаще всего — единственным, способным восстановить полученную человеком дозу по прошествии длительного времени. Этот метод основан на подсчете свободных радикалов в гидроксиапатите, являющемся основной составляющей зубной эмали. Такие радикалы образуются благодаря воздействию ионизирующего излучения и являются чрезвычайно стабильными.

В настоящей работе был проведен первый опыт восстановления доз, полученных населением в зоне влияния Тоцкого ядерного взрыва.

Материалы и методы

Для проведения ЭПР измерений всего было собрано 10 зубов. Донорами девяти образцов были постоянные жители Тоцкого и Красногвар-

дейского районов Оренбургской области. Населенные пункты, в которых проживали доноры, находились на разном расстоянии к востоку от эпицентра ядерного взрыва в 1954 г. (рис. 1). Восточное направление было предпочтительным для измерений из-за сильного западного ветра, имевшего место во время испытаний. Доноры провели большую часть своей жизни в своих родных населенных пунктах. Один образец (№ 3) был предоставлен к.м.н. Г.П.Снегиревой (Российский научный центр рентгенологии и радиологии МЗ РФ, Москва). С 1984 г. донор этого образца живет в г.Москве. Зубы у доноров были удалены в 1997 году согласно медицинским показаниям. Все исследованные образцы зубов не подвергались рентгеновскому обследованию. В таблице 1 приведены тип зубов, возраст доноров зубов и расстояние от эпицентра, на котором они находились в момент взрыва.

Рис. 1. Географическое расположение места испытания ядерного взрыва (значок ядерного облака) и мест проживания доноров образцов зубов (пятиугольники). На вкладке — место расположения Тоцкого полигона на карте европейской части России.

Образцы зубной эмали для ЭПР измерений были приготовлены по стандартной методике, которая состоит из следующих этапов:

1. Отделение коронки зуба от корня при помощи алмазного диска.
2. Механическое размельчение коронки на 3-4 куска в агатовой ступке.
3. Первое травление в растворе NaOH концентрации 20 моль/л в ультразвуковой ванне при температуре 60°С в течение 1 часа для размягчения дентина.
4. 5-10 кратная промывка в дистиллированной воде в течение 10 мин.
5. Удаление дентина и пораженных кариесом частей зубной эмали при помощи стоматологического бура.
6. Второе травление в свежем растворе NaOH концентрации 20 моль/л в ультразвуковой ванне при температуре 60°С в течение 2 часов.
7. 5 кратная промывка в дистиллированной воде в течение 30 мин в ультразвуковой ванне.
8. Просушивание эмали в вакууме при комнатной температуре в течение суток
9. Размельчение эмали в агатовой ступке до размера зерна 0,3-0,6 мм.

К сожалению, из-за высокой поврежденности зубов кариесом масса образцов зубной эмали получалась довольно низкой (30-50мг), что существенно понизило интенсивность ЭПР-сигнала и точность реконструкции дозы облучения. Запись ЭПР спектров производилась при комнатной температуре на гомодинном спектрометре ERS-231 производства бывшей ГДР. Спектрометр был сопряжен с персональным компьютером, что позволило производить многократное накопление спектров ЭПР и их математическую обработку. Параметры записи спектра следующие: частота 9,7 Ггц, частота высокочастотной модуляции — 100 кГц, ее амплитуда — 0,45 мТ, ширина развертки магнитного поля — 10 и 5 мТ, микроволновая мощность — 2 и 10 мВт, количество накоплений спектра — 30. Для того, чтобы учесть индивидуальные различия чувствительности образцов к облучению, реконструкция доз проводилась методом дополнительного облучения. Метод заключается в последовательном дооблучении образца известной дозой с последующей записью спектра ЭПР. Пример спектра зубной эмали до и после дооблучения показан на рисунке 2.

Для линейной экстраполяции полученной дозы облучения использовались пять-шесть точек: одна начальная и четыре-пять, полученных в результате последовательных дооблучений шагом 0,1-1 Гр (в зависимости от величины реконструируемой дозы) (рис. 3). Чтобы уменьшить влияние анизотропии сигнала ЭПР зубной эмали спектры каждого образца регистрировались три раза после встряхивания пробирки с образцом. Результат измерения амплитуды радиационного сигнала усредняли. На рисунке 2 приведены ЭПР спектры зубной эмали до и после дооблучения, где хорошо виден рост радиационно-индуцированной компоненты спектра. Дооблучение проводилось на медицинском источнике ^{60}Co Свердловского областного онкологического диспансера с точностью 5% при 95% уровне значимости. Для вычитания фонового сигнала использовался метод селективного насыщения органической составляющей ЭПР-сигнала зубной эмали [1].

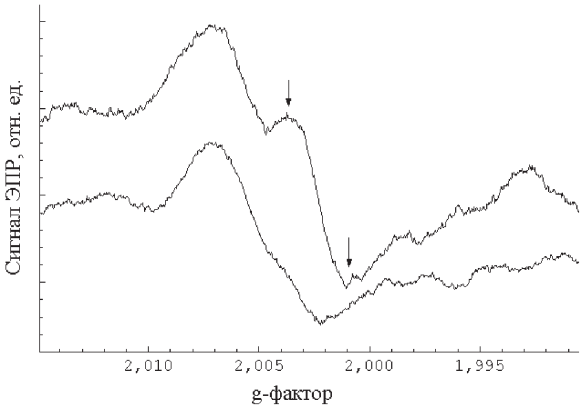

Рис. 2. Изменение ЭПР-спектра зубной эмали при дооблучении. Образец №4, доза дооблучения 1,5 Гр. Стрелками показан пик радиационной компоненты спектра.

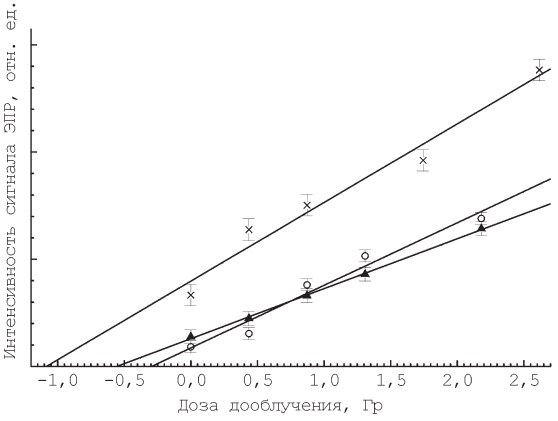

Рис. 3. Пример линейной экстраполяции реконструируемой дозы для трех образцов зубной эмали.

Результаты и обсуждение

Результаты ЭПР реконструкции доз облучения зубной эмали, а также расчетная доза от инкорпорированного стронция-90 и фоновая компонента внешней дозы показаны в таблице.

Таблица.

Результаты реконструкции доз у очевидцев испытания на Тоцком полигоне

Номер образца	Тип зуба	Год рождения (возраст пациента)	Расстояние до эпицентра взрыва, км	Реконструированная доза, Гр	Концентрация ^{90}Sr в дентине корня, Бк/г	Доза от инкорпорированного в дентине ^{90}Sr, Гр	Фоновая компонента дозы, Гр	Доза ионизирующей радиации, поглощенная во время испытаний, Гр
1	2 *I*	1934 (63)	14	3,1 ± 0,30	1,52±0,15	0,13±0,06	0,31±0,19	2,66±0,36
2	3 *C*	1934 (63)	14	2,9 ± 0,30	1,67±0,17	0,12±0,06	0,40±0,20	2,38±0,37
3	6 *M*	1946 (51)	20	0,92 ± 0,15	0,28±0,03	0,02±0,01	0,12±0,02	0,78±0,15
4	6 *M*	1913 (84)	26	0,55 ± 0,10	0,19±0,02	0,01±0,005	0,15±0,03	0,39±0,10
5	2 *I*	1941 (56)	26	0,50 ± 0,10			0,31±0,19	0,19±0,21
6	7 *M*	1934 (63)	30	0,24 ± 0,08			0,13±0,02	0,11±0,08
7	7 *M*	1934 (63)	49	0,40 ± 0,10			0,13±0,02	0,27±0,10
8	6 *M*	1938 (59)	70	0,12 ± 0,10	0,08±0,01	0,004±0,002	0,13±0,02	-
9	8 *M**	1930 (67)	26	0,19 ± 0,10	0	0	0,13±0,02	0,06±0,10
10	8 *M**	1939 (58)	30	0,07 ± 0,10	0,17±0,02	0,01±0,005	0,12±0,02	-

Примечание: I — *резец,* C — *клык,* M — *коренной зуб,* M* — *зуб мудрости.*

Концентрация стронция-90 стала известна благодаря результатам радиометрии, проделанной д.б.н. Н.М. Любашевским [2]. Для трех образцов (5, 6, 7) радиометрия не была проведена. Доза от инкорпорированного стронция-90 рассчитывалась согласно методике, разработанной Е.И. Толстых с соавторами.[3]. Вклад фонового облучения был оценен из работ А.И. Иванникова с соавторами [4] и ЭПР исследований зубов населения Уральского региона.

По крайней мере двое из доноров, имеющих наибольшую реконструированную дозу, подвергались непосредственному воздействию взрыва. Один из них (донор образцов 1 и 2) непосредственно наблюдал взрыв, сидя на берегу реки на открытой местности. Донор образца № 3 в первый момент после взрыва находилась в помещении школы в пос. Пристанционный. Затем, когда стены строения начали сотрясаться, дети выбежали на школьный двор и тоже наблюдали светящийся шар.

Среди изученных образцов было 3 передних зуба. Реконструкция доз для них осложняется, так как величины могут быть завышены из-за воздействия солнечной радиации, что следовало учесть. По данным Н.Накамуры с соавторами [6] различия между дозой, накопленной эмалью зуба на его буккальной (щечной) и лингвальной (язычной) сторонах, составляли от 0,1 до 0,34 Гр для резцов и от 0,08 до 0,42 Гр для клыков. Это означает, что для смешанного образца эмали возможное превышение дозы будет колебаться в

интервале от 0,05-0,17 Гр и 0,04-0,21 Гр для соответствующих категорий зубов. Подобные цифры приводили и другие авторы, по оценкам которых средняя разница доз между передними зубами и молярами достигала 200 мГр. Таким образом, ожидаемое завышение дозы для наших образцов, приготовленных из передних зубов (№№ 1, 2 и 5), будет находиться в пределах данной экспериментальной погрешности (таблица).

Различия между реконструированной дозой и ее фоновой компонентой может быть отнесено на счет влияния Тоцкого испытания атомной бомбы. Вычитая величину фоновой дозы и дозы от инкорпорированного стронция-90 из экспериментально реконструированной дозы можно оценить общую дозу, полученную очевидцами в результате ядерного взрыва. Эти дозы указаны в последнем столбце таблицы.

Г.П.Снегиревой независимо от данных исследований для донора образца № 3 была реконструирована доза 0,5 ± 0,3 Гр на основе исследования крови методом FISH. По нашим данным (таблица) реконструированная доза методом ЭПР на зубной эмали составила 0,92 ± 0,15 Гр. Более низкое значение дозы, полученное методом FISH может объясняться репаративными процессами, так как исследование проводили через 43 года после инцидента. Наблюдаемое сходство доз облучения, реконструированных принципиально разными методами биологической и физической дозиметрии тем не менее обращает на себя внимание.

Обычно дозы, полученные очевидцами ядерных инцидентов, включают в себя существенный вклад нейтронного облучения, однако чувствительность зубной эмали к нейтронам оценивается как 0,03 ее чувствительности к гамма облучению [7]. Поэтому нейтронным вкладом в дозу, накопленную зубной эмалью, можно пренебречь по сравнению с другими факторами.

Выполненные исследования по использованию метода ЭПР реконструкции доз облучения на зубной эмали у очевидцев испытаний ядерного оружия на Тоцком полигоне в 1954 г. показали неожиданно высокие дозы, до 3 Гр. Полученные нами значения доз облучения находятся в серьезном противоречии с принятыми в настоящее время оценками доз для населения, проживающего в зоне Тоцкого ядерного взрыва — 0,08-0,7 Зв [8]. Таким образом, наши исследования продемонстрировали потенциальную способность ретроспективной ЭПР-дозиметрии для предоставления дополнительных независимых оценок доз для населения импактных районов. Очень вероятно, что этот метод при использовании его в сочетании с FISH-технологией даст более надежную дозиметрическую информацию, чем имеющаяся в настоящее время.

Согласно нормам МКРЗ (Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ..., 1994), население, проживающее в районе Тоцкого полигона (по крайней мере определенная его часть), наверняка может быть отнесено к категории лиц, пострадавших от облучения при испытании ядерного оружия. Однако для окончательного заключения об уровне облучения населе-

ния исследуемого района проживания выполненных измерений доз облучения (десять проб) явно недостаточно, необходимо дальнейшее продолжение исследований. Вместе с тем проведенные исследования позволяют дать важную рекомендацию по организации сбора образцов — критическим моментом здесь является возможно более точное определение местоположения человека, для которого выполняется реконструкция дозы облучения, в момент взрыва. При таком подходе в результате широкомасштабной реконструкции доз может быть получена карта распределения доз облучения очевидцев испытания ядерного оружия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ignatiev E.A., Romanyukha A.A., Koshta A.A. and Wieser A. Selective Saturation Method for EPR Dosimetry with Tooth Enamel // Appl. Radiat. Isot.,1996. **47,** P.333-337.
2. Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской области в 1954 году (факты, модели, гипотезы) /А.Г. Васильев, В.М. Боев, Э.А. Гилева и др.– Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1997.192 с.
3. Tolstykh, E.I., Degteva, M.O., Kozheurov, V.P. Shishkina, E.A., Romanyukha, A.A., Wieser A. and Jacob, P. Strontium metabolism in teeth and enamel dose assessment: analysis of the Techa river data // Radiat. Environ. Biophys., 2000. **39**. P.195-199.
4. Ivannikov A.I., Skvortzov V.G., Stepanenko V.F., Tikunov D.D., Fedosov I.M., Romanyukha A.A., Wieser A. Wide Scale EPR Retrospective Dosimetry. Results and Problems // Rad. Prot. Dosim., 1997. **71**. P.175-180.
6. Nakamura, N., Katanic, J.F., Miyazava, C. Contamination from possible solar light exposures in ESR dosimetry using human tooth enamel // J. Radiat. Res., 1998. **39**. P.185-191.
7. Бочвар И.А., Клещенко, Е.Д., Кушнерева, К.К. и Левочкин, Ф.К. Чувствительность зубной эмали человека к а-облучению и нейтронам // Атомная энергия, 1997. **83**. С.380-383.
8. Katkov, A.E., Trifonov, V.A., Rusanov A.M., Boev V. M., Tyurin E.N. and Korneev A.G. Estimation of Irradiation Doses of People Living in the Zone of the Totskoye Nuclear Explosion. Medico-ecological Aspects of the Consequences of Totskoye Nuclear Explosion //Abstracts of the First Workshop (Orenburg: Press Centre of OGAU), 1996. P.82-85 (In Russian).