

Министерство образования Республики Беларусь
Международный государственный экологический
университет им. А. Д. Сахарова

Материалы IV международного симпозиума
«Актуальные проблемы дозиметрии»

23–24 октября 2003 года
Минск, Республика Беларусь

Минск
Триолета
2003

Под общей редакцией
кандидата технических наук, доцента В. А. Чудакова.

Рецензенты:

член-корр. НАН РБ, профессор Л. М. Лобанок,
доктор медицинских наук, профессор В.А. Остапенко,
доктор биологических наук, профессор И.Б. Моссэ,
доктор физико-математических наук, профессор Э. А. Рудак,
кандидат технических наук В.А. Кожемякин,
кандидат физико-математических наук, В.А. Гурачевский.

Материалы IV международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии». Мн.: Триолета, 2003. – 100 с.

Данное издание представляет собой тематическую подборку материалов IV международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии», который проводился 24–25 октября 2003 года на базе Международного государственного экологического университета им. А. Д. Сахарова.

Материалы конференции рассчитаны на широкий круг специалистов, преподавателей высших и средних учреждений образования, населения республики в целом.

СОДЕРЖАНИЕ

THE INFLUENCE OF MELANIN ON BYSTANDER EFFECT Marozik P.M., Mosse I.B., Seymour C. and Mothersill C.	7	ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОАКТИВНОСТИ ОТВАЛОВ ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА Батурицкий М.А., Калинин В.Н., Савастенко В.А.	22
SEASONAL CHANGES IN RADIOCAESIUM CONTAMINATION OF ROE DEER Paliachenka H., Klemt E., Zibold G.	9	НОСИМЫЕ ГАММА-РАДИОМЕТРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ВГО И СВО Батурицкий М.А., Михайлов В.А.	23
ACCUMULATION OF ¹³⁷ CS IN WILD BOAR FROM SOUTHERN GERMANY AND DOSE ESTIMATION ¹⁰ Putyrskaya V., Klemt E., Zibold G.	10	ИССЛЕДОВАНИЕ МУТАЦИЙ ВЫСОКОПЕНИТРИРУЮЩИХ ГЕНОВ-МАРКЕРОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Богданова Н. В., Бокуть С. Б., Фещенко С.П.	24
ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ УЧАСТНИКОВ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Адамчиков А.А.	12	РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ В БИОКАРБОНАТАХ В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФИТ-ИОНОВ Богушевич С.Е., Уголев И.И.	27
АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕТА- КАНАЛА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСА «ЭКСПЕРТНЫЙ БЕТА- ГАММА-СИЧ» Аншаков О.М., Баковец Н.В. , Будевич Н.М. , Кутень С.А., Чудаков В.А.	14	ПРОЦЕССЫ ВОДООБМЕНА И ПОГЛОЩЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 И СТРОНЦИЯ-90 ИЗ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРОРОСТКАМИ ГОРОХА Бондарь Ю.И., Кравченя Н.И.	28
РАЗВИТИЕ МЕТОДА СОРБИРОВАНИЯ РАДОНА И ЕГО ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ И ПРИРОДНЫХ ВОДАХ Аншаков О.М., Лобач Д.И., Матвейчук С.В., Уголев И.И., Чудаков В.А., Лобач О.Н.	16	ЭКСПРЕССНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ⁹⁰ SR В ОБЪЕКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНОГО СОРБЕНТА ДИЦИКЛОГЕКСИЛ-18-КРАУН-6 Бурак А.О., Билан О.Н., Рудак Э.А.	29
О ПРОВЕДЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УЧРЕЖДЕНИЯМИ МИНЗДРАВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Асташко Г.А., Лобач О.Н., Лобач Д.И.	18	ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС-САМЦОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Верещако Г.Г., Ходосовская А.М., Артеменко О.В. Конопля Е.Ф.	31
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ФАКТОРА НА ПОПУЛЯЦИИ МОЛЛЮСКА LYMNAEA STAGNALIS (GASTROPODA, PULMONATA) В ВОДОЕМАХ ЗОНЫ ЧАЭС Афонин В.Ю., Голубев А.П., Богданович С.А.	20		

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА РОССИИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ (КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ) РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИАЦИОННОЙ ДОЗИМЕТРИИ Виллевалде Н.Д., Оборин А.В., Харитонов И.А.....	32	ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ЕРН В ГОТОВОМ ИЗДЕЛИИ ОТ ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИСХОДНОМ СЫРЬЕ Гутько В.И., Дичковский П.В., Ермоленко Н.В., Лаптик Е.В.....	45
К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ В РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И МОЛОКО ОТ ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ Висенберг Ю.В., Власова Н.Г.	35	ФОРМИРОВАНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК СТУДЕНТОВ ПРИ ПРАКТИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ПРЕДМЕТОВ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ЦИКЛА Гутько Т.В., Ермоленко Н.В., Дичковский П.В., Чукарина Т.В., Гутько В.И.	47
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА СВЯТСКОЕ Власов Б.В., Зенченко С.А., Ткаченко И.В., Федоренчик Е.В.....	37	К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРА ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА РАДОНА В РАДИОМЕТРАХ С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕМ Дежурко М.Д., Лобач Д.И.....	49
ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ МУТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ХВОЙНЫХ ЮГА БЕЛАРУСИ Гончаренко Г. Г., Сурков А. А.....	38	МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ¹³⁷ CS В ОРГАНИЗМЕ КРЫС И В ИХ ЭКСКРЕМЕНТАХ ПРИ ОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ ИЗ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРИБОВ Дворник А.М., Шишкин А.Г.....	51
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВА ПРИ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЯХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ Горбачева Н.В., Шароваров Г.А.....	40	СРАВНЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Ермоленко Н.В., Гутько В.И.....	53
СОЧЕТАНИЕ ОБУЧЕНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ И ПРОЦЕССА МАССОВОГО ЭНДОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТУДЕНТОВ Гордейко В. А., Николайчук Л. В., Котловский О. А., Севостьянов А. Н.	42	РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У «КРИТИЧЕСКИХ» ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ Жукова О.М., Дроздович В.В., Бакарикова Ж.В.	53
ОЦЕНКА ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ НА КРАСНЫЙ КОСТНЫЙ МОЗГ ДИКИХ ПРОМЫСЛОВЫХ КОПЫТНЫХ ОТ ИНКОРПОРИРОВАННОГО ⁹⁰ SR Гулаков А. В.....	43	БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ РАДИОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОМАТРИЦ Зубец И.В., Николайчук Л.В., Гордейко В.А., Катулина Т.А.	54
СОДЕРЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	44	ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ НА КОНФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕМОГЛОБИНА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ГАММА-ПОЛЕ Каркоцкая Т. П., Коробкова Н.Е.	55
Гутько В.И., Дичковский П.В., Добринец Л.В., Ермоленко Н.В., Лаптик Е.В.....	44		

РАЗРАБОТКА ИММУНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФЕРРИТИНА НА ОСНОВЕ РЕКОМБИНАНТНОГО L-ФЕРРИТИНА ЧЕЛОВЕКА Конопелько Н.Ф., Середа В.В., Кравчук З.И., Конопля Е.Ф. 57	УЧЕТ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ Мисюченко В.М., Яременко Е.С. 71
ГЕМОГЛОБИН КАК МАРКЕР СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КРОВИ, ИНДУЦИРОВАННЫХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ РАДИАЦИОННОЙ И НЕРАДИАЦИОННОЙ ПРИРОДЫ Коробкова Н.Е., Каркоцкая Т. П. 59	УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АПОПТОЗА И ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЛИКВИДАТОРОВ 1986-1987 ГГ. Морозик П.М., Мельнов С.Б., Морозик В.М. 71
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ (0,5 МЗВ) СЕМЯН ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПОДОРОЖНИКА (ОИЯИ, ДУБНА) Корогодина В.Л., Флорко Б.В. 61	ИССЛЕДОВАНИЕ МУТАЦИЙ НИЗКОПЕНИТРИРУЮЩИХ ГЕНОВ-МАРКЕРОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Мясников С.О., Богданова Н. В., Бокуть С. Б. Фещенко С.П. 73
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МОНОНУКЛЕАРНЫХ ФАГОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ДОЗАХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АНТИГЕННОЙ НАГРУЗКЕ Кравченко Е.А., Пильченко Н.В., Петренев Д.Р. 63	ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ РАЙОНАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ Нараленков В.А., Бортновский В.Н., Буздалкина А.М. 76
РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА СРЕДСТВ И ТЕХНИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИЗМЕРЕНИЙ РАДОНА В БЕЛАРУСИ Лобач Д.И., Матвейчук С.В., Милевский В.С., Сорока С.А., Уголев И.И., Чудаков В.А. 64	АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ С ИНКОРПОРИРОВАННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ И ПРИ ГАММА-ОБЛУЧЕНИИ Николайчук Л. В., Гордейко В. А., Боричевская А. В., Катулина Т.А. 77
О ВОЗМОЖНОСТЯХ УЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ПОТЕНЦИАЛЬНО РАДОНООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ Лобач Д.И., Сорока С.А., Чудаков В.А. 66	ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ¹³⁷ CS В ПРОБАХ МАЛОГО ОБЪЕМА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕТА-ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА МКС-АТ1315 Переволоцкий А.Н., Собченко В.А., Храмченкова О.М. 79
МОНИТОРИНГ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ БЕЛОРУССИИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ Миненко В.Ф., Трофимук С.В. 67	БИДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КСАНТЕНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ Попечиц В.И. 80
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИНСКА И ГОМЕЛЯ НА АКТИВНОЙ СТАДИИ АВАРИИ Миронов В.П., Журавков В.В., Ананич П.И. 69	МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Попова Е.Н., Горбатова Г.Ю. 82

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА МОБИЛИЗАЦИЮ ИОНОВ Ca^{2+} ИЗ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ДЕПО ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИПЕПТИДА γ -GLU-TRP Прокопенко Н.В., Ярмолик О. В., Герасимович Н.В. 82	РЕКОНСТРУКЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЖИТЕЛЕЙ БЕЛАРУСИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПОСТУПЛЕНИЕМ ЙОДА-131 ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ, И ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ Третьякевич С.С. 90
МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВТОРИЧНЫХ ПОСРЕДНИКОВ В ПРИСУТСТВИИ ДЕКСАМЕТАЗОНА В ТИМОЦИТАХ КРЫС ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО γ - ОБЛУЧЕНИЯ Пухтеева И.В., Герасимович Н.В. 84	ЭПР-ДОЗИМЕТРИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ Финин В.С. 94
С-РЕАКТИВНЫЙ БЕЛОК — ПОКАЗАТЕЛЬ ТЯЖЕСТИ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА. ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ДЕТОКСИЦИРУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ЕГО СОДЕРЖАНИЕ В ОРГАНИЗМЕ ОБЛУЧЕННЫХ СОБАК Серков Н.В. 86	АНАЛИЗ БЕТА-СПЕКТРОВ В СПЕКТРОМЕТРИИ ИЗЛУЧЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА Хаджинов Е.М. 95
ХВОЙНЫЕ КАК ТЕСТ-СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НУЛЕВЫХ ВАРИАНТОВ В СТРУКТУРНЫХ ГЕНАХ, КОДИРУЮЩИХ КЛЮЧЕВЫЕ ФЕРМЕНТЫ РАСТЕНИЙ Сурков А. А., Гончаренко Г. Г. 87	МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕПРЕРЫВНЫХ БЕТА- СПЕКТРОВ Хаджинов Е.М. 97
ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ ПРИ ОСТРОМ ЛИМФОБЛАСТНОМ ЛЕЙКОЗЕ И ЛИМФОГРАНУЛЕМАТОЗЕ Сущевич В.В., Дудинская Р.А. 88	УРОВЕНЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ТОМАТА КАК ПРИЧИНА МУТАГЕНЕЗА Шилина М.В. 98

THE INFLUENCE OF MELANIN ON BYSTANDER EFFECT

Marozik P.M.^{1,2}, Mosse I.B.¹, Seymour C.² and Mothersill C.²

¹International Sakharov Environmental University, Minsk, Belarus;

²Radiation and Environmental Science Centre, Dublin Institute of Technology, Ireland

Brief background: The influence of melanin on bystander effect has been studied. Melanin is known to be a natural substance with proved radioprotective properties. It is effective only against low dose radiation. The observed result in colony-forming activity of HPV-G cells may be due to the potential radioprotective effect of melanin.

Ever since the discovery of X-rays was made by Roentgen more than a hundred years ago, it has always been accepted that the deleterious effects of ionizing radiation such as mutation and cancerogenesis are attributable mainly to direct damage to DNA. Two types of interaction are described, direct and indirect. Direct action occurs when a charged particle resulting from the absorption of electromagnetic radiation interacts with the DNA strand, and may cause single-strand breaks, double strand breaks and DNA base damage. Indirect action occurs when free radicals are produced in the cell as a result of absorption of radiation.

Recent evidence, however, has brought to the fore another causative factor: the bystander effect. In 1954 Parsons showed that children that were receiving radiation to the spleen for treatment of leukemia, had damage to their bone marrow. This then was the first evidence to suggest that damage from radiation was not confined to the tissue that had been exposed. Over the next few years more studies were performed to investigate this newly discovered «bystander effect».

The radiation-induced bystander effect is a phenomenon whereby cellular damage is expressed in unirradiated neighboring cells, connected or not to an irradiated cell or cells (see Figure 1). In the last twenty years huge advances have been made in this area, and quite a lot of information about this «bystander factor» has been discovered, although the specific nature of the factor has yet to be elucidated [Morgan et al., 96].

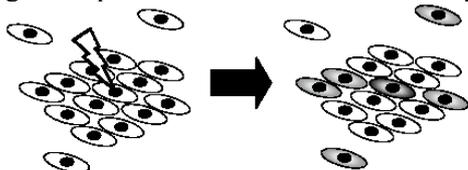


Figure 1. Scheme of bystander effect. Directly damaged cell is highlighted dark grey; bystander damaged cells are highlighted light grey.

There are different ways to study the bystander effect. The one which was used in this work - by transfer of medium from irradiated cells to unirradiated cells using low LET γ -radiation.

Long-term exposure of large population groups to low doses of environmental radiation has stimulated the search for radioprotective substances of a new type capable of reducing the remote effects of long-term irradiation. Conventional radioprotectors are known to be effective only during a single dose and when applied in toxic concentrations.

There is some evidence for a radioprotective action of melanin. This pigment is widespread in the living world. It gives our hair, skin and eyes their color. It has many different functions, only one of which is radioprotection. The major role of melanin pigment in the skin is to absorb the ultraviolet (UV) light that comes from the sun so that the skin is not damaged.

Melanin exerts its protective action at the initial stage of irradiation, preventing DNA damage and not affecting the biochemical repair system. It is effective against low radiation doses, but not against high doses.

Mosse I.B. with coworkers studied melanin influence on the chromosome aberration frequency induced by radiation in human lymphocytes. The melanin effect in somatic cells was found to be dependent on radiation dose: the lower the damage level, the better the melanin protection. It was shown that melanin is capable of completely removing low-dose radiation effects [Mosse I.B. et al., 2000].

MATERIALS AND METHODS

Cell culture: HPV-G cells (human keratinocyte line, immortalised by transfection with the HVP virus) are cultured in Dulbecco's MEM: F12 (1:1) Medium. In addition, we add to medium 50 ml of Fetal Calf Serum, 5 ml penicillin-streptomycin, 5 ml L-glutamine and 1 μ g/ml of hydrocortisone. Cells were maintained in an incubator at 37 degrees Celsius, with 95% humidity and 5% Carbon Dioxide and routinely subcultured every 8-10 days.

Melanin: Melanin was isolated from animal hair (Belarus Pharmaceutical Association, Minsk). Melanin was added to cell medium at 1 mg/l concentration.

Clonogenic and bystander protocol: Cell suspension after dilution was counted using a Coulter counter. Appropriate cell numbers were plated according to the Puck and Marcus technique in 5 ml medium in 25cm² NUNC flasks. There were 3 types of flasks: direct irradiation, bystander donor and bystander recipient. Each of 3 them had 4 triplet sets: control, melanin, irradiated cells 0,5 Gy and irradiated cells 0,5 Gy with melanin added. Melanin is added into flasks 30 min – 1 hour before irradiation. Bystander donor and direct flasks are irradiated and replaced back in the incubator at 37°C for one hour. Culture flasks are irradiated at room temperature using a ⁶⁰Cobalt teletherapy source, delivering approximately 2 Gy per minute at a source-to cell distance of 80 cm. 1 hour after ir-

radiation the medium from bystander donor flasks is removed and filtered through NALGENE 0,2 µm sterile syringe filter to ensure that no cells are present in the medium. This filtered medium is used to replace the medium from bystander recipient flasks. All flasks are left for 9-10 days (until colonies are visible) and then stained with Carbol Fusion and colonies are counted.

RESULTS AND DISCUSSION

The data is presented as mean ± standard error in all cases. Plating efficiency is a percentage of the final number of colonies counted over the initial number of cells plated. Surviving fraction is a percentage of the control plating efficiency.

Tables 1 and 2 show the results obtained for four lines of flasks.

Table 1

Influence of animal hair melanin on HPV-G cell line colonies forming ability (dose 0,5 Gy)

	Number of cells plated	Average number of colonies	P
Direct Control	300	146±5,5	-
Direct Melanin	300	144±2,6	> 0,05
Direct 0,5 Gy	300	105±1,2	< 0,01
Direct 0,5 Gy+ Melanin	300	133±1,2	< 0,01
Recipient Control	300	106±2,4	-
Recipient Melanin	300	103±0,8	> 0,05
Recipient 0,5 Gy	300	84±3,5	< 0,01
Recipient 0,5 Gy+Melanin	300	97±2,6	< 0,01

Irradiated medium clearly reduces the plating efficiency of HPV-G cells in both direct irradiated and bystander recipient cells. As it can be seen from table 1, the average number of colonies in control flasks (146±5,5 and 106±2,4) is higher than the average number of colonies in irradiated flasks (105±1,2 and 84±3,5). No colony forming induction activity of melanin was found – in control flasks with melanin added the average number of formed colonies (144±2,6 103±0,8) is very close to control.

The plating efficiency of the cells irradiated in 0,5 Gy with melanin added into the medium is lower than in control, but higher, than plating efficiency of the cells, irradiated in 0,5 Gy without melanin added (133±1,2 and 97±2,6). The observed result in colony-forming activity of HPV-G cells may be due to the potential radioprotective effect of melanin.

Earlier it was shown (Mothersill C., Seymour C., 1997) that medium irradiated in the absence of cells had no effect on survival of unirradiated cultures. This would seem to exclude the possibility that hydrolysis of medium to give radicals is involved.

Table 2

Cloning efficiencies for HPV-G cells which received 0,5 Gy dose of irradiation directly or by the transfer of medium from irradiated cells and with melanin added

Cell Type	Control Plating Efficiency, %	% Surviving Fraction, Melanin	% Surviving Fraction, 0,5 Gy	% Surviving Fraction, 0,5 Gy + Melanin
Direct irradiated cells	49±1,8	98±1,7	72±0,8	90±0,8
Bystander recipient cells	35±0,8	98±0,8	80±3,2	92±2,5

BIBLIOGRAPHY

1. Morgan W., Day J.P., Kaplan M.I., McGhee E.M., Limoli C.L. Genomic instability induced by ionizing radiation. *Rad Research* 1996, 146: 247 – 258
2. Mosse I., Kostrova L., Subbot S., Maksimenya I., Molophei V. Melanin decreases clastogenic effects of ionizing radiation in human and mouse somatic cells and modifies the radioadaptive response. *Radiat Environ Biophys* 2000, 39: 47-52
3. Mothersill C., Seymour C. Medium from irradiated epithelial cells but not human fibroblasts reduces the clonogenic survival of unirradiated cells. *Int. J. Radiat. Biol.* 1997, 71(4), 421-427.

SEASONAL CHANGES IN RADIOCAESIUM CONTAMINATION OF ROE DEER

Paliachenka H., Klemt E., Zibold G.

Fachhochschule Ravensburg-Weingarten University of Applied Sciences,
D-88241 Weingarten, Germany

ABSTRACT

This paper describes the results of our studies on ^{137}Cs contamination of roe deer during the year 2002 in the south of Germany. The contamination of roe deer showed a maximum in September. Comparison with the ^{137}Cs activity concentration in mushrooms and plants collected from the same area indicated that the autumn peak in radio-caesium contamination of roe deer is correlated with the appearance of mushrooms.

Using our data we estimated the equivalent dose per year from radiation received by adult persons due to the consumption of roe deer meat.

1. INTRODUCTION

In many studies - a survey is given in [1] - periodic seasonal and regional variations in radiocaesium contamination of roe deer have been observed. This pattern of roe deer contamination reflects the ability of semi-natural ecosystems (forests and sphagnum bogs) to accumulate radiocaesium in their compartments:

- since radiocaesium in semi-natural ecosystems is still not immobilized, we observe high radiocaesium activities in mushrooms, forest plants and wild animals;
- high contamination of roe deer can be due to the ability of fungi to mobilize radiocaesium in the forest soil;
- most of the radiocaesium is still accumulated in the uppermost 15 cm of soil [1];

The aim of our investigation, based on studies during the year 2002 in the state forestry Ochenhausen, is the seasonal variation in ^{137}Cs contamination of roe deer, grazing in spruce forest, is to show the increase of roe deer contamination during the fungi season, and to compare our results with data from regions which are closer to Chernobyl in Ukraine.

2. MATERIALS AND METHODS

The study area is located north of Lake Constance in the south of Germany. Details of the soil description, game, grazing plants and mushrooms can be found in [1]. The aggregated transfer factor T_{ag} was defined as a ratio of the ^{137}Cs activity concentration in the plants (Bq/kg dry weight) or mushrooms (Bq/kg fresh weight) and the soil inventory (Bq/m²) at a site.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Among the mushroom species presented in Table 1, the most interesting is *Xerocomus badius*, first of all because of its tastiness. Besides we studied this mushroom during the last 17 years at the same site. The aggregated transfer factor for *Xerocomus badius* was determined relative to the fresh weight: $T_{ag} = (0.06 \pm 0.03) \text{ m}^2/\text{kg}$.

In comparison with other areas, the transfer factor for *Xerocomus badius* within the 30-kilometer Chernobyl nuclear power plant zone is $0.074 \text{ m}^2/\text{kg}$ (fw) and $0.137 \text{ m}^2/\text{kg}$ (fw) for the Belarussian Polesye [2,3].

The result of our investigation presented in Fig.1 shows that the seasonal maximum of ^{137}Cs contamination in roe deer is correlated with the mushroom season in autumn. Precipitation heights above 200 mm per month during summer cause more and more fruit bodies of mushrooms to develop [1]. Accordingly, the probability that roe deer find mushrooms increases. The autumn increase of ^{137}Cs contamination in roe deer is due to the increase of the ingestion rate of mushrooms. As mushrooms are much more contaminated than green plants, the contamination of roe deer meat also increases.

Table 1

^{137}Cs activity concentration in different mushroom species from the south of Germany for the year 2002

Mushroom species	Number of samples	Min. value in Bq/kg fw	Mean value (arithmetic) in Bq/kg fw	Max. value in Bq/kg fw
<i>Xerocomus badius</i>	14	8	639	1860
<i>Russula</i>	20	110	841	2130
<i>Boletus</i>	13	10	872	3734
<i>Hydnum</i>	2	916	1679	2441
<i>Lecinium scabrum</i>	4	75	1487	2898

The aggregated transfer factor studied for the prevailing plant species, such as fern, *Dryopteris carthusiana*, the grazing plant with the highest value of T_{ag} , is observed to be nearly constant since 1995 [1]. It means that these plants are not responsible for the autumn contamination peak in roe deer, but they can influence the changes in roe deer contamination during the year, e.g. low ^{137}Cs contamination of roe deer shot at the beginning of May, can be explained by the seasonal minimum of ^{137}Cs activity concentration in fern as it is observed by Haffelder [4].

For the estimation of the possible health-risk due to the consumption of 15 kg of roe deer meat with ^{137}Cs activity concentration of 2000 Bq/kg during 1 year we estimate the equivalent dose for one adult to be about 0.5 mSv.

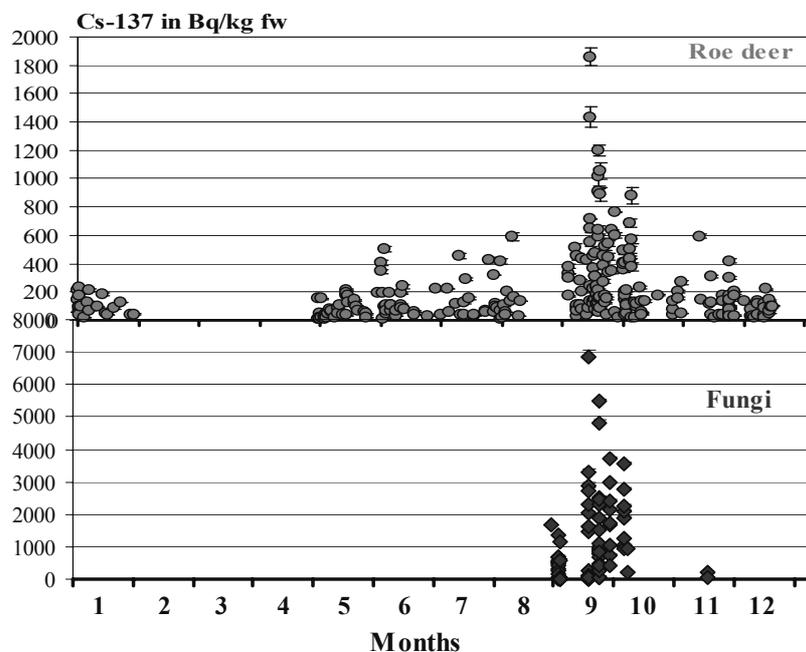


Fig.1. ^{137}Cs activity concentration of roe deer from Ochsenhausen (upper part) and of mushrooms (lower part) during the year 2002.

REFERENCES

1. Zibold G., Drissner J., Kaminski S., Klemt E., Miller R. (2001). Time-dependence of the radiocaesium contamination of roe deer: measurements and modeling. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55, 5-27.
2. Belli M. & Tikhomirov F. (1996). *Behaviour of radionuclides in natural and seminatural environments*. ECP-5, final report, EUR 16531.
3. Bulavik I.M. & Perevolotsky A.N. (2000). The dynamics of the radionuclide composition and exposure dose rate in forest ecosystems of Belarus. *Questions of Forest Ecology and Forest Utilization in Ukrainian Polesye: Learnt works of the Agro-Forest Amelioration Polisky branch*. Issue 7, pp. 28–34. Zitomir: Volyn (in Russian).
4. Haffelder M. (1995). *Radiocäsium im Waldökosystem des Hinteren Bayerischen Waldes nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl unter besonderer Berücksichtigung der Äsungspflanzen des Schalenwildes*. Dissertation. Universität Ulm.

ACCUMULATION OF ^{137}Cs IN WILD BOAR FROM SOUTHERN GERMANY AND DOSE ESTIMATION

Putyrskaya V.^{1, 2}, Klemt E.², Zibold G.²

¹ International Sakharov Environmental University, Minsk, Belarus

² Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, University of Applied Sciences, D-88241 Weingarten, Germany

ABSTRACT

We studied the transfer of ^{137}Cs to wild boar in the forest of Bad Waldsee during 5 years, and we compared these data to those of fungi, especially *Elaphomyces granulatus fr.* and green plants from the same forest. Comparison of our results with published data strongly indicates that the extraordinary high ^{137}Cs activity concentrations in wild boar are due to the consumption of fungi *Elaphomyces granulatus fr.*

In this situation continuous monitoring of ^{137}Cs activity concentrations of wild boar shot by hunters during the winter period should be obligatory to avoid high doses in population groups which are consumers of these wild boar.

INTRODUCTION

Since the removal of radiocaesium from a contaminated forest is not feasible on a large scale, studies on the distribution and transfer of radiocaesium in forest ecosystems are important from radiation protection point of view.

According to measurements by the Federal Office for Radiation Protection [1], even 16 years after the accident, berries, certain types of mushrooms (e.g. *Xerocomus badius*) and game in southern Bavaria and the Bavarian Forest still show significant levels of contamination. Values of around 800 Bq/kg of ^{137}Cs have been recorded in venison, up to 2.5 kBq/kg in *Xerocomus badius* and up to 7-9 kBq/kg in wild boar meat. In the European Union,

only foodstuffs with a caesium content of less than 600 Bq/kg may be sold.

17 years after the Chernobyl accident maximum values of ^{137}Cs activity concentrations in wild boar are still increasing whilst mean values are decreasing with an ecological half-life of about 10 years in Bavaria [2, 3]. This is astonishing because since 1995 aggregated soil-plant transfer factors for forest plants like fern, blackberry, bilberry, raspberry, and wood sorrel as well as for fungi like chestnut boletus, *Xerocomus badius*, are more or less constant in time [4]. In very recent years, however, Hecht 2001 and Fielitz 2002 have reported about the fungus deer truffle, *Elaphomyces granulatus fr.*, which accumulates ^{137}Cs in high amounts and is usually dug out from the forest soil by wild boar [5, 6]. This fungus belongs to *Ascomycetes* and is considered to be inedible for people. Fielitz 2002 found it in the rumens of highly contaminated wild boar from Bavarian Forest [5]. From the results of Fielitz 2002 the aggregated transfer factor of ^{137}Cs from soil to *Elaphomyces granulatus fr.* can be estimated to be near $1 \text{ m}^2/\text{kg}$ which is a factor 10 to 100 higher than for other fungi or green plants.

MATERIALS AND METHODS

Wild boar, *Sus scrofa scrofa L.*, from the state-forestry Bad Waldsee, were measured since 1997 with respect to their ^{137}Cs activity concentration of muscle meat. Samples of fresh wild boar muscle meat have been analysed gamma-spectrometrically using HPGe detectors.

Soil, plants and fungi sampling is described in detail in [7].

The aggregated transfer factor T_{ag} is defined as the ratio of the activity concentration in the plant (Bq/kg(dw)) or in fungi (Bq/kg(fw)) and the soil inventory (Bq/m²) at a site.

RESULTS AND DISCUSSION

Since 1997 about 200 samples of wild boar from the state forestry Bad Waldsee have been measured. ^{137}Cs levels of wild boar vary widely from less than 5 to more than 8000 Bq/kg (fw).

The time-dependency of the ^{137}Cs activity concentration of these 200 samples is shown in Fig.1. Since 2000 we observe maximum values of ^{137}Cs activity concentrations during the winter period. The results of the measurements from the first months of 2003 show dramatically high values with a maximum at 8.3 kBq/kg (fw) in the meat of wild boar. We interpret this pronounced maximum to be due to consumption of highly contaminated fungi *Elaphomyces granulatus fr.* which are available for wild boar in winter [7].

Taking into account the fact that the aggregated transfer factor T_{ag} for different forest plants is more or less constant in time [4], we can conclude that these plants cannot be responsible for the sharp increase of ^{137}Cs concentration in wild boar which we observe in the winter period of 2003.

We conclude that the consumption of the fungus *Elaphomyces granulatus fr.* causes most probably the high levels of contamination of wild boar.

Assuming that one adult could consume 10 kg of wild boar per year with ^{137}Cs activity concentration from 2000 to 9000 Bq/kg and taking the highest committed equivalent dose coefficient which is $1.5 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$, the estimated dose comes to 0.3 and 1.35 Sv/a, respectively.

CONCLUSION

After the strong winter 2002/03 many wild boar showed extremely high values of ^{137}Cs activity which is unusual 17 years after the Chernobyl accident. The digging out from the soil plus consumption of *Elaphomyces granulatus fr.* rich in ^{137}Cs seems to be the reason for that.

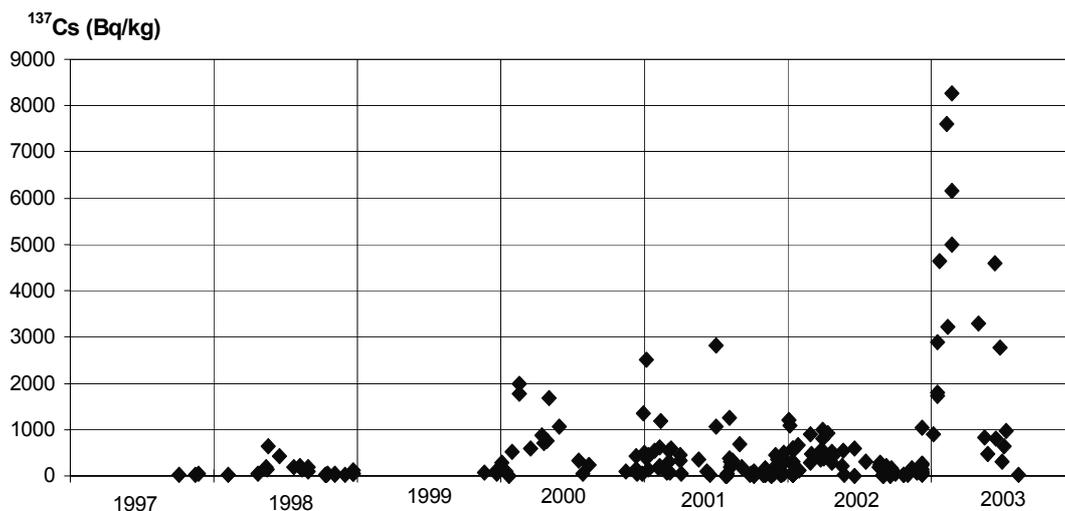


Fig. 1. Time-dependency of ^{137}Cs activity concentration of wild boar, *Sus scrofa scrofa L.*, from the state forestry Bad Waldsee

As wild boar is shot in numbers of about 50000 per year in Baden Württemberg, continuous monitoring of ^{137}Cs activity concentrations in the wild boar meat should be obligatory in the first half year to avoid high doses in

consumers.

REFERENCES

1. BfS. Bundesamt für Strahlenschutz: Pilze und Wild radioaktiv belastet, Salzgitter, 25.4.02, Press release 2002.
2. Schwind K.-H.: Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, Persönliche Mitteilung, 2002.
3. Kirchner G., Klemt E., Pröhl G., & Zibold G. Forschungsvorhaben St.Sch 4276 im Auftrag des BfS 2003, Abschlußbericht in preparation.
4. Zibold G., Drissner J., Kaminski S., Klemt E., & Miller R. Time-dependence of the radiocaesium contamination of roe deer: measurement and modelling. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55, 5-27, 2001.
5. Fielitz U. Untersuchungen zum Verhalten von Radiocäsium in Wildschweinen und anderen Biomedien des Waldes. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben StSch 4324 im Auftrag des BMU, 2002.
6. Hecht H. Long time trends of the radiocaesium contamination of venison in Germany after the Chernobyl accident. *Umweltradioaktivität Radioökologie Strahlenwirkungen*, (eds.) M. Winter, A. Wicke, Verlag TÜV Rheinland, 738-743, 1993.
7. Putyrskaya V., Klemt E., Paliachenka H., and Zibold G. ¹³⁷Cs accumulation in *Elaphomyces Granulatus* Fr. and its transfer to wild boar. XXXIII ESNA Conference Proc. Viterbo, Italy, 27-31.08.03 to be published.

ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ УЧАСТНИКОВ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Адамчиков А.А.

Институт леса Национальной академии наук
Республики Беларусь, г. Гомель, Республика Беларусь

DOSES ON PERSONS DEALING WITH FOREST FIRE EXTINGUISHING IN RADIATION-CONTAMINATED AREAS. The paper reports the results of research on natural fire danger in the forest fund of Belarus and describes the impact of wildfires breaking out in radiation-contaminated areas on external doses on persons dealing with forest fire extinguishing.

Леса на территории Республики Беларусь являются весьма пожароопасными. Так как более 65% лесного фонда Беларуси составляют хвойные насаждения, в том числе 17,5% хвойные молодняки, средний класс природной пожарной опасности для республики является очень высоким и составляет 2,3 /1/.

Количество, интенсивность и масштабы лесных пожаров изменяются год от года. Изучение динамики возникновения лесных пожаров /1/ показывает, что с периодичностью 3-4 раза в 10 лет наблюдается максимум по их количеству и, следовательно, охваченной ими площади. Около 90% от общего числа всех лесных пожаров составляют низовые пожары. Несмотря на то, что верховые пожары относительно немногочисленны, лесная площадь, пройденная такими пожарами, обычно на много выше площади пораженной низовыми пожарами. Экологические потери и экономические убытки, наносимые верховыми пожарами, являются слишком существенными.

После аварии на Чернобыльской АЭС 21,7% лесного фонда Беларуси оказалось загрязненным свыше 1 Ки/км² по ¹³⁷Cs в почве /2/. Несмотря на то, что около 90 % лесных пожаров возникает по вине человека, пожары в зонах отселения и отчуждения не являются редкими, исключительными случаями. Из-за удаления очагов пожаров от населенных пунктов своевременное обнаружение и ликвидация пожаров в радиоактивно загрязненных зонах является весьма трудной задачей. Вследствие чего, лесные пожары в зонах отселения и отчуждения обычно принимают крупномасштабный характер и требуют не малых сил и вложений при их ликвидации.

Кроме общих экологических и экономических потерь пожары в лесах, загрязненных радионуклидами, добавляют еще и ряд радиозэкологических проблем. Одной из наиболее важных проблем является получение дополнительных доз облучения участниками тушения пожаров и ликвидации их последствий. За пределами 30-километровой зоны доза внешнего облучения в основном определяется уровнем загрязнения почвы ¹³⁷Cs.

Для проведения исследований по оценке дозовых нагрузок участников пожаротушения в Институте леса Национальной академии наук Беларуси в 2001 году проведен эксперимент. Участниками эксперимента являлись работники пожарных аварийно-спасательных отрядов (ПАСО) Ветковского, Буда-Кошелевского, Добрушского и Октябрьского районов Гомельской области. Выбранные районы (Ветковский, Буда-Кошелевский, Добрушский) имеют достаточно напряженную радиационную обстановку, имеют большую территорию, занятую лесами и торфяниками. Октябрьский район выбран в качестве фонового.

Дозы внешнего облучения участников пожаротушения оценивались с помощью метода индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) с использованием термомюминисцентных дозиметров (ТЛД), а, также, методом расчета доз. При ликвидации пожаров на радиоактивно загрязненных территориях ТЛД находились на боевых комплектах одежды работников ПАСО. Результаты проведения

ИДК в Ветковском, Буда-Кошелевском, Добрушском и Октябрьском ПАСО приведены в табл. 1. При расчете доз внешнего облучения использовался стандартный метод расчета индивидуальных доз внешнего облучения среднестатистического жителя.

Таблица 1

Результаты проведения ИДК в экспериментальных районах

№ п/п	Место дислокации ПАСО	Продолжительность ИДК, дни	Эквивалентная доза, мЗв	Годовая эффект. эквив. доза вн. облуч., мЗв	№ п/п	Место дислокации ПАСО	Продолжительность ИДК, дни	Эквивалентная доза, мЗв	Годовая эффект. эквив. доза вн. облуч., мЗв
1.	Ветка	74	0,18	0,49	16.	Буда-Кошелево	135	0,36	0,13
2.	Ветка	74	0,20	0,59	17.	Октябрьский	126	0,14	0,00
3.	Ветка	74	0,18	0,49	18.	Октябрьский	126	0,14	0,00
4.	Ветка	74	0,20	0,59	19.	Октябрьский	126	0,15	0,03
5.	Ветка	74	0,18	0,49	20.	Октябрьский	126	0,16	0,06
6.	Ветка	74	0,18	0,49	21.	Октябрьский	126	0,16	0,06
7.	Ветка	74	0,20	0,59	22.	Октябрьский	126	0,15	0,03
8.	Ветка	74	0,19	0,54	23.	Добруш	133	0,14	0,03
9.	Буда-Кошелево	135	0,36	0,13	24.	Добруш	133	0,23	0,22
10.	Буда-Кошелево	135	0,36	0,13	25.	Добруш	133	0,18	0,08
11.	Буда-Кошелево	135	0,35	0,11	26.	Добруш	133	0,18	0,08
12.	Буда-Кошелево	135	0,37	0,16	27.	Добруш	133	0,18	0,08
13.	Буда-Кошелево	135	0,36	0,13	28.	Добруш	133	0,18	0,08
14.	Буда-Кошелево	135	0,36	0,13	29.	Добруш	133	0,16	0,03
15.	Буда-Кошелево	135	0,37	0,16	30.	Добруш	133	0,21	0,16

Анализ и оценка полученных данных путем сравнения доз внешнего облучения по ИДК, по каталогу доз и расчетных данных (табл. 2) показал хорошую сходимость измеренных и расчетных данных. Наибольшее различие ИДК и расчета наблюдается для Добрушского ПАСО. В этом случае необходимо учесть небольшое количество пожаров.

Таблица 2

Сравнительная оценка доз внешнего облучения для контролируемых районов

Наименование района	Эффективная доза внешнего облучения, мЗв/год (пределы изменения)			
	Каталог 1998 г.	Расчет для 1998г.	ИДК 2001г.	Расчет для 2001г.
Ветковский	0,4 (0,1 – 1,1)	0,60	0,54	0,57
Буда-Кошелевский	0,2 (0,1 – 0,7)	0,14	0,14	0,12
Добрушский	0,3 (0,1 – 1,1)	0,30	0,1	0,26
Октябрьский	0	0	0,01	0,01

В остальных случаях дозы внешнего облучения работников ПАСО не отличаются от доз сельского населения, проживающего на загрязненной территории. Следует отметить, что отличительной особенностью пожароопасного сезона 2001 года явилось незначительное количество пожаров в выбранных районах. Практически не было пожаров на природных объектах в зонах радиоактивного загрязнения при благоприятных для возникновения пожаров метеорологических условиях. Такая обстановка нетипична и отличается от многолетней статистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. - 206 с.
2. Крук Н.К. «Охрана лесов от пожаров на радиоактивно загрязненных землях в Республике

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕТА- КАНАЛА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСА «ЭКСПЕРТНЫЙ БЕТА–ГАММА–СИЧ»

Аншаков О.М. *, Баковец Н.В. **, Будевич Н.М. ***, Кутень С.А. ***, Чудаков В.А. **

* Белорусский государственный университет;

** Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова;

*** НИИ ядерных проблем при Белгосуниверситете, Минск, Республика Беларусь

ALGORITHM OF FUNCTIONING OF BETA- CHANNEL WHICH CONSIST IN «EXPERT WHOLE BODY COUNTER». Algorithm of functionin of beta-channel of Whole Body Counter (WBC) for measuring of Sr-90 activity is presented. The main functions of algorithm are described.

Назначение бета-канала СИЧ состоит в измерении *in vivo* удельной активности (УА) равновесного стронция-90, инкорпорированного в костной ткани лобно-теменной и затылочной частей головы взрослого человека со средними антропометрическими показателями для мужчин и женщин.

Определение содержания остеотропного Sr-90, равновесного дочернего Y-90 и сопутствующих в тканях головы пациента K-40, Cs-137 радионуклидов выполняется методом избирательной радиометрии гетерогенных (слоистых) объемных источников на основе измерения смешанного бета- гамма- излучения и анализа пространственно-энергетических характеристик его компонентов [1].

Измерение ионизирующего излучения базируется на одновременной регистрации электронов и фотонов системой позиционно разнесенных (нормально расположенных над выделенными участками объекта) комбинированных сцинтилляционных (фосфич) блоков детектирования (КСБД) с отдельными бета- и гамма- спектрометрическими выходами, подключенными через интерфейс к вычислительной части комплекса. Измерительная информация системы КСБД представляется в виде семейств пространственно определенных аппаратурных бета- и гамма- спектров.

Последующее преобразование спектрометрической информации включает совокупную обработку накопленных спектров и предварительную оценку парциальных активностей с использованием данных фоновых и градуировочных измерений [2]. Избирательный радиометрический анализ завершается интерпретацией полученных оценок с целью их корректировки и принятия решения о конечном результате и погрешности определения УА стронция-90. На этом этапе используется априорная информация об объекте измерения и данные математического моделирования бета- канала.

Результаты измерения УА используются в соответствии с методикой определения на комплексе бета- гамма- СИЧ содержания стронция-90 в теле человека *in vivo* с учетом антропометрических данных характеристик пациента.

В алгоритме функционирования бета- канала можно выделить две основные последовательности действий, связанных с получением измерительной информации. Основные подалгоритмы носят названия «Обучение» и «Измерение». Общей составной частью этих алгоритмов является группа операций «Первичное преобразование радиационного сигнала» (ППРС).

Модуль ППРС (рис.1) отвечает за отображение пространственно-энергетического распределения смешанного бета- гамма- излучения семейством соответствующих позиционно-определенных аппаратурных спектров. По своей сути ППРС представляет собой предопределенный процесс, реализованный в бета- гамма- радиометре спектрометрического типа EL (МКС)1311 (производства УП «Атомтех»), предназначенном для контроля радионуклидов Sr-90 + Y-90, Cs-137, K-40 в пробах объектов внешней среды и продуктах питания. Основное отличие модуля ППРС применительно к комплексу бета-гамма СИЧ состоит в использовании системы из нескольких одинаковых по устройству «фосфич»-сцинтиблоков детектирования с различным расположением относительно объекта измерения и позиционированием регистрируемых аппаратурных спектров с привязкой при их накоплении к соответствующему детектору.

Цель алгоритма «Обучение» состоит в том, чтобы снабдить измерительно-вычислительный комплекс бета- гамма- СИЧ справочной, экспериментальной и специальной математической (служебной) информацией, необходимой для анализа полученных при измерении аппаратурных спектров и интерпретации результатов спектрометрии. Алгоритм находится в стадии разработки.

Алгоритм «Измерение» (рис. 2) реализует получение и преобразование априорных и экспериментальных данных об информативных и влияющих параметрах исследуемого объекта в конечный результат определения содержания стронция-90.

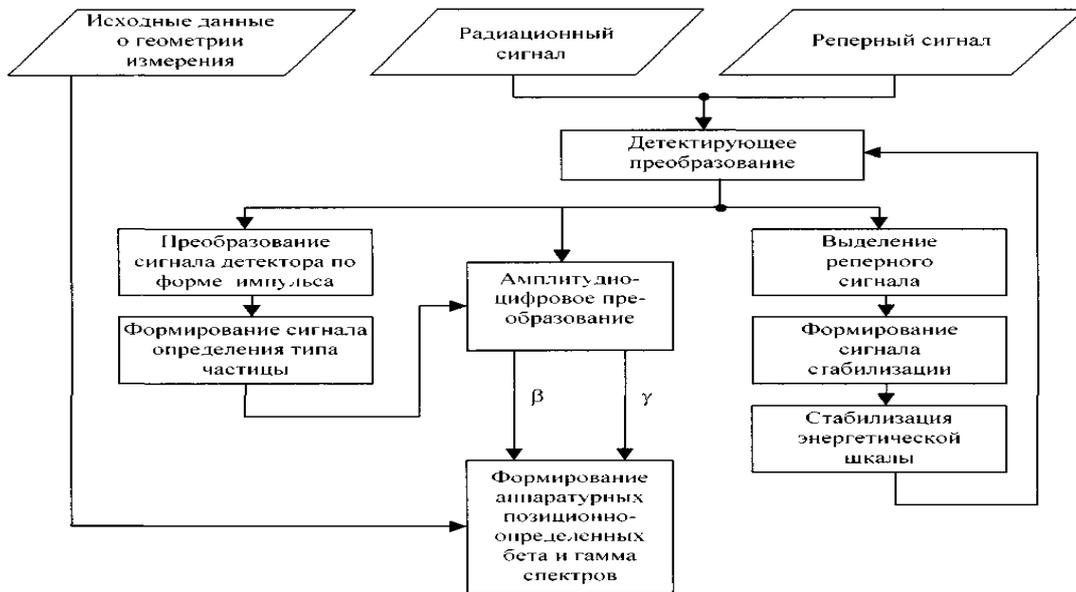


Рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема predetermined алгоритма первичного преобразования радиационного сигнала

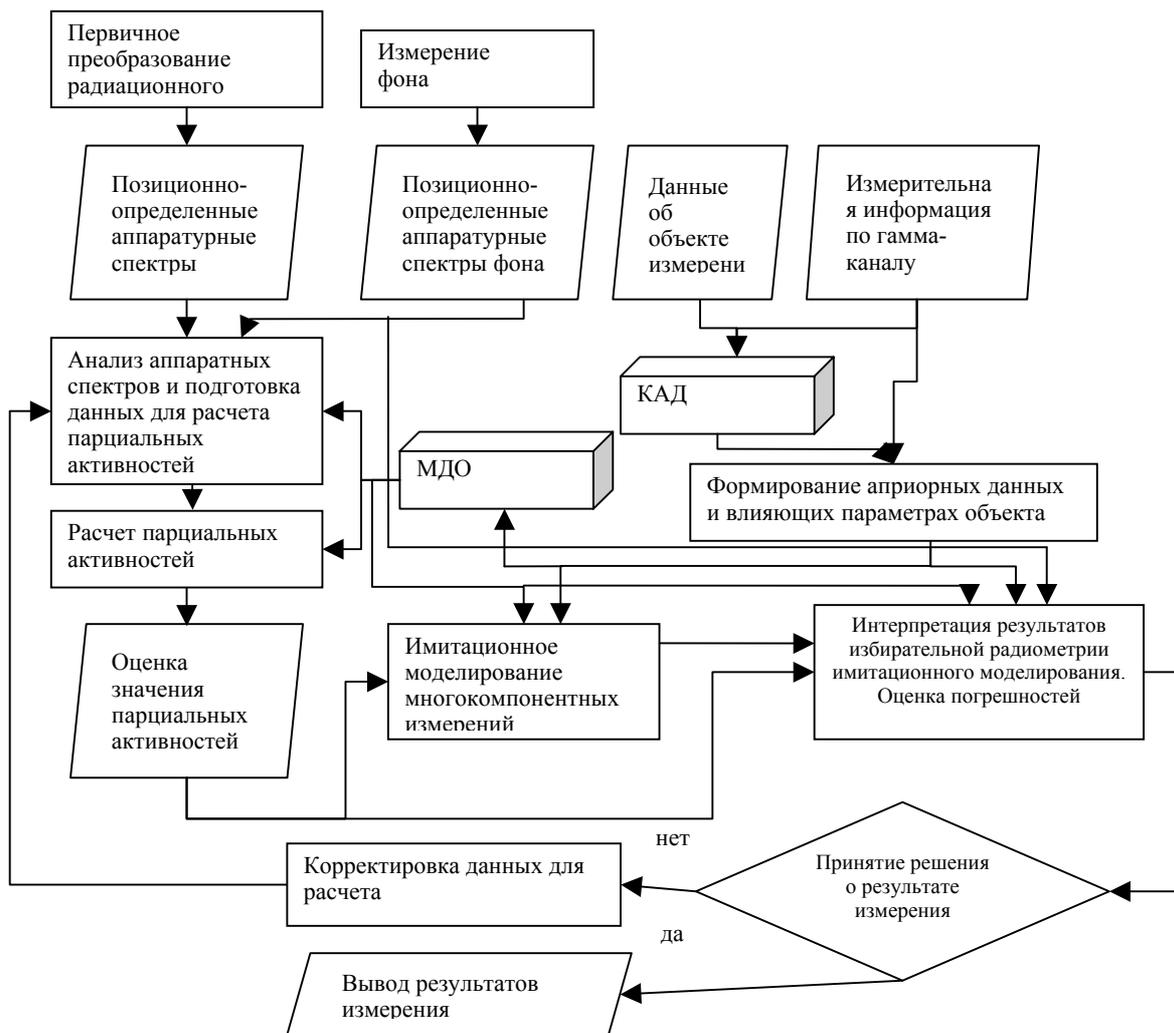


Рис. 2.

Априорная и экспериментальная входная информация формируется на основе анализа значений

антропометрических и физических величин, полученных независимым от бета- канала путем. Для контролируемых величин это могут быть, например, результаты измерения ультразвуковым методом толщины костных и покровных тканей головы пациента. К указанной информации относятся также данные гамма-канала о содержании сопутствующих радионуклидов К-40 и Cs-137 в теле человека. По независимым аппаратурным данным и данным каталога априорных данных (КАД) находятся уточненные априорные оценки числовых характеристик случайных влияющих величин с учетом их вероятностных распределений. Эти характеристики используются для выбора из массива данных обучения (МДО) параметров бета- канала, наиболее адекватно описывающих конкретную измерительную ситуацию.

Накопленное с выхода детектирующей системы семейство аппаратурных спектров подвергается при учете фоновых измерений многокомпонентному анализу с оценкой парциальных активностей бета- гамма-излучающих нуклидов в тканях головы пациента. Эта процедура осуществляется в несколько последовательных этапов. В начальном приближении обработка бета- гамма- спектров проводится только на основе поступающей из МДО априорной информации. Результаты обработки используются в качестве входных для имитационного моделирования процесса и интерпретации данных избирательной радиометрии. Здесь же проводится проверка адекватности вычислительного и измерительного экспериментов и по заданным критериям принимается решение о завершении или продолжении процесса обработки спектрометрической информации. В последнем случае проводится корректировка данных для расчетной модели и их использования во втором приближении, после чего процедура обработки спектров, оценка активностей, имитационное моделирование и т.д. повторяется до принятия окончательного решения о результате и погрешности измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать экспертный бета-гамма СИЧ. Отчет по НИР (заключительный) МГЭУ им. А.Д. Сахарова – Мн.: 2000.-138 с.

2. Аншаков О.М., Гузов В.Д., Гутько В.И., Кожемякин В.А., Кутень С.А., Миненко В.Ф., Третьякевич С.С., Трофимик С.В., Уголев И.И., Фирсов М.Д., Хрущинский А.А., Чудаков В.А., Шульгович Г.И. Спектрометр излучений человека для прижизненного измерения радионуклидов цезия и стронция-90. // Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003 года: Экологические проблемы 21 века» - Мн., 2003. с. 145 – 146.

РАЗВИТИЕ МЕТОДА СОРБИРОВАНИЯ РАДОНА И ЕГО ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ И ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Аншаков О.М., Лобач Д.И., Матвейчук С.В., Уголев И.И., Чудаков В.А., Лобач О.Н.

Белорусский государственный университет,
Институт физико-органической химии НАН РБ,
Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь

DEVELOPMENT OF METHOD FOR RADON AND ITS PROGENY SORPTION FOR MESUREMENT OF RADON CONTAINING IN SOIL AIR AND SOURCES OF NATURAL WATER. The scientific project is to develop method of radionuclide sorption. The scope and short description of the project are presented. Tasks and scientific trends of the project are in the report.

Население Беларуси подвергается воздействию естественной и антропогенной радиации. Около 70% чернобыльских выпадений пришлось на территорию республики Беларусь. По данным международной статистики, около 60% годовой эффективной дозы составляет доза, получаемая от природных радионуклидов земного происхождения (эманаций радона, торона, а также радионуклидов, поступающих в организм человека с пищей и водой). При этом средняя годовая эффективная доза от естественных радионуклидов сопоставима по величине со средней годовой эффективной дозой, получаемой от антропогенных источников. Согласно проведенным предварительным исследованиям, радионуклиды из радиоактивных семейств урана и тория, в том числе радон, торон, калий-40 распределены на территории республики неравномерно /1,2/. Поэтому в некоторых районах можно ожидать значительного проявления радиобиологических эффектов, обусловленных суммарным облучением. Таким образом, актуальной проблемой является уменьшение суммарной дозы за счет снижения облучения от природных источников.

Перспективными отечественными приборами для измерения радоногенерирования и радоносодержания сред являются серийные изделия, промышленные разработки УП АТОМТЕХ: гамма-радиометры спектрометрического типа РКГ-АТ1320 и дозиметры-радиометры типа МКС-АТ1125. Для проведения измерений можно адаптировать радиометры типа РКГ-02А /3/.

В связи с необходимостью доукомплектации имеющихся приборов методиками для проведения измерения радоносодержания почвенного воздуха и грунтовых вод в раздел Государственной программы

Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС «Радиационная безопасность» (2001г.) было введено задание «Разработать методическое обеспечение мониторинга содержания радона и других естественных радионуклидов в почве и воде радоноопасных районов Беларуси» (шифр НИОКР «ТЕРРИТОРИЯ») – головная организация МГЭУ. Основная задача работ по этому заданию – включение имеющегося в Беларуси парка гамма-радиометров и спектрометров для проведения мониторинга радона, создание эффективного методического обеспечения мониторинга содержания радона в почве, почвенном воздухе и воде с использованием отечественной приборной базы /4/.

Разработаны проекты методик отбора и подготовки проб воды и почвенного воздуха для анализа содержания радона, обеспечивающие пробоподготовку за время <4 часов. Для сорбции ионов планируется применить волокнистые ионообменники ФИБАН, которые имеют, как правило, на 20-100% более высокую обменную емкость по катионам и анионам. Для сорбции радона планируется применить не гранулированный активированный уголь, а волокно активированного угля, что позволяет увеличить количество сорбируемого газа. Как ФИБАН, так и угольное волокно, являются отечественными продуктами, которые можно регенерировать несколько десятков раз. Достоинством методик является то, что подготовка проб осуществляется на месте отбора, при этом возможна подготовка проб в полевых условиях /5/.

В настоящее время осуществляются лабораторные испытания проектов методик. Их задачи:

1. Определить коэффициент сорбции радона волокнистым сорбентом – волокном из активированного угля.

2. Определить коэффициент сорбции короткоживущих дочерних продуктов распада радона волокнистыми сорбентами – ФИБАном и угольным волокном.

3. Определить оптимальные параметры полевых средств пробоотбора для проведения измерения в соответствии с ТЗ НИОКР «Территория».

4. Изготовить средства проведения пробоотбора и подготовки проб для полевых измерений.

При разработке методик предполагается:

1. Указанные коэффициенты сорбции являются постоянными величинами для установленных условий проведения измерения.

2. Радон сорбируется только активированным углем.

3. Дочерние продукты распада (ДПР) радона сорбируются как ФИБАном, так и активированным углем.

4. При проведении измерения радона в почвенном воздухе на активированный уголь адсорбируется только радон, далее осуществляется измерение ДПР радона, которые образуются при радиоактивном распаде радона на сорбенте.

5. При проведении измерения радона в воде считается, что в воде находится радий, радон и ДПР радона. Равновесие между радием и радоном отсутствует. Между радоном и его короткоживущими ДПР есть равновесие.

6. Экспозиция измерения подбирается из расчета исключения влияния радия.

7. При пробоотборе воды сорбируются и радон, и ДПР (используется комплекс сорбентов). Поскольку коэффициенты сорбции радона и ДПР отличаются, то после проведения пробоотбора возможно требуется установление равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет НИР «Влияние химизации сельскохозяйственного производства на изменение содержания естественных радионуклидов в почвах» (заключительный), № госрегистрации 19982367, науч.рук. Чистик О.В., Минск, 1999.

2. The short overview of geological background for radon mapping in Belarus/ A.Kudelsky, D. Lobach, M. Lichko// Proceedings of 6th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping, Prague, Sept. 20-23, 8p..

3. Геоэкологические и технические аспекты проведения радонового районирования территории Беларуси/ Лобач Д.И.// Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2002 года: экологические проблемы XXI века», Мн.: Триолетта, 2002.- 320с., с.199-200.

4. Совершенствование методического обеспечения контроля содержания радона в природных водах и почвенном воздухе/ Лобач Д.И., Смольский Г.Н., Чудаков В.А.// Вузская наука, промышленность, международное сотрудничество: Материалы 4-й Междунар. НПК, Минск, 17-18 окт. 2002.: В 2ч. Ч.2/ Отв.ред.Ю.В.Сидоренко.- Мн.: РИВШ БГУ, 2002 – 241с., с. 195-199.

5. Развитие инструментальных методов для измерения радоносодержания сред с использованием комплексных сорбентов/ Аншаков О.М., Лобач Д.И., Уголев И.И., Сорока С.А., Чудаков В.А., Асташко Г.А., Лобач О.Н.// Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003 года: экологические проблемы XXI века», Минск, 2003, с.144-145.

О ПРОВЕДЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УЧРЕЖДЕНИЯМИ МИНЗДРАВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Асташко Г.А., Лобач О.Н., Лобач Д.И.

Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья,
Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь

ABOUT REALISATION OF INDIVIDUAL DOSIMETRY CONTROL BY INSTITUTES OF MINISTRY OF PUBLIC HEALTH. The legislation for the system of individual and personal dosimetry control is described. There are some results of individual dosimetry control in the report. The description of technical maintains of dosimetry are presented.

Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» устанавливает допустимые пределы доз облучения на территории Беларуси в результате воздействия источников *ионизирующего излучения (ИИ)*. Гигиенические нормативы НРБ-2000 детализируют пределы доз нормируемых величин для персонала и населения. Для эквивалентной дозы указываются пределы в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах, что актуально для некоторых групп персонала /1/.

В 1987 году для реальной оценки доз внешнего облучения населения впервые была создана и оснащена сеть подразделений *индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)*, включавшая в себя три отделения Гомельской, Могилевской и Республиканской СЭС, а также группы ИДК в шести районах Гомельской и четырех – Могилевской областей. Полученные результаты позволили выявить критические группы населения по внешнему облучению. К ним были отнесены работники животноводческих ферм, механизаторы, полеводы, лесники. К настоящему времени принят ряд нормативно-правовых документов направленных на развитие ИДК /2/.

Постановлением СМ РБ от 17.06.1999 №929 утверждено «Положение о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения». Положение определяет виды облучения, подлежащие контролю и учету в рамках единой системы, регламентирует деятельность по сбору информации о дозах облучения и их учет. В развитие данного постановления правительства Минздравом образован на базе Республиканского центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья государственный дозиметрический регистр, который накапливает, обобщает, анализирует информацию об индивидуальных дозах облучения.

Реализация индивидуального персонализированного учета доз актуальна для работников сферы радиологии и радиационной медицины, лабораторий применяющих источники ИИ в промышленности, сельском хозяйстве и науке. В настоящее время в республике с источниками ИИ работает 7456 человек персонала, в том числе 4682 в *лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ)*/3/. Дозовые нагрузки персонала, работающего в ЛПУ, на предприятиях и учреждениях, использующих источники ионизирующего излучения, не превышают годового предела, определенного НРБ-2000 – 20 мЗв.

При ГУ РЦГЭиОЗ ИДК осуществляется соответствующей лабораторией, которая функционирует согласно инструкции по организации и проведению ИДК в медучреждениях 2.6.1.11-11-12-2003 и оснащена системой термолюминесцентных дозиметров ДТУ-01.

На контроле органов государственного санитарного надзора находится 1848 объектов, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующего излучения:

Количество объектов, использующих источники ионизирующего излучения, находящихся на контроле органов государственного санитарного надзора

Область	Количество объектов, использующих источники ионизирующего излучения (ИИИ)										
	С открытыми ИИИ				С закрытыми, всего	С генерирующими ИИ		Другие работы с ИИИ			
	Всего	Из них:				Всего	В т.ч. в мед. учреж.	Всего	В том числе		
		1 класс	2 класс	3 класс	ПЗОД				ПЗРО	Спец. предприятия	
Брестская	2	-	2	-	32	189	176	3	3	-	-
Витебская	10	-	3	7	26	128	109	-	-	-	-
Гомельская	6	-	3	3	28	293	250	85	82	-	3
Гродненская	4	-	1	3	22	207	187	-	-	-	-
Минская	7	-	3	4	22	274	263	-	-	-	-
Могилевская	5	-	3	2	15	225	208	5	4	-	1
г. Минск	33	3	14	16	42	187	133	8	-	1	7

ПЗОД – пункт захоронения отходов дезактивации; ПЗРО – пункт захоронения радиоактивных отходов.

Дозовые нагрузки на персонал ЛПУ и дозовые нагрузки персонала на предприятиях и в учреждениях за 2002 год представлены в таблицах:

Дозовые нагрузки на персонал ЛПУ за 2002 год

Профессия	Доза внешнего облучения, мЗв/год		
	средняя	Минимальная	максимальная
Врачи-рентгенологи	2,10	0,20	8,26
Рентгенлаборанты	2,46	0,20	10,82
ИТР	1,74	0,90	2,85
Медсестры	2,30	0,20	7,25
Лаборанты	1,93	0,29	3,26
Санитарки	1,54	0,21	5,48
Прочие	1,54	0,21	3,52
Врачи-радиологи	2,49	0,40	5,60

Дозовые нагрузки персонала на предприятиях и в учреждениях за 2002 г.

Вид работ	Доза внешнего облучения, мЗв/год		
	средняя	минимальная	максимальная
С открытыми ИИИ:			
1 класса	3,75	1,61	5,89
2 класса	2,16	1,1	5,31
3 класса	1,54	0,12	3,12
С закрытыми ИИИ:			
Гамма-дефектоскопия	3,76	0,52	10,82
Мощные гамма-установки	2,45	0,46	3,57
С устройствами, генерирующими ИИИ:			
Рентгенодефектоскопия	2,75	0,2	12,3
Рентгеноструктурный анализ	2,85	0,86	4,6
Другие работы с ИИИ	1,69	0,26	4,98

В тоже время данные о дозах облучения персонала не могут в полной мере свидетельствовать о благополучии в обеспечении радиационной безопасности персонала. Так в 2002г. санэпидслужбой проведены рейдовые проверки выполнения требований радиационной безопасности на подконтрольных объектах, использующих рентгеноскопические методы исследования. В большинстве учреждений и предприятий при проведении рентгеновской дефектоскопии соблюдение требований обеспечивается на должном уровне. Однако в некоторых случаях, например, при проверках ряда предприятий концерна «Белтопгаз» был выявлен ряд нарушений и недостатков. По результатам проверок в минувшем году вынесено 177 постановлений о приостановке эксплуатации объектов, наложен 81 штраф за нарушение требований радиационной безопасности.

Согласно международным стандартам /4/ операционными величинами для использования при проведении индивидуального дозиметрического контроля являются амбиентная доза, направленная доза и индивидуальная доза. В рамках программы технического сотрудничества Министерством здравоохранения получен от МАГАТЭ комплект оборудования для проведения индивидуального контроля доз облучения персонала в соответствии с международными требованиями. В лаборатории ИДК внедряются в отечественную систему контроля считыватель ТЛД карточек Harshaw 6600 и 8800, не автоматизированные считыватели ТЛД карточек 3500 и 4500, внешний облучатель ТЛД карточек модели 2210 фирмы Vicron – Saint-Gobain (США). В настоящее время Harshaw 6600 проходит процедуру метрологической аттестации.

Одновременно с решением вопроса технического перевооружения в обеспечении проведения ИДК имеется необходимость решения ряда методологических вопросов функционирования государственного дозиметрического регистра. Одной из основных проблем, которой также должно быть уделено внимание в ближайшей перспективе, является необходимость обеспечения должного контроля доз облучения в новых областях медицинской практики, особенно интервенционной радиологии, где возможны большие дозы облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 2.6.1.8-127-2000 «Нормы радиационной безопасности (НРБ – 2000)» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2000 г..
2. Сборник нормативных, методических, организационно - распорядительных документов

Республики Беларусь в области радиационного контроля и безопасности// Комчорнобыль, Гомельский филиал ГУ НИКИ РМиЭ Минздрава РБ. Под ред. В.Е.Шевчука. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн., 2002. – 372с.

3. Бюллетень «Радиационная гигиена, радиационная защита и безопасность», Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск, 2003, 40с.

4. Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Safety Guide, IAEA Safety Standards Series, No.RS-G-1.3, Vienna, IAEA, 1999..

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ФАКТОРА НА ПОПУЛЯЦИИ МОЛЛЮСКА *LYMNAEA STAGNALIS* (GASTROPODA, PULMONATA) В ВОДОЕМАХ ЗОНЫ ЧАЭС

¹Афонин В.Ю., ²Голубев А.П., ³Богданович С.А. ¹

¹Институт генетики и цитологии НАН РБ,

²Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,

³Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, г. Минск, Республика Беларусь;

COMPLEX APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE CHRONIC INFLUENCE OF THE RADIOACTIVE FACTOR ON POPULATIONS OF MOLLUSKS IN WATER BODIES OF CHERNOBYL NUCLEAR ACCIDENT ZONE. Mollusks from river Pripjat and lake Perstok in the Chernobyl zone differed from the view point of the content of γ -isotopes, proportion of the cells with cytogenetic damages and death features, cell composition of hemolymph and radioresistance. In 2003 γ -activity of mollusks from river and lake amounted to 12,7 and 585 Bq kg⁻¹, respectively. Specimens from the lake were characterized by increase of the proportion of the cells with cytogenetic damages (micronuclei) and by decrease of cells with interphase death and proportion of the young cells in hemolymph. It indicates the unfavourable environmental conditions in this water reservoir due to increased level of radioactive contamination. Nevertheless, the radioresistance of mollusks in the lake was much higher than that in the river. The revealed ratio of the cells with cytogenetic damages and apoptosis in mollusks from these water reservoirs remained after their exposure to γ -radiation in the dose of 500 Gy under the experimental conditions. The lake specimens exposed to γ -radiation were able to produce the egg masses, but viability of the latter was restored only in one month following the exposure. It indicates intensification of the radioadaptation processes of *L.stagnalis* population from the lake.

Хроническое радиоактивное облучение оказывает многостороннее воздействие на живые организмы, что требует развития методов его биологической индикации. В этой связи нами оценено состояние популяций большого прудовика *Lymnaea stagnalis* из водоемов зоны ЧАЭС. В качестве критериев оценки использованы: длительность эмбрионального развития, структура клеточной популяции тканевой жидкости (гемолимфы), определение доли клеток с различными цитогенетическими повреждениями в клеточной популяции, радиоустойчивость, как интегральный показатель процесса радиоадаптации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследованы популяции из двух водоемов зоны ЧАЭС со средним (затока р. Припять) и наивысшим в белорусском секторе зоны (оз. Персток) уровнями радиоактивного загрязнения.

В 1990 – 1997 гг. величины γ -активности грунтов в прибрежной зоне залива отличались мозаичностью и незакономерными изменениями в пределах 60 -- 2410 кБк м⁻². К 1996 – 1997 гг. этот показатель снизился до 17,6 – 38,6 кБк м⁻², а летом 2003 г. составил 94,6 кБк м⁻². В период с 1992 по 1996 г. γ -активность грунтов в литоральной зоне озера изменялась в пределах 60 – 3678 кБк м⁻², а в 1997 – 1998 гг. составляла 2186 – 2996 кБк м⁻². Летом 2003 г. γ -активность песчаных грунтов составила 541 кБк м⁻². Летом 2003 г. γ -активность моллюсков из Припяти составила 12,7 Бк кг⁻¹, а из Перстка -- 585 Бк кг⁻¹.

Длительность эмбрионального развития. *Кладки от перекрестного оплодотворения, полученные в лабораторных условиях от моллюсков из обоих водоемов, инкубировали поодиночке при 21 – 23°C. Каждые сутки определяли количество отрожденных особей, а по окончании их выхода – число погибших яиц и эмбрионов.*

Гемолимфу собирали пластиковым шприцом, раздражая им ногу моллюска. Это вызывало рефлекторную реакцию втягивания животного в раковину с одновременным выделением гемолимфы. Пробу фильтровали на нейлоновой сетке и фиксировали в свежеприготовленной смеси спирта с уксусной кислотой (3:1). Фиксированные клетки центрифугировали при 1000 об.мин⁻¹ в течение 10 мин. Затем удаляли надосадочную жидкость, а осадок ресуспендировали и раскапывали тонкой пипеткой на замороженное предметное стекло. Препараты окрашивали красителем Гимза.

С целью учета повреждений хроматина у моллюсков рекомендовано проводить подсчет клеток с микроядрами и признаками гибели. Анализ клеточной популяции гемолимфы облегчен морфологическим сходством большинства клеток. Критерием гибели клетки является наличие в ней морфологических признаков апоптоза: конденсация, маргинация хроматина, фрагментация и конденсация ядра (кариорексис),

апоптотические тела и пр.

Радиоустойчивость определяли по динамике выживания выборок особей из обоих водоемов после обучения их в лабораторных условиях дозой 500 Гр. Через 6 часов после облучения у моллюсков дополнительно взяты пробы гемолимфы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

От моллюсков из каждого водоема получено по 9 кладок, из них развитие эмбрионов наблюдалось в 8 кладках от особей из Перстка, и только в 5 – от особей из Припяти. Выживаемость эмбрионов в кладках от особей из этих водоемов составила соответственно 22,9 – 100% и 54,7 – 100%. В разных кладках от моллюсков из Припяти выход молоди начинался на 10 – 14 сут., а заканчивался на 15 – 40 сут. Для кладок от особей из Перстка эти показатели составили соответственно 9 – 21 и 23 – 39 сут. Средняя длительность эмбриогенеза в разных кладках от особей из Припяти и Перстка различается недостоверно ($P > 0,1$) -- соответственно 14,0 – 20,6 и 16,9 – 23, 3 сут.

В гемолимфе моллюсков из Перстка отмечено достоверное ($P < 0,02$) повышение доли клеток с микроядрами (см. табл.). Микроядра могут формироваться из отдельных хромосом или их фрагментов в зависимости от типа и силы повреждающего воздействия. Возрастание числа митотических катастроф и микроядер указывает на увеличение доли клеток с репродуктивным типом гибели в клеточной популяции.

Близкие значения ($P > 0,5$) доли фагоцитов у животных, подвергнувшихся различным дозовым нагрузкам, вероятно, указывает на их высокую восстановительную способность. Доля клеток с признаками апоптоза в гемолимфе зависит от ее субпопуляционного состава, поскольку клетки различаются типом гибели и способностью поглощать клеточные остатки. Эти показатели характеризуют темпы и характер процессов обновления клеточного состава.

Острое облучение в дозе 500 Гр позволило выявить различия в механизмах клеточной гибели у особей из обоих водоемов. Достоверное увеличение клеток с микроядрами в обеих группах связано с дегенеративными процессами, поскольку митотическая активность у моллюсков низка. Однако при сравнимой доле фагоцитирующих клеток в клеточной популяции гемолимфы, различия в доле клеток с микроядрами у моллюсков из разных водоемов сохранились. При этом у животных из Припяти увеличилась доля клеток с признаками апоптоза ($P < 0,01$).

Спектр повреждений выражается в увеличении числа клеток с фрагментацией и конденсацией ядра, пикноза, остатков цитоплазмы разного размера и апоптотическими телами. Доля клеток с начальными признаками апоптоза (фрагментация и конденсация ядра) в клеточной популяции особей из Припяти значительно выше, чем из Перстка ($P < 0,01$). Такие существенные различия могут быть вызваны разными причинами, что требует дополнительных исследований на молекулярно-генетическом и физиологическом уровнях.

Длительность выживания после острого облучения дозой 500 Гр для особей из Припяти изменялась в пределах 1 – 15 сут., а из Перстка – в пределах 1 – 50 сут. Средняя длительность выживания для выборок из этих водоемов равна соответственно $4,1 \pm 4,3$ сут. и $11,9 \pm 10,6$ сут. При этом облученные моллюски из Перстка сохраняли способность к продуцированию, чего не наблюдалось у особей из Припяти. Однако молодь выходила только из кладок, отложенных через месяц после облучения.

Таким образом, популяция из Перстка, подвергающаяся повышенным дозовым нагрузкам, вышла на повышенный уровень радиоустойчивости, который сохраняется и в настоящее время. В то же время, популяция из Припяти характеризуется постепенной потерей приобретенной ранее радиоустойчивости, что обусловлено резким снижением радиоактивного загрязнения данного водоема и самих моллюсков.

Реакция клеток гемолимфы Lymnaea stagnalis на хроническое и острое облучение

Водоем	Проанализировано		Доля клеток с микроядрами, %	Фагоцитиру-ющие клетки	Доля клеток с признаками апоптоза, %
	животные	клетки			
Хроническое облучение в водоемах зоны ЧАЭС					
Припять	10	7309	$0,24 \pm 0,06$	$1,58 \pm 0,45$	
Персток	10	7208	$0,75 \pm 0,19$	$1,34 \pm 0,50$	
Острое облучение дозой 500 Гр в эксперименте					
Припять	8	4732	$6,47 \pm 2,07$	$7,03 \pm 1,19$	$15,15 \pm 3,36$
Персток	8	4519	$12,23 \pm 1,65$	$4,77 \pm 0,97$	$0,41 \pm 0,09$

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОАКТИВНОСТИ ОТВАЛОВ ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Батурицкий М.А., Калинин В.Н., Савастенко* В.А.

Международный государственный экологический
университет им. А. Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь;

*Белорусский государственный университет
транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

savastenko03@mail.ru; batur@inp.minsk.by

Preliminary estimation of a dump gamma-activity of the Gomel Chemical Plant has been made. A specific activity of the waste proves to be acceptable for usage in building constructions.

Гомельский химический завод за время своей работы накопил в отвалах около 15 миллионов тонн отходов. Их утилизация представляется важной проблемой не только экологического, но и экономического значения. Практический интерес представляет собой использование этих отходов для производства строительных материалов. Однако мировой опыт показывает, что бездумное использование такого рода отходов в строительстве приводило, например, в Швеции и США к тому, что в построенных из такого материала зданиях концентрации радона превышала ПДК в сотни, а то и тысячи раз [1]. В этой связи представляет большой практический интерес исследование радиоактивности вещества отвалов и оценка их потенциальной опасности с точки зрения потенциальной эманаии радона.

Строительные материалы по содержанию радиоактивных материалов делятся на три категории: пригодные для строительства жилых зданий; пригодные для строительства промышленных объектов; пригодные для строительства мостов, автострад и подземных объектов. Радиоактивность сырья для производства стройматериалов определяется присутствием в нем изотопов, принадлежащих рядам урана-радия, тория и изотопа ^{40}K . Активность изотопа ^{40}K определяется по гамма-излучению с энергией 1460,8 кэВ. Изотопы ряда урана-радия имеют линии гамма-излучения с энергиями 242, 295, 351 и 609 кэВ. Наиболее интенсивные линии гамма-излучения изотопов ряда тория имеют энергии 238, 338 и 583 кэВ. Энергетическое разрешение сцинтилляционного детектора бета-гамма-спектрометра МКС-АТ1315, на котором производились измерения, не дает возможности разделить линии гамма-излучения изотопов ряда урана-радия от линий гамма-излучения изотопов ряда тория. Возникающую проблему можно решить, используя различие соотношений интенсивности линий гамма-излучения изотопов рядов урана-радия и тория в различных энергетических диапазонах. Например, выделив в анализируемом спектре суммарные пики от линий с энергиями 238 и 242 кэВ, а также с энергиями 583 и 609 кэВ можно составить систему из двух уравнений с двумя неизвестными и, решив его, определить искомые активности.

Этот метод был опробован при обработке спектров образцов суперфосфата, исходного сырья для его производства, поступающего из Кавдорского месторождения (г. Апатиты, Россия), а также отходов его переработки. Выполненные вычисления показали работоспособность метода. Коэффициент для оценки годности материала для производства строительных материалов (К) вычислялся по формуле [2]:

$K = (A_{U-Ra}/370) + (A_{Th}/259) + (A_K/4810)$, где A_{U-Ra} , A_{Th} , A_K — удельные активности урана-радия, тория, калия соответственно.

Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

Удельные активности образцов, Бк/кг

Образец	Уран-радий	Торий	Калий	К
Сырье	15±8	70±21	<100	<0,44
Суперфосфат	29±10	37±12	<100	<0,32
Отходы	19±9	<10	<100	<0,14

На основе полученных результатов можно сделать предварительный вывод о возможности использования отходов переработки, полученных при производстве суперфосфата, в строительстве. Это позволит улучшить экологическую обстановку в районе складирования отходов переработки, а также сэкономит значительные материальные ресурсы. Для получения более достоверных выводов о применимости отходов производства суперфосфата в строительстве необходимо дальнейшее развитие метода обработки спектров, а также выполнение большого объема измерений, в частности, радона на территории отвалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиация. Дозы, эффекты НРБ-76/87 и ОСП-72/87. М.: Энергоатомиздат, 1988.

НОСИМЫЕ ГАММА-РАДИОМЕТРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ BGO И CWO

Батурицкий М.А., Михайлов В.А.

Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

vit_mik_minsk@inp.minsk.by

Application of 40×40 mm BGO and CWO scintillation crystals in direct-measurement modulation-method radiometers has made it possible to decrease mass of detector blocks from 9,9 kg to 6 kg compared with the same radiometer using NaI(Tl) 63×63 mm without degradation of measurement characteristics.

Несмотря на то, что разработанные ранее носимые гамма-радиометры, реализующие модуляционную методику измерений [1, 2], показали хорошие результаты при измерении загрязнения ¹³⁷Cs леса на корню [3], полутуш на конвейерной линии мясокомбината и в прижизненном контроле скота [4], они, однако, не нашли широкого применения, главным образом, из-за большой массы блока детектирования. Для обеспечения необходимых параметров назначения в них использовался сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) размером 63×63 мм со свинцовыми защитой толщиной 15 мм и модулирующим экраном толщиной 25 мм, что давало суммарную массу блока детектирования (БД) 9,9 кг.

Для устранения этого недостатка были разработаны два опытных образца гамма-радиометров с использованием сцинтилляторов BGO и CWO размерами 40×40 мм. Основной целью данной разработки являлось стремление максимально облегчить конструкцию прибора без ухудшения параметров, определяемых эффективностью регистрации и толщиной слоя свинца, используемого в качестве защиты БД. Применение современных сцинтилляционных кристаллов и электронных компонентов позволило решить эту задачу.

Ввиду того, что регистрация гамма квантов изотопа ¹³⁷Cs во всех трех образцах радиометра производится путем счета зарегистрированных фотонов в области фотопика, эффективность регистрации зависит от геометрических размеров кристалла и его способности эффективно поглощать энергию гамма-излучения. При этом, очевидно, что сцинтилляторы с большим эффективным атомным номером при меньших габаритах оказываются предпочтительнее. В [5] показано, что кристалл CWO размером 40×40 мм обладает примерно той же эффективностью, что и NaI(Tl) 63×63 мм. Примерно такие же данные для CWO приведены в [6].

По данным, приведенным в [7], эффективность регистрации фотопика гамма квантов изотопа ¹³⁷Cs кристаллом BGO 38 x 38 мм составляет около 50 %, а для кристалла NaI(Tl) тех же размеров — менее 15 %. Исходя из вышеизложенного, следует, что кристаллы BGO и CWO, имеющие размеры 40×40 мм, обладают большей эффективностью, чем кристалл NaI(Tl) размером 63×63 мм. При сохранении толщины слоя свинца применение кристаллов BGO и CWO 40×40 мм позволило снизить массу блок детектирования с 9,9 кг до 6 кг.

Из-за более низкого световыхода (10 % для BGO и 25-50 % для CWO) и больших значений коэффициента преломления по сравнению с NaI(Tl) в новых радиометрах пришлось отказаться от применения ФЭУ-85. Были испытаны ФЭУ-93, ФЭУ-143-1 и ФЭУ-176, имеющие соответственно щелочной, бищелочной и мультищелочной фотокатода диаметром 40 мм (46 мм для ФЭУ-176). Диаметр фотокатода хорошо согласуется с диаметром кристалла, что позволило отказаться от использования световода и добиться цилиндрической формы блока детектирования. Наилучшие результаты были получены при использовании ФЭУ-176 (особенно для кристалла CWO, что объясняется более согласованными спектральными характеристиками сцинтиллятора и фотокатода).

С целью дальнейшего улучшения массогабаритных характеристик прибора было решено отказаться от использования панели для присоединения фотоумножителя. ФЭУ монтируется непосредственно на печатную плату высоковольтного делителя напряжения, выполненного с применением технологии поверхностного монтажа, который, в свою очередь, посредством разъемов соединен с платой электроники регистрации и формирования сигналов, содержащей зарядочувствительный предусилитель, формирователь и фильтр питания ФЭУ (эта плата также выполнена с применением поверхностного монтажа). Использование современных операционных усилителей в схеме регистрации позволило добиться высокой чувствительности, низкого уровня шума (~ 550 электронов RMS) и малой потребляемой мощности (не более 2 мА при напряжении питания ±6 В). Несмотря на использование различных типов ФЭУ и сцинтилляционных кристаллов, что предполагает различное напряжение высоковольтного источника питания и разное время формирования сигналов в усилителе-формирователе, удалось создать универсальный комплект печатных плат и почти идентичные электрические схемы, где различия определяются номиналами времяформирующих цепей (3 мкс для NaI(Tl) и BGO, 12 мкс для CWO). Благодаря применению зарядочувствительного усилителя удалось добиться снижения мощности источника высокого напряжения как с помощью использования высокоомных резисторов в делителе напряжения (базовый номинал составляет величину 5 или 10 МОм), так и снижении уровня напряжения до величины

650 – 800 В. Все это в комплексе позволило применить для питания прибора комплект батарей (аккумуляторов), состоящий из 4 штук размера АА, что в свою очередь положительно отразилось на массе и габаритах радиометров.

В заключении надлежит отметить, что в результате проведенной работы созданы опытные образцы современных приборов, позволяющих проводить измерение удельной активности ^{137}Cs как в полевых, так и лабораторных условиях при предельных нагрузках вплоть до 100 000 импульсов/с (10 000 импульсов/с для СВО), что представляется достаточным как для решения поставленной задачи экспрессного контроля полутуш на конвейерных линиях мясокомбинатов, так и для прижизненного контроля скота на всей территории Белоруссии. РБ. Кроме того, данные приборы, являющиеся прямопоказывающими, могут найти применение для экспрессного контроля продуктов питания, кормов и фуража на загрязнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.I. Moroz et al. 1993 IEEE Conf. Records "Nucl. Sci. Symp. & Med. Imaging Conf. 1993. 218.
2. Батурицкий М.А., Мороз В.И., Хрущинский А.А. Труды междунар. симп. "Актуальные проблемы дозиметрии", 28-30 окт. 1997, г. Минск, с. 63-64
3. Агафонов С.И., Батурицкий М.А., Хоровец Л.В. Там же, с.47-48
4. Агафонов С.И., Батурицкий М.А., Мороз В.И. Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции «Вузовская наука, промышленность, международное сотрудничество». Минск, 2002, РИВШ БГУ, стр. 120-125
5. Аншаков О.М., Чудаков В.А. Протокол испытаний сцинтилляторов CdWO_4 , г.Минск, 1991
6. Cadmium Tungstate, <http://bicron.com>.
7. Bismuth Germanate, <http://bicron.com>.

ИССЛЕДОВАНИЕ МУТАЦИЙ ВЫСОКОПЕНИТРИРУЮЩИХ ГЕНОВ-МАРКЕРОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Богданова Н. В., Бокуть С. Б. Фещенко С.П.**

Международный экологический университет
им. А. Д. Сахарова, Минск, Республика Беларусь;

*НИИ наследственных и врожденных заболеваний МЗ РБ, Минск, Республика Беларусь

Breast cancer is the most common lethal malignancy of women all over the world. Despite considerable efforts, many predisposing factors remain poorly defined. Epidemiological studies have shown that higher age and a positive family history of breast cancer are associated with the highest risk. Familial clustering of breast cancer, often in conjunction with cancer at other sites, is frequently caused by a hereditary disposition. Known genes with a high penetrance such as BRCA1 and BRCA2. Hereditary and environmental factors may have acted synergistically in many breast cancer cases, and a number of environmental factors may modulate the probability and progression of the disease. Ionizing radiation is for long being recognized as a potent carcinogen. The purpose of this paper is to study mutations of high penetrate candidate genes, participating in appearance of breast cancer in Byelorussian patients. This study is for the first time reveals the mutations of breast cancer genes in the Byelorussian population. Were used such methods as extraction of DNA, PCR and restriction analysis for this study. As a result of the work frequent mutations of BRCA1 and BRCA2 were found in family cases. It is shown that following methods are useful for cancer risk prediction for patients and their blood relatives.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Беларуси сохраняется высокий уровень общей заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований различных локализаций. По данным официального статистического сборника МЗ Республики Беларусь [1], смертность населения нашей республики от злокачественных опухолей выросла по сравнению с аналогичным показателем 1985 года на 27% и составила 194,3 случая на 100.000 населения. В ранговой структуре заболеваний наблюдается тенденция к значительному увеличению случаев рака молочной железы (РМЖ). Только в прошлом году было зарегистрировано более 3 тысяч больных РМЖ. Примерно 30% больных РМЖ выявляются в Беларуси на поздних стадиях заболевания. В других странах среди злокачественных новообразований различной локализации также раку молочной железы принадлежит второе место по количеству летальных исходов, составляющих 3-4% от заболевших [2]. Риск возникновения заболевания в течение жизни составляет в среднем у женщин 11%, у мужчин – 0,1%.

От 5 до 10% случаев злокачественных новообразований молочной железы представлены наследственными формами данной патологии [3]. Наследственные формы РМЖ характеризуются быстрой малигнизацией, относительно ранним проявлением, билатеральностью и мультифокальностью. Установлено, что наличие заболевания в семейном анамнезе увеличивает риск его возникновения в среднем в 3 раза.

Важной составляющей риска развития злокачественных новообразований молочной железы является

воздействие ионизирующего излучения. На основе эпидемиологических исследований показано увеличение риска развития РМЖ у людей после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, а также после проведения лучевой терапии и ряда диагностических процедур (радиоизотопная диагностика, рентгенодиагностика, компьютерная томография и т.д.). Доказано, что среди облученных степень риска развития данного заболевания максимальна у девочек, облученных в подростковом возрасте, при этом выявлена квазилинейная зависимость «доза-риск» [2].

В нашей республике риск возникновения и развития рака молочной железы усугубляется последствиями аварии на ЧАЭС. В частности, среди причин роста заболеваемости данной патологией, связанных с аварией на ЧАЭС, можно назвать следующие:

– радиационно-индуцированные патологические изменения щитовидной железы, определяющие гормональный дисбаланс организма;

– загрязненность ряда регионов Беларуси радиоактивными изотопами кальция и цезия, накапливающимися в клетках молочной железы;

– психические стрессы, обусловленные комплексом негативных факторов, возникшие в связи с аварией на ЧАЭС [4].

На генетическом уровне показано, что среди факторов риска РМЖ одно из ведущих мест принадлежит мутациям высокочувствительных генов BRCA1 и BRCA 2. Считается, что они участвуют в репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК. Таким образом, наличие мутаций этих генов может привести к ошибкам репарации ДНК и, соответственно, к возникновению опухоли.

Риск развития генетически обусловленного рака молочной железы у женщин-носительниц мутаций генов BRCA1 и BRCA2 составляет 80% и 60%, соответственно. Аналогичный показатель у мужчин-носителей мутаций гена BRCA2 равен 6%. Установлено, что риск развития злокачественных новообразований молочной железы у мужчин значительно увеличивается при наличии мутаций гена BRCA1 [3]. Более того, у носителей данных мутаций в 4 раза увеличивается риск возникновения рака толстого кишечника и в 3 раза – рака простаты. Rebeck с соавторами выявил мутации гена BRCA1 у 61% обследованных пациенток с наследственными формами РМЖ [5]. В исследованиях Ford с соавторами проанализирован вклад мутаций гена BRCA1 в этиологию РМЖ в 237 семьях, в каждой из которых было как минимум 4 случая возникновения данной патологии. Этими авторами выявлены мутации BRCA1 в 52% случаев [6]. Наиболее частыми мутациями гена BRCA1 для европейской популяции являются: сдвиг рамки считывания вследствие 5382insC и замена в домене Cys61Gly. Самая распространенная мутация гена BRCA 2 - делеция 6174delT [7].

Таким образом, в сложившихся в нашей Республике условиях роста заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы целесообразным представляется разработать молекулярную диагностику наследственных и спорадических форм РМЖ. Для этого необходимо провести мутационный анализ генов-маркеров РМЖ в белорусской популяции, что и являлось целью нашей работы. Данные исследования в Беларуси проводились впервые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования являлась геномная ДНК, выделенная из лейкоцитов периферической крови, полученных у пациентов с клиническим диагнозом «рак молочной железы». ДНК была выделена стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Для идентификации мутаций указанных генов использовалась полимеразная цепная реакция (ПЦР) с последующим рестрикционным анализом полученных ПЦР-продуктов. Для проведения ПЦР в качестве праймеров использовались олигонуклеотидные последовательности, фланкирующие определенные участки ДНК генов BRCA1 и BRCA2. Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе Perkin Elmer 480 (Perkin Elmer). Реакционная смесь с конечным объемом 15 мкл содержала 100 нгр ДНК; 1xПЦР буфер (Perkin Elmer), 2,2мМ MgCl₂, 200 мкМ dATP/dCTP/dTTP/dGTP (Sigma); 10% диметилсульфоксид (Sigma); по 0,2 мкМ праймеров и 0,75ЕД полимеразы AmpliTaq Gold (Perkin Elmer). Начальную денатурацию ДНК проводили при 100°C в течении 7 минут. Затем следовали 35 циклов амплификации при следующих температурно-временных условиях: 1 мин денатурации при 95°C; 1 мин отжига для следующих генов соответственно:

– BRCA1 – при 60°C;

– BRCA2 – при 61°C;

– элонгация при 72°C – 1 мин и завершающий синтез 4 мин при 72°C. Охлаждали пробы до +4°C для остановки реакции.

Для подтверждения наличия дефекта в геномной ДНК пациентов с РМЖ проводили рестрикцию амплифицированных фрагментов геномной ДНК. Для идентификации мутации 5382insC гена BRCA1 использовали рестриктазу DdeI, мутации Cys61Gly - Ava2. Для обнаружения мутации 6174delT гена BRCA2 была использована рестриктаза PflM1. Продукты рестрикции анализировали с помощью электрофоретического разделения в 2% агарозном геле с последующей окраской геля этидиум бромидом (для гена BRCA1). Для идентификации мутаций гена BRCA2 продукты рестрикции разделяли в 10% полиакриламидном (соотношение акриламид:бисакриламид 19:1) неденатурирующем геле. Для визуализации результатов проводили окраску геля серебром по методике Budowle, et al.(1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами было обследовано 136 пациентов с клиническим диагнозом «рак молочной железы», обратившихся в ГУ НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова и областные онкодиспансеры. Для анализа от пациентов были получены препараты ДНК и письменное согласие на проведение данного исследования. Когорта исследованных лиц была разделена по нескольким критериям: семейные/спорадические случаи РМЖ и по территориальному признаку; и включала в себя 58 пациентов, живущих на радиоактивно загрязненных территориях с плотностью загрязнения почвы Cs-137 более чем 555 kBq/m^2 . У девяти пациентов с семейной формой РМЖ (22% всех семейных случаев из исследованной когорты) были найдены мутации 5382insC (7 случаев) и Cys61Gly гена BRCA1 (2 случая). Шесть из этих 9 семей, т.е. 66,6% проживают на загрязненных территориях с плотностью загрязнения почвы Cs-137 более чем 555 kBq/m^2 (соответствующие электрофореграммы приведены на рис. 1 и 2).

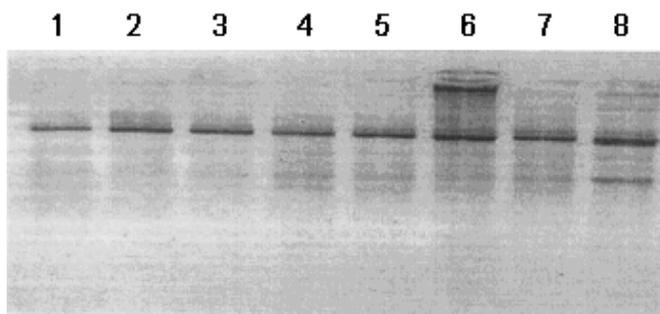


Рис. 1. Результаты электрофоретического анализа в 2%-ом агарозном геле (окраска этидиум бромидом) продуктов рестрикции фрагмента гена BRCA1. На дорожке № 8 фрагмента гена BRCA1 одного из пациентов с мутацией. 85382insC.

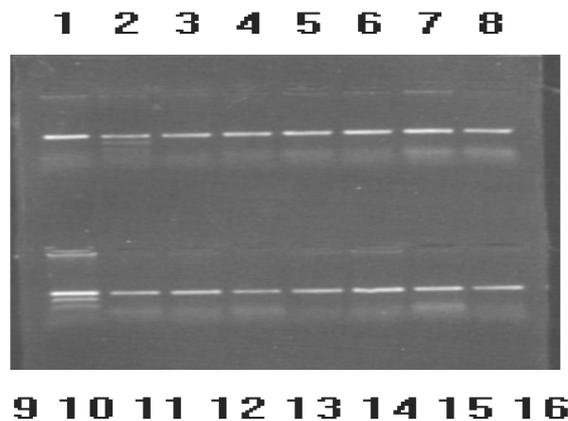
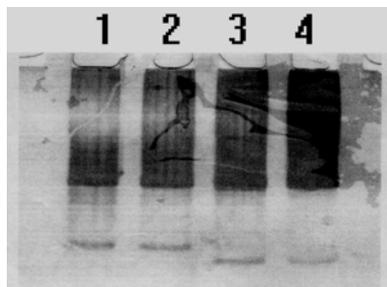


Рис. 2. Результаты электрофоретического анализа в 2%-ом агарозном геле (окраска этидиум бромидом) продуктов рестрикции гена BRCA1. Дорожка № 2 – ДНК с мутацией Cys61Gly. Дорожка № 9 – позитивный контроль на мутацию.

Мутация 6174delT гена BRCA2 была обнаружена у 1 пациентки (2,5% всех семейных случаев РМЖ) (соответствующая электрофореграмма приведена на рис. 3).



Проведение ПЦР в сочетании с рестрикционным анализом 138 образцов ДНК здоровых доноров, показало отсутствие у них мутаций и соответственно специфичность примененного метода.

Рис. 3. Результаты электрофоретического анализа в 10%-ом полиакриламидном геле (окраска нитратом серебра) продуктов рестрикции фрагмента гена BRCA2. Мутация 6174delT обнаружена у пациентки № 1. Дорожка № 2 – позитивный контроль на мутацию.

ВЫВОДЫ

Одним из центральных звеньев канцерогенеза является кумулятивный эффект повреждений и/или мутаций геномной ДНК в результате нарушения репарационных процессов в геноме. Являясь частью большого геномного комплекса наблюдения и репарации BRCA1 и BRCA2 взаимодействуют друг с другом и другими белками регулируя клеточные ответы на хромосомные разрывы и другие типы повреждения ДНК [8]. Согласно концепции клональной природы развития злокачественных новообразований, на первых стадиях развития опухоли мутации геномной ДНК присутствуют лишь в некотором крайне малом количестве клеток нормальных тканей. Таким образом, большая часть исследуемой ДНК может быть выделена из ткани, клетки которой не содержат мутаций этого гена, что подчеркивает важность разработки и внедрения новых чувствительных методов выявления повреждений генома. Одно из ключевых мест в этом блоке методов принадлежит технологии амплификации ДНК in vitro, то есть методам ПЦР.

Предложенный в работе алгоритм выявления мутаций в генах-маркерах РМЖ является высокоспецифичным, поскольку только среди пациентов с РМЖ были выявлены гомозиготные и/или гетерозиготные носители мутаций генов. Применение данного метода перспективно с точки зрения выявления мутаций генов на ранних этапах развития опухоли, а также для профилактики развития РМЖ у членов семей больных с данным заболеванием.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Здравоохранение в РБ». Официальный статистический сборник. Минск 2001.
2. The University of Pennsylvania Cancer Center. Risk Factors and Breast Cancer/ Review/ June 21, 2002.
3. Hoffenberg und and. Familiäres Mamma und Ovarial-Carcinom: Interdisziplinärer Ansatz zur genetischen

Testung/ *Med. Gen.*, 1998 Juni; 2:253-55.

4. L.A. Putyrski. The influence of Chernobyl Catastrophe on the development of breast cancer disease/ Byelorussian Scientific Research Institute of Oncology and Medical Radiology. Minsk 1993.

5. Rebeck et al. Genetic mapping of the BRCA1 region on chromosome 17q21/ *J. Hum. Genet.*, 1996 Mar; 54(3):516-25.

6. Ford et al. Cancer susceptibility and the functions of BRCA1 and BRCA2/ *Cell*, 108 (2):171-82 1998.

7. Smith et al. Breast and ovarian cancer screening practices in healthy women with a strong family history of breast or ovarian cancer/ *Breast Cancer Res. Treat.*, 71(2): 103-12 1992.

8. Wang, Y. et al.: BASC, a super complex of BRCA1-associated proteins involved in the recognition and repair of aberrant ДНК structures. *Genes Dev.*, 14: 927-939, 2000

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ В БИОКАРБОНАТАХ В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФИТ-ИОНОВ

Богушевич С.Е., Уголев И.И.

Институт физико-органической химии НАН РБ, г. Минск, Республика Беларусь

THE RECONSTRUCTION OF THE ACCUMULATED DOSES IN BIOCARBONATES IN THE SULFITE-IONS PRESENT. Conditions of the paramagnetic particles formation in non-irradiated CaSO_3 are investigated. The initial SO_2^- (iso), thermo-induced SO_2^- (orth) and mechanically-induced SO_3^- (axial) ion-radicals are revealed and interpreted.

В настоящее время одним из основных методов реконструкции поглощенных доз ионизирующих излучений, применяемых в спин-резонансной дозиметрии и в области датирования геологических и археологических материалов, является метод суммарной дозы (additive dose method) [1]. Здесь в качестве объектов исследования используется прежде всего гидроксипатит зубной эмали и костной ткани, а также карбонаты биологического происхождения. Расчет поглощенных доз осуществляется преимущественно по интенсивности сигналов ЭПР от стабильных ион-радикалов CO_3^{3-} , CO_3^- и CO_2^- . Важным для проведения измерений считается также сигнал ЭПР с компонентами g-фактора $g_{\perp}=2,0037$; $g_{\parallel}=2,0024$, обусловленный радиационно-индуцированными ион-радикалами SO_3^- [2], связанными с присутствием в биокarbonатах сульфит-ионов. Цель нашего исследования - определение условий образования стабильных парамагнитных частиц (ПМЧ) в структуре необлученного сульфита кальция (CaSO_3) для оценки их влияния на искомую величину реконструируемой дозы.

Сульфит кальция был синтезирован из хлорида кальция и сульфита натрия, разделен на две части, одну из которых подвергали растиранию, другую - термической обработке. Было обнаружено, что при 20°C в спектрах ЭПР полученного вещества присутствует достаточно интенсивный изотропный сигнал с $g=2,0055 (\pm 0,0003)$ и $\Delta H_{pp}=0,13$ мТ. На основании [3] он отнесен к ион-радикалам SO_2^- (iso). Установлено, что данные ПМЧ термически устойчивы. Нагревание сульфита кальция на воздухе в интервале $20-120^\circ\text{C}$ приводит к уменьшению их количества всего на 10-20%. При дальнейшем повышении температуры до $\sim 200^\circ\text{C}$ наблюдается резкое увеличение их концентрации (в 2-2,5 раза) и одновременное появление в ИК-спектрах слабых характеристических полос, принадлежащих ионам SO_4^{2-} . В интервале $\sim 200-250^\circ\text{C}$ формирование фазы $\text{CaSO}_3/\text{CaSO}_4$ сопровождается отжигом ион-радикалов SO_2^- (iso) и накоплением значительного количества (до $\sim 10^{18}$ спин/г) нового вида термически индуцированных ПМЧ. Последние сохраняются до $\sim 300^\circ\text{C}$ и описываются анизотропной спектральной линией ЭПР с главными компонентами g-фактора $g_1=2,0093$; $g_2=2,0045$; $g_3=2,0020$ ($g_{av}=2,0053$). При более высокой температуре на ее фоне формируется новый сигнал со сходной формой линии и значениями g-фактора $g_1=2,0104$; $g_2=2,0049$; $g_3=2,0018$ ($g_{av}=2,0057$), наблюдаемый в пределах 500°C . Исходя из результатов [4], оба вида термически устойчивых ПМЧ интерпретированы как ион-радикалы SO_2^- (orth) с ромбической анизотропией g-фактора. Существование трех типов одной разновидности ПМЧ с различиями в величине и степени анизотропии g-фактора и термической стабильности объяснены изменениями симметрии кристаллической решетки смешанной фазы $\text{CaSO}_3/\text{CaSO}_4$ в процессе ее формирования из чистой фазы CaSO_3 .

Установлено, что для сульфита кальция характерна стабилизация не только термически, но и механически индуцированных ПМЧ. Они появляются уже при слабом растирании вещества, устойчивы при 20°C и характеризуются аксиально анизотропным сигналом ЭПР с компонентами g-фактора $g_{\perp}=2,0036$; $g_{\parallel}=2,0022$ ($g_{av}=2,0031$). По спектральным параметрам они идентичны радиационно индуцированным ион-радикалам SO_3^- (axial) [2] и отнесены нами к данному типу ПМЧ. Обнаружено, что накопление механически индуцированных SO_3^- (axial) сопровождается частичной гибелью исходных ион-радикалов SO_2^- (iso). Так, при увеличении интенсивности сигнала ЭПР, обусловленного SO_3^- , в ~ 4 раза происходит снижение интенсивности сигнала от SO_2^- на $\sim 20\%$; при увеличении в ~ 5 раз - соответственное падение на $\sim 40\%$. В то же время термическая устойчивость ион-радикалов SO_3^- по сравнению с SO_2^- достаточно мала. Нагревание сульфита в пределах 60°C не приводит к заметному изменению их концентрации, однако полный отжиг наблюдается уже в области 120°C .

Таким образом, представленные результаты показывают, что присутствие примесных сульфит-ионов в биокарбонатах способно приводить, во-первых, к образованию механически индуцированных ПМЧ во время растирания образцов, во-вторых, к накоплению большого количества термически индуцированных ПМЧ при нагревании в целях стандартизации ЭПР-спектров. В результате такой обработки могут быть внесены нежелательные изменения не только в величину полезных сигналов ЭПР, но и в спектральный состав изучаемых объектов, что повлечет за собой дополнительные погрешности в величину реконструируемой дозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ikeya M.// New Applications of Electron Spin Resonance. - Singapore, World Scientific, 1993.
2. Kai A., Miki T.// Jap.J.Appl.Phys.- 1991. V.30. P.1109-1110.
3. Barabas M.// Nucl. Tracks.- 1992. V.20. P.453-464.
4. Богушевич С.Е., Уголев И.И., Потапович А.К.// Журн.прикл.спектр. - 2001. Т.68. С.482-486.

ПРОЦЕССЫ ВОДООБМЕНА И ПОГЛОЩЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 И СТРОНЦИЯ-90 ИЗ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРОРОСТКАМИ ГОРОХА

Бондарь Ю.И., Кравченя Н.И.

Институт радиобиологии НАН РБ, г. Минск, Республика Беларусь;
Международный государственный экологический университет
им.А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

PROCESSES OF WATER EXCHANGE AND ABSORPTION CAESIUM-137 AND STRONTIUM-90 OF NUTRITIOUS SOLUTIONS SPROUTS OF PEAS. The problem of rehabilitation polluted radioactive nuclides territories continues to remain actual, and studying of processes of water exchange of plants is of interest for forecasting processes of transition radioactive nuclides in plants. Studied processes of water exchange at sprouts of peas with use tritium waters, and absorption of caesium-137 and strontium-90 from nutritious solutions sprouts of peas.

Несмотря на многолетние исследования процессов водообмена, у различных растений эта тема остается актуальной и в наше время. В значительной степени это обусловлено многообразием факторов, влияющих как на поглощение так и на потерю влаги растениями – температура, влажность воздуха, уровень минерального питания, скорость ветра, вид растения и т.д.

Продолжает оставаться актуальной проблема реабилитации загрязненных радионуклидами территорий, а изучение процессов водообмена растений представляет интерес для прогнозирования процессов перехода радионуклидов в растения.

В ходе физиологического развития растением из почвенных растворов поглощаются вместе с водой элементы минерального питания. В случае загрязнения почв радионуклидами стронцием-90 и цезием-137 реально содержащихся в почвах Беларуси после аварии на ЧАЭС, часть радионуклидов поступает в растения. В ходе исследования предполагалось установить связь между количеством воды поступившей в растения (проростки гороха) и соотнести это количество с поступившими из почвенных растворов стронция-90 и цезия-137. При этом в питательной среде менялось содержание гумусовых веществ (фульво- и гуминовых кислот), которые отвечают «за поставку» элементов минерального питания. При этом были рассмотрены три системы:

1. Питательная среда, содержащая тритий.
2. Питательная среда, содержащая стронций.
3. Питательная среда, содержащая цезий.

Для изучения процессов водообмена привлекаются все новые физико-химические методы. В данной работе процессы водообмена у растений на примере гороха изучались с использованием тритиевой воды.

Цель исследования – изучение процессов водообмена у растений гороха с использованием тритиевой воды, а также сопоставление изменения удельной активности во времени цезия-137 и стронция-90 у проростков гороха, выращиваемых на питательных растворах, характеризующихся различным содержанием гумуса. Эксперимент был проведен в лаборатории радиохимии почвы Института радиобиологии НАН Беларуси.

В качестве объекта исследования был выбран горох. Семена гороха обеззараживались путем непродолжительного выдерживания в слабом растворе $KMnO_4$. Затем семена проращивали в чашках Петри при температуре 27°C. После образования корешков, горох переносили в виалы. Для этого предварительно в крышках виал были сделаны отверстия $d \approx 2$ мм. В виалы наливали водопроводную воду и закручивали, следовательно, корень горошины находился в воде. Чтобы сделать опытные условия наиболее похожими на природные, виалы обертывали светонепроницаемой бумагой. Образцы помещали в лоток и оставляли на дальнейшее проращивание (14 дней). Эксперимент ставился в холодное время года, и для обеспечения оптимального режима освещения в дневное время дополнительно включали электролампу (150 Вт)

размещенную на расстоянии 50 см от растений. Температура воздуха в помещении не превышала 17 °С.

Через 14 дней, когда горох значительно подрос, т.е. у него появилось достаточное количество листьев для эксперимента, его пересаживали на питательный раствор Гельригель с внесенными в него радионуклидами цезием-137, стронцием-90, тритием.

Отбор проб для анализа проводился следующим образом:

У растений выращиваемых на питательной среде с внесенной тритиевой меткой, пробы отбирались через 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11 и 14 суток. На восьмые сутки питательный раствор, содержащий тритий в виалах закончился, и мы доливали водопроводную воду, чтобы посмотреть, как поменяется удельная активность фитомассы растения после данной процедуры.

У растений, выращиваемых на питательной среде с внесенным цезием-137, пробы отбирали следующим образом - через 1,3, 7 и 11 суток.

У растений, выращиваемых на питательной среде с внесенным стронцием-90, – через 2, 4, 10 и 14 суток.

С каждого растения отщипывали по 2 листика на один анализ.

Листики гороха взвешивали на аналитических весах и переносили в виалы на 7 мл со специальным сцинтилляционным коктейлем Ultima Gold AB или Ultima Gold LLT (4 мл) для измерения в приборе. Содержимое виал тщательно перемешивали энергичным встряхиванием и виалы устанавливали в кассетах на конвейер прибора.

Коктейль в виалы прибавляли непосредственно перед срезкой листьев. Порядок, в котором листики и коктейль помещаются в виалу, не влияет на результаты измерений, но предпочтительнее помещать листики в виалу с уже внесенным коктейлем, чтобы сократить время контакта пробы с воздухом.

Помещали кассеты в прибор на анализ. Каждый образец измерялся 30 минут, повторность измерений трехкратная. Измерение проводилось на жидко-сцинтилляционном счетчике Tri-Carb 2500 TR/AB.

В целях соблюдения требований по радиационной безопасности опыты проводились в боксе, обеспеченном вытяжной вентиляцией.

На основании проведенных исследований по изучению процессов водообмена с использованием тритиевой воды и поглощения цезия-137 и стронция-90 из питательных растворов проростками гороха можно сделать следующие выводы:

1. Удельная активность увеличивается у всех исследуемых образцов.

2. После окончания поступления трития в растения на седьмые сутки, удельная активность трития в растениях резко снижается из-за процесса транспирации и на десятые сутки в растениях практически не остается воды содержащей тритий.

3. Наличие в питательных растворах гуминовых и фульвокислот не влияет резко на поступление в растения цезия-137.

4. Присутствие в растворе фульвокислот способствует усилению поглощения радионуклида стронция-90.

ЭКСПРЕССНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ^{90}Sr В ОБЪЕКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНОГО СОРБЕНТА ДИЦИКЛОГЕКСИЛ-18-КРАУН-6

Бурак А.О., Билан О.Н., Рудак Э.А.

Институт физики НАН РБ, г. Минск, Республика Беларусь

METHOD OF EXPRESS DETERMINATION OF ^{90}Sr CONTENT IN ORGANIC OBJECTS WITH HIGH-SELECTIVE SORBENT DICYCLOHEXYL-18-CROWN-6. The present method is worked out for ^{90}Sr determination in objects of different origin, especially in agricultural production, cattle production, and food. The method may be applied to determine the ^{90}Sr contamination of objects and territories, which were exposed to accidents at nuclear energy objects, buffer areas of NPP, and possible use of so called «dirty» bombs. The principle of the method is based on chromatographic extraction of strontium from nitrate solutions followed by radiometric determination of ^{90}Sr activity. A highly porous matrix of styrene-divinyl benzene in the form of beads ~1 mm in diameter is used as a substrate to support the extractant, dicyclohexyl-18-crown-6 (DCH18K6) in tetrachloroethane, which is in the liquid state deep in the pores of the matrix. Dicyclohexyl-18-crown-6 belongs to synthetic macrocyclic polyethers (so-called crown ethers) and has the ability to bind ^{90}Sr with high selectivity so that ^{90}Sr is extracted with 90 – 95 % efficiency. To register the equilibrium composition (^{90}Sr и ^{90}Y) Vavilov - Cherenkov effect or liquid scintillators are used. The ^{90}Sr activity is measured with allowance for the scintillating cell background and the conversion factor depending on the ^{90}Y accumulation time and the ^{90}Sr and ^{90}Y detection efficiency.

В аварийных выбросах Чернобыльского РБМК-1000 одним из наиболее токсичных радионуклидов является ^{90}Sr .

Научные основы наиболее точного и экспрессного метода определения содержания ^{90}Sr в объектах внешней среды были разработаны в ГЕОХИ РАН (г. Москва) под руководством академика Б.Ф. Мясоедова

сразу же после аварии на ЧАЭС [1]. Главный элемент методики – экстрагирование стронция из исследуемых проб с помощью высокоселективного сорбента дициклогексил-18-краун-6, что позволяет практически полностью избавиться от других радиоактивных фоновых изотопов. Данная методика позднее была адаптирована в Институте физики НАН Б на β -радиометре «Бета-2» [2]. Кроме того, после проведения исследования с γ -излучающим нуклидом ^{85}Sr удалось оптимизировать режимы проведения измерений на различных стадиях.

Используемые в настоящее время традиционные методики определения содержания ^{90}Sr связаны с большим количеством операций осаждения и переосаждения, что сопряжено с неизбежными потерями ^{90}Sr и большими ошибками результатов измерений. Для контроля потерь ^{90}Sr в процессе измерений в качестве индикатора обычно используется γ – излучающий изотоп стронция ^{85}Sr . Все это сильно усложняет процесс анализа. Кроме того, эти традиционные методики требуют большого времени, порядка двух недель. Настоящая же методика лишена этих недостатков. Она является экспрессной и позволяет осуществить проведение анализов в количестве 12-15 в сутки.

Принцип метода основан на экстракционно-хроматографическом извлечении изотопов стронция из азотнокислых проб с последующим радиометрическим определением активности стронция-90 с использованием бета-радиометра. В качестве носителя использована высокопористая матрица сополимера стирола с дивинилбензолом (ТВЭКС), в виде пористых шариков диаметром ~ 1 мм, а в качестве неподвижной фазы – раствор дициклогексил-18-краун-6 (ДЦГК) в тетрахлорэтане, находящийся в жидкокапельном состоянии в глубоких порах матрицы ТВЭКС.

Дициклогексил-18-краун-6 – соединение из класса синтетических макроциклических полиэфиров (краун-эфиров), обладает высокой селективностью к стронцию-90 (90 – 95 %).

В Институте физики НАН Беларуси разработано два варианта данной методики:

Первый вариант предназначен для определения стронция – 90 в почве, воде, молоке. Методика определения ^{90}Sr в указанных объектах включает в себя 3 основные стадии:

1. Пробоподготовка исследуемого образца. При этом используется двукратное кислотное выщелачивание озоленных образцов 7.5 М азотной кислотой, фильтрование, выпаривание до влажных солей и окончательная корректировка по концентрации азотной кислоты до 1.5 М полученных растворов.

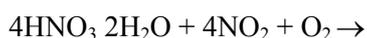
2. Приготовление селективного сорбента, элюирование вытяжки через колонку с сорбентом, десорбция стронция из колонки.

3. Радиометрическое измерение полученного осадка. В виде препаратов карбоната стронция.

Более поздний второй вариант предназначен, в первую очередь, для определения содержания стронция – 90 в объектах органического происхождения (зерновые, зернобобовые культуры, корнеплоды, мясомолочная продукция, продукты питания и т.д.). В данном варианте для пробоподготовки объектов использован метод так называемого «мокрого» озоления, что позволило существенно упростить стадию пробоподготовки и проводить регистрацию радионуклидов в жидкой фазе.

Принцип метода «мокрого» озоления заключается в следующем. Аналитическую пробу хорошо измельченного растительного материала озоляют при кипячении с азотной кислотой в присутствии хлорной кислоты.

Взаимодействуя с органическим веществом, азотная кислота распадается на воду, двуокись азота и кислород:



Обладая огромной реакционной способностью в состоянии выделения (чему способствует также и повышенная температура: концентрированная азотная кислота кипит при $120,5^\circ$), кислород окисляет водород органического вещества до воды. Наличие хлорной кислоты ускоряет реакции озоления благодаря освобождению добавочного количества активного кислорода. Весь процесс озоления занимает порядка нескольких часов (от 1 до 5 в зависимости от массы навески).

Для регистрации равновесной смеси (^{90}Sr и ^{90}Y) используется эффект Вавилова-Черенкова, а для регистрации ^{90}Sr непосредственно после пропускания через колонку используются жидкие сцинтилляторы.

Данный метод позволяет определять активности в пределах от 1 до 1000 Бк. При этом относительная погрешность измерения при доверительной вероятности 95% составляет:

$$1-3 \text{ Бк} - 20\%, \quad 3-10 \text{ Бк} - 15\%, \quad 10-1000 \text{ Бк} - 10\%$$

Указанная методика может быть использована для определения содержания стронция –90 в объектах на территориях, подвергшихся радиационному воздействию в результате техногенных аварий на объектах ядерной энергетики, в санитарно-защитных зонах АЭС и других предприятий ядерно - физического комплекса; в результате возможного применения так называемых «грязных» бомб (т.е. обычных боеприпасов с начинкой из ядерных материалов) и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Ф.Мясоедов, А.М.Тузова, Н.Ю.Кремлякова, И.М.Радионова, Экстракционно-радиохимическое определение радионуклидов стронция в объектах окружающей среды. экспресс-информация – М:Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского, 1993.

2. S.V. Zablotzky, E.A. Rudak, L.V. Stopolyanskaya and J.R.Wiley Improvements in the method of strontium-90 extraction from environmental samples with dicyclohexyl-18-crown-6. // Kerntecnik V.60 №5-6, November

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС-САМЦОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Верещако Г.Г., Ходосовская А.М., Артеменко О.В. Конопля Е.Ф.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

POSSIBILITY OF THE USING SOME BLOOD AND RAT MALE REPRODUCTIVE SYSTEM PARAMETERS FOR ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD EFFECT. It was studied the morpho-functional state of rat male blood and reproductive system after 5 day in 1 hour exposure electromagnetic field (EMF) with frequency 39,5 GGz. In initial period (2 hours after electromagnetic action) it revealed as the leucocyte blood system stimulation at rats males caused by the marked neutrofilia as its depression in the following experiment terms. The magnetic action on rats was accompanied by with the MDA content increasing, the succinate dehydrogenase activity phase changing in testis tissue and the acceleration of sex cells maturation in the following terms resulting in the increasing number of such cells in epididymis and the decreasing relative weight of testis by month end. The applied morphofunctional parameters of blood and reproductive system may serve as the objective criterion for estimation of biological action of EMF.

Последние годы характеризуются существенным увеличением количества разнообразных источников электромагнитных полей (ЭМП) в среде окружающей человека. Однако многочисленные данные свидетельствуют о высокой биологической активности ЭМП в широком диапазоне спектра частот, что вызывает необходимость оценки возможных последствий воздействия магнитного излучения на организм [1-3]. Наиболее чувствительными (критическими) системами к действию ЭМП являются нервная, эндокринная, половая и иммунная системы [4, 5]. Особый интерес вызывает оценка риска воздействия магнитных излучений для репродуктивной системы, так как нарушения в половых клетках могут представлять опасность для последующих поколений

Целью настоящей работы являлось изучение изменений ряда гематологических показателей и морфофункционального состояния репродуктивной системы крыс-самцов после многократного электромагнитного излучения с частотой 39,5 ГГц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили на белых крысах-самцах стадного разведения (исходный возраст 4 мес) через 2 часа; 3; 10 и 30 сут. после магнитного облучения (частота 39,5 ГГц, длина волны 7,5 мм, мощность излучения 18 мВт, плотность потока энергии $0,0029 \text{ мВт/см}^2$) продолжительностью 1 час ежедневно на протяжении 5 дней. У животных, которых перед декапитацией взвешивали, собирали кровь, извлекали семенники с придатками (эпидидимисы), которые взвешивали, рассчитывая в дальнейшем относительную массу органов.

В крови подсчитывали количество лейкоцитов, а в мазках крови определяли лейкограмму общепринятыми клиническими методами [6].

Состояние семенников с придатками оценивали с помощью комплекса морфологических и биохимических методов как описано ранее [7]. Семенники освобождали от туники и кровеносных сосудов. Ткань одного из семенников от каждого животного использовали для приготовления клеточной суспензии в 5% уксусной кислоте с генцианвиолетом, в которой подсчитывали количество сперматогониев всех типов (суммарно), сперматоцитов, сперматид и сперматозоидов в камере Горяева. Помимо этого проводили подсчет количества сперматозоидов, выделенных из эпидидимисов. Из второго семенника получали 10% гомогенат ткани, из которого выделяли митохондриальную фракцию методом дифференциального центрифугирования в 0,25 М сахарозе на трис-буфере, pH 7,4 при 12000 g в течение 15 мин. Митохондриальная фракция ткани семенников служила для определения активности СДГ (КФ 1.3.99.1). В цитоплазматической фракции ткани семенников определяли активность ЛДГ (КФ 1.1.1.27). Содержание белка в исследуемой ткани анализировали по Лоури. В 10% гомогенате тестикулярной ткани определяли также содержание малонового диальдегида (МДА) [8]. Контрольные опыты проводили на животных аналогичного возраста в каждой серии эксперимента. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что спустя 2 часа после многократного магнитного воздействия наблюдается значительное повышение числа лейкоцитов в крови крыс-самцов (на 44%), которое обусловлено преимущественно значительным увеличением абсолютного числа нейтрофилов в крови (их количество по сравнению с контролем возрастает более чем в 3 раза), что отражается также в повышении их процентного соотношения. Этот же показатель для лимфоцитов в этой серии опытов имеет тенденцию к снижению, однако абсолютное число этих клеток крови несколько выше, чем в контроле. В этих условиях следует

отметить выраженное увеличение количества эозинофилов.

Показатели репродуктивной системы крыс-самцов в начальный период после магнитного воздействия (2 часа) характеризуются умеренными сдвигами. В ткани семенников опытных животных отмечается повышение количества сперматид, сперматозоидов и общего числа сперматогенных клеток, что сопровождается увеличением количества зрелых половых клеток в придатках (до 115,7% по отношению к контролю). В сперматогенной ткани крыс, подвергнутых действию ЭМП, выявлено понижение содержания конечного продукта ПОЛ – МДА (на 11,7% по отношению к контролю).

Реакция системы крови и показателей репродуктивной системы у крыс-самцов на многократную экспозицию ЭМП в последующие сроки заметно отличается от вышеописанной. Так, на 3, 10 и 25 сут. после магнитного воздействия число лейкоцитов в крови падает соответственно на 21,2; 41,1 и 32,4% по отношению к интактным животным. Особенно следует отметить повышенное соотношение нейтрофилов на 10 сут. после облучения и его уменьшение к концу месяца (23,2%), а также выраженные колебания процентного соотношения эозинофилов в наблюдаемые сроки. Что касается процентного соотношения лимфоцитов в крови опытных животных, то оно имеет тенденцию к снижению на 3 сут., а к 30 сут. после воздействия – к повышению. Однако, учитывая значительное падение числа лейкоцитов у опытных животных, абсолютное число этих клеток уменьшено в крови на 30%.

Изучение показателей состояния репродуктивной системы самцов крыс после пятикратного воздействия магнитным излучением показывает, что относительная масса семенников существенно снижается к концу месяца (на 29,7%). Кроме того, в тестикулярной ткани животных на 3, 10 и 30 сут. после воздействия сохраняется достоверно повышенная концентрация МДА (соответственно до 165,2; 112,8 и 128,3% по отношению к контролю). Последнее свидетельствует о длительном истощении антиоксидантных возможностей ткани семенников крыс, вызванных действием электромагнитных волн миллиметрового диапазона. Интенсивность реакций дегидрирования в процессе гликолиза в ткани семенников крыс, подвергнутых воздействию ЭМП, носит устойчивый характер, так как активность ЛДГ на протяжении всего периода исследований не отличается от контрольных значений, в то же время активность сукцинатдегидрогеназной реакции носит фазный характер: она уменьшается на 3 сут. (на 11,3%) и увеличивается на 10 сут. (на 24,1% по сравнению с контролем). Количество герминативных клеток в тестикулярной ткани опытных животных изменяется на протяжении 3-30 сут. незначительно, а число сперматозоидов в придатках семенников достигает максимума на 3 сут. (121,6% по отношению к контролю), и оно последовательно снижается на 10 и 30 сут. после указанного воздействия, тем не менее оставаясь выше контрольного уровня.

Таким образом, магнитное излучение с частотой 39,5 ГГц обладает выраженной эффективностью на состояние крови и органов репродуктивной системы крыс-самцов. В начальном периоде (2 часа после многократного магнитного воздействия) оно проявляется в стимуляции лейкоцитарной системы крови крыс-самцов, обусловленной выраженной нейтрофилией, и ее угнетением в последующие сроки эксперимента. Воздействие электромагнитных волн на животных сопровождается в последующие сроки увеличением концентрации МДА, фазными изменениями в активности СДГ в ткани семенников, ускорением созревания зрелых половых клеток, что проявляется в повышении их числа в эпидидимисе, и снижением относительной массы семенников к концу месяца. Используемые морфофункциональные показатели крови и репродуктивной системы крыс-самцов могут служить объективным критерием для оценки биологического действия ЭМП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макеев В.Б., Темурьянц Н.А. // Проб. космич. биол. М. 1982. Т. 43. С. 116-128; 128-139.
2. Удинцев Н.А., Хлынин С.М. Влияние магнитных полей на семенники. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1980. 297 с.
3. Дышловой В.Д., Пилявская С.М., Козярин И.П., Швайко И.И. // Врачебное дело. 1987. №1. С. 115-117.
4. Григорьев Ю.Г. // Радиационная биология. Радиационная экология. 1997. Т. 37. Вып. 4. С. 690-702.
5. Кокорева Л.В., Чувпило Т.А., Пустынникова А.М. // Космич. биол. и авиакосмич. мед. 1990. Т. 24. № 1. С. 28-30.
6. Лабораторные методы в клинике: Справочник / Под ред В.В. Меньшикова. М.: Медицина, 1982. С. 125, 197.
7. Конопля Е.Ф., Верещако Г.Г., Ходосовская А.М. и др. // Радиационная биология. Радиационная экология. 2002. Т. 42. № 2. С. 136-140.
8. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Современные методы в биохимии / Под ред. В.А. Ореховича. М.: Медицина, 1977. С. 66-68.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА РОССИИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ (КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ) РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИАЦИОННОЙ ДОЗИМЕТРИИ

Виллевальде Н.Д., Оборин А.В., Харитонов И.А.

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

SOME ASPECTS OF APPLICATION THE STATE PRIMARY STANDARD EXPOSURE (AIR KERMA) OF X-RAY AND GAMMA RADIATION OF RUSSIA IN MEDICAL RADIATION DOSIMETRY. The participation X-ray and gamma radiation air kerma national standard in the key comparisons and activity in the medical radiation dosimetry are presented.

Основой обеспечения единства измерений физических величин являются национальные эталоны, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения единиц физических величин и передачи их размеров нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. В области дозиметрии в России функционируют государственные первичные эталоны единиц:

- экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы (кермы и мощности кермы в воздухе) рентгеновского и гамма-излучений ГЭТ 8-82 (ВНИИМ) [1];

- поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в тканеэквивалентном веществе бета-излучения ГЭТ 9-82 (ВНИИМ);

- поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения (ВНИИФТРИ).

Достоверность воспроизведения физической величины национальным эталоном подтверждается международными сличениями. В соответствии с Соглашением (MRA), заключенным директорами 38 национальных метрологических институтов в феврале 1998 г., и поддержанным Международным Бюро по Мерам и Весам (BIPM), предложен новый вид международных сличений – ключевые сличения [2]. По результатам ключевых сличений устанавливается эквивалентность национальных эталонов, являющаяся основой взаимного признания измерительных сертификатов национальных метрологических институтов, относящихся к их измерительным возможностям. Измерительные возможности институтов представляются базой данных, направляемых в CIPM, при этом признание калибровочных услуг в международном плане обязательно должно подтверждаться ключевыми сличениями.

В области дозиметрических измерений проводятся в настоящий момент 6 типов сличений, отнесенных к разряду ключевых:

- по керме в воздухе на гамма-излучении Co-60 (K1);

- по керме в воздухе на рентгеновском излучении при напряжении генерирования 10-50 кВ (K2);

- по керме в воздухе на рентгеновском излучении при напряжении генерирования 100-250 кВ (K3);

- по поглощенной дозе в воде на гамма-излучении Co-60 (терапевтический уровень) (K4);

- по керме в воздухе на гамма-излучении Cs-137 (K5);

- по поглощенной дозе в воде на высокоэнергетическом фотонном излучении (K6).

Ключевые сличения организуются: Консультативным комитетом по ионизирующим излучениям (CCRI), BIPM или региональными метрологическими организациями (например, SIM, APMP).

ВНИИМ им. Д.И.Менделеева в 1997 – 2000 гг. принимал участие в следующих ключевых сличениях: BIPM.R1(I)-K1, BIPM.R1(I)-K2, BIPM.R1(I)-K3, BIPM.R1(I)-K5.

Результаты ключевых сличений ГЭТ 8-82 в принятой для этих сличений форме отклонений от эталона BIPM представлены в таблице 1.

Границы расширенной неопределенности результатов сличений, U_i , оцененные при проведении сличений, составляют для ГЭТ 8-82:

- 0,56 % для гамма-излучения Co-60;

- 0,62 % для гамма-излучения Cs-137;

- 0,50 % для рентгеновского излучения при напряжениях генерирования 10 – 50 кВ;

- 0,53 % для рентгеновского излучения при напряжениях генерирования 100 – 250 кВ.

Таблица 1

Режим сличения	Гамма-излучение		Рентгеновское излучение при напряжении генерирования							
	Co-60	Cs-137	10	25	50a	50b*	100	135	180	250
Отклонение от эталона BIPM, %	+0,20	-0,39	-0,38	-0,37	-0,25	-0,10	-0,10	-0,02	+0,14	-0,18

*Примечание. Режим с более жесткой фильтрацией.

Из таблицы 1 видно, что отклонения от эталона BIPM не превышают границ расширенной неопределенности результатов сличений, U_i . Результаты ключевых сличений опубликованы на сайте www.bipm.fr и в работах [3- 5].

От государственного первичного эталона ГЭТ 8-82 размер единиц передается вторичным эталонам,

разрядным рабочим эталонам и рабочим средствам измерений путем проведения сличений, калибровок и проверок в соответствии с ГОСТ 8.034-82. Вторичные эталоны имеются в территориальных органах Госстандарта, фирмах-производителях дозиметрических средств измерений, учреждениях министерства обороны и министерства здравоохранения. Вторичный эталон единиц экспозиционной дозы и мощности вторичных эталонов оценивается в 1,8 – 2 %, рабочих эталонов 1-го разряда – в 2,5 – 4 %, рабочих эталонов 2-го разряда – в 4 – 7 %.

В соответствии с международной практикой, вторичные эталоны в области дозиметрии сосредоточены, как правило, в дозиметрических лабораториях вторичных эталонов (SSDL), созданных при участии Международного агентства по атомной энергии (IAEA) и Всемирной организации здравоохранения (WHO). Вторичные эталоны, используемые в SSDL, получают размеры единиц или от национальных первичных эталонов или, при отсутствии в стране таких эталонов, от эталонов IAEA. В России на сегодняшний день имеется только одна SSDL, находящаяся во ВНИИМ, которая получает размер единицы от ГЭТ 8-82 [6].

Области применения эталона ГЭТ 8-82 в медицине:

- радиационная терапия с использованием рентгеновского излучения;
- брахитерапия при использовании источников гамма-излучения из Cs-137 и Ir-192;
- радиационная диагностика, в том числе рентгенография, флюорография, компьютерная томография и маммография (при контроле мощностей доз в прямых пучках излучения, за фантомом и перед фантомом);
- радиационная защита;
- контроль индивидуальных доз персонала и пациентов.

В соответствии с международными рекомендациями погрешность отпуска дозы пациенту должна стремиться к пределу $\pm 5\%$ с учетом планирования лечения и погрешности калибровки источника излучения, при этом должен проводиться контроль отпущенной дозы для каждого пациента. Приемлемой погрешностью калибровки источников излучения в медицине считается предел $\pm 3\%$ [7]. По нашему мнению, область востребованных точностей должна распространяться и на диагностическую радиологию, в том числе рентгенодиагностику, компьютерную томографию, маммографию.

Проблемам метрологического обеспечения дозиметрических измерений в медицине был посвящен международный симпозиум «Эталонные и коды практики в медицинской радиационной дозиметрии», организованный Международным агентством по атомной энергии в кооперации с Американской ассоциацией физиков в медицине, Европейской федерацией организации медицинских физиков, Международной комиссией по радиационным единицам и измерениям, Международным обществом радиационной онкологии, Всемирной организацией здравоохранения, состоявшийся 25-28 ноября 2002 г. в г. Вена. Доклады, представленные авторами из стран пяти континентов, были объединены по основным направлениям:

- эталоны поглощенной дозы и калориметрия;
- эталоны кермы в воздухе и поглощенной дозы в воде для фотонного излучения;
- дозиметрические протоколы и сличения;
- диагностическая радиология;
- дозиметрия в ядерной медицине;
- брахитерапия;
- дозиметрический аудит в радиотерапии;
- дозиметрия протонных и ионных пучков;
- прогресс в дозиметрии, применяемой в клинической радиотерапии.

На симпозиуме отмечалось, что в настоящее время во всех странах большинство дозиметрических измерений в медицинской практике проводится в единицах кермы в воздухе. Это объясняется наличием у потребителей широкого круга клинических дозиметров со стандартными ионизационными камерами, калиброванными по керме в воздухе, переход от которых к поглощенной дозе в воде (ткани) осуществляется с использованием коэффициентов, приведенных в международных кодах практики [8]. При этом погрешности измерения поглощенной дозы в воде, получаемые при использовании этого метода часто соизмеримы с погрешностями, получаемыми при передаче размеров единиц поглощенной дозы в воде от эталонов поглощенной дозы в воде или эталонов поглощенной дозы в графите.

Рекомендации симпозиума, адресованные в заключение научной общественности, правительствам и промышленности развивающихся стран, касались всех направлений медицинской радиационной дозиметрии [9]. Участники симпозиума отметили необходимость:

- дальнейшего создания новых дозиметрических лабораторий вторичных эталонов (SSDL), проведения сличений среди SSDL и декларирования их измерительных возможностей через метрологические региональные организации;
- внедрения и адаптации Международного кода практики TRS-398 в терапевтическую национальную практику;
- организации учебы персонала, занятого в радиотерапии, в кооперации с международными организациями;
- гармонизации на международном уровне величин, используемых для радиологической диагностики,

в том числе компьютерной томографии, и разработки новых кодов практики для дозиметрии с использованием этих гармонизированных величин;

- организации калибровочной дозиметрической службы в диагностической радиологии в рамках SSDL.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений. ГОСТ 8.034-82, Издательство стандартов, Москва.

2. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. Paris, 14 October, 1999, www.bipm.fr/pdf/mra.pdf.

3. P.J.Allisy-Roberts, M.Boutillon, N.D.Villevaude, A.V.Oborin And E.N. Yurjatin «Comparison of the standards of air kerma of the VNIIM and the BIPM for ^{137}Cs and ^{60}Co γ rays», Rapport BIPM-98/3.

4. D.T.Burns, N.D.Villevaude, A.V.Oborin And E.N.Yurjatin «Comparison Of The Standards Of Air Kerma Of The Vniim And The Bipm In The Low-Energy X-ray», Rapport BIPM-02/2.

5. D.T.Burns, N.D.Villevaude, A.V.Oborin And E.N.Yurjatin «Comparison of the standards of air kerma of the VNIIM and the BIPM in the medium-energy X-ray», Rapport BIPM-01/07.

6. I.A. Kharitonov, N.D. Villevaude, A.V. Oborin, V.I. Fominyhk «Air Kerma National Standard of Russian for X-ray and Gamma Radiation. Activity SSDL-VNIIM in Medical Radiation Dosimetry Field» Book of extended synopses International Symposium on Standards and Codes of Practice in Medical Radiation Dosimetry IAEA-CN-96 Vienna, Austria, 25-28 November 2002, pp. 33-34.

7. Code of Practice for Brachytherapy Physics, Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No 56, Medical Physics 1997, V.24, № 10, pp. 1557-1599.

8. IAEA Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water, Technical Reports Series No. 398, IAEA (2000)

9. IAEA Dosimetry Symposium Recommendations, CCRI(I)/03-09, pp. 1-12.

К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ В РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И МОЛОКО ОТ ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Висенберг Ю.В., Власова Н.Г.

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Республика Беларусь

Dependence of transfer factor soil-milk on density of soil contamination. The inverse statistical relation of radionuclides transfer factor from soil to milk on density of contamination has been defined. In territories with high density of contamination it is noneffective to conduct countermeasures, directed to decrease specific activity of milk because of low values of transfer factor of radionuclides from soil into milk in these territories. For conservative evaluation of average internal dose by radiation quality of foodstuff, milk in particular, it is necessary to use not an average transfer factor soil-milk, but to calculate it by the appropriate regression equation.

В восстановительном периоде аварии основным резервом снижения облучения является доза внутреннего облучения. Действенным инструментом снижения дозы внутреннего облучения являются противорадиационные мероприятия, направленные на снижение уровня загрязнения продуктов питания, в частности молока. Осуществление радиационного контроля содержания радионуклидов цезия в молоке из личных подсобных хозяйств (ЛПХ) в надлежащем объеме не представляется возможным в связи с трудоемкостью и значительной стоимостью. Поэтому целесообразно оценивать радиационное качество молока по полученным эмпирическим коэффициентам пропорциональности – перехода радионуклидов цезия из почвы в растительность, затем в молоко.

Под коэффициентом пропорциональности (TF) будем понимать отношение удельной активности молока к средней плотности загрязнения (σ) сельхозугодий в населенном пункте (НП). Как показывает опыт, коэффициенты пропорциональности существенно варьируют даже в рамках одного района.

Цель работы: выявить статистическую зависимость коэффициента пропорциональности от плотности загрязнения.

Материалами исследования явились базы данных по результатам спектрометрических измерений удельной активности проб молока, собранных в НП Ветковского, Наровлянского, Чечерского, Хойникского, Лельчицкого, Житковичского районов Гомельской области, расположенных на территориях как с низкими, так и с высокими значениями плотности загрязнения, выполненных в рамках НИР: Каталог доз – 1992, Каталог доз – 1998/1999, в Гомельском филиале НИКИ радиационной медицины и эндокринологии, в РНИУП «Институт радиологии», в Гомельском ОЦГиЭ.

Были получены зависимости нормированных значений TF на σ от σ , за 1992 и 1998 гг., представленные на рис. 1 и 2. В таблице представлены характеристики зависимости и параметры

уравнений регрессии за 1992, 1998 гг.

Как видно из рис.1 и 2 и данных табл., корреляционная зависимость нормированного TF от σ имеет ярко выраженный экспоненциальный характер. С увеличением плотности загрязнения до ~ 100 КБк/м² TF резко падает, далее, с ростом плотности загрязнения он практически не изменяется.

С одной стороны, это можно объяснить реализованными контрмерами, направленными на снижение активности молока в загрязненных районах [2]. С другой – как было замечено еще с 1987г и далее [1,3], TF почва-молоко на низких плотностях загрязнения значительно больше, чем на высоких.

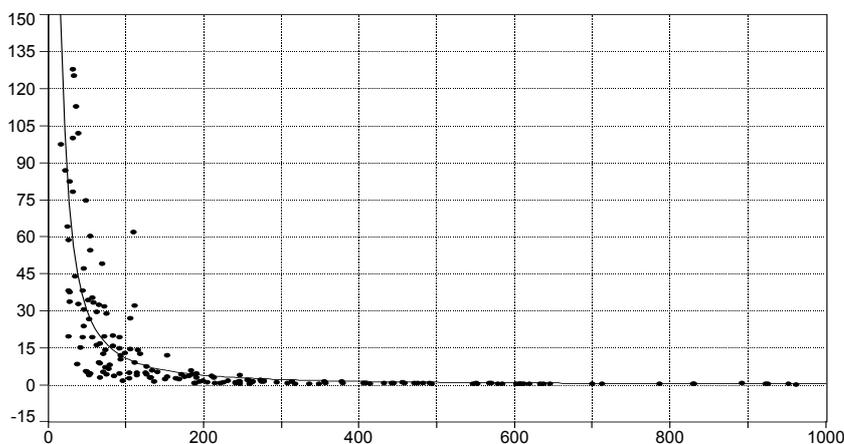
Каковы же причины этого явления? Очевидно, существенную роль играют экологические условия: географические, почвенные, и особенности выпадений. Формы нахождения радионуклидов на разных типах почв различны. Поступление радионуклидов из почвы в растения, а затем и в молоко, зависит от форм нахождения последних в почве. В супесчаной и среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах находится в обменной форме более 20% радионуклида, а в почвах других типов в 1,5 – 3 раза меньше. В песчаных (бедных) почвах, которые преобладают в Лельчицком районе, большая подвижность радионуклида цезия объясняется тем, что он является химическим аналогом биогенно важного элемента К, что и объясняет высокие значения коэффициента пропорциональности [4].

Таблица 1

Характеристика зависимости коэффициента пропорциональности от плотности загрязнения сельхозугодий

Год	Характер зависимости	Вид уравнения	Коэфф. корреляции	Параметры уравнения		
				a	b	c
1992	Экспоненциальная	$y = a + b * \exp(-\frac{x}{c})$	-0,75	3,56	342,18	19,26
1998	Экспоненциальная	$y = a + b * \exp(-\frac{x}{c})$	-0,84	0,68	187,74	19,63

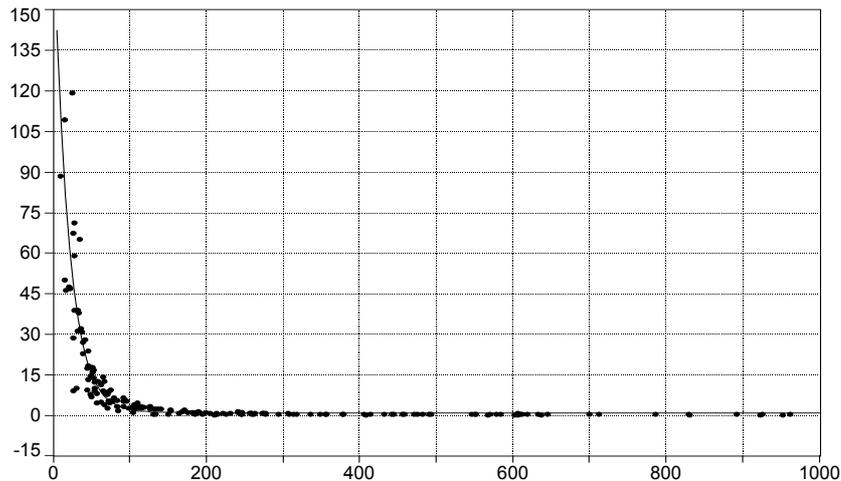
$(TF/\sigma) * 10^3, \text{ м}^2/\text{л}/\text{КБк}/\text{м}^2$



$\sigma, \text{ КБк}/\text{м}^2$

Рис.1. Зависимость нормированного на плотности загрязнения TF почва-молоко от плотности загрязнения территории районов Гомельской области за 1992 г

$(TF/\sigma) \cdot 10^3, \text{ м}^2/\text{л/КБк/м}^2$



$\sigma, \text{ КБк/м}^2$

Рис.2 Зависимость нормированного на плотности загрязнения TF почва-молоко от плотности загрязнения территории районов Гомельской области за 1998 г.

Опыт крупных радиационных аварий показал, что территории с высокой плотностью загрязнения отличаются крупнодисперсностью выпадений. Естественно, этим рассеянными частицам переход в растения затруднен.

ВЫВОДЫ

Установлена обратная корреляционная зависимость коэффициента пропорциональности от плотности загрязнения, она носит экспоненциальный характер.

Очевидно, неэффективно проводить противорадиационные мероприятия, направленные на снижение активности молока, на территориях с высокой плотностью загрязнения, так как коэффициент пропорциональности на них и так имеет низкие значения.

Для консервативной оценки доз внутреннего облучения по радиационному качеству продуктов питания, в частности молока, следует использовать не усредненный коэффициент пропорциональности, а рассчитывать его по уравнению регрессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лес и Чернобыль / Под ред. чл.-кор. Академии наук Беларусь В.А. Ипатьева. – Минск, 1994. –35с.
2. Разработка и обоснование проведения мероприятий по повышению защищенности населения Беларусь от радиационного воздействия в восстановительном периоде Чернобыльской аварии. Отчет о НИР, Гомельский филиал НИИ РМиЭ. – Гомель, 1996 г.
3. Отчет о НИР БелНИСГИ. Научный руководитель А.М. Скрябин. – Минск, 1987.
4. Сельскохозяйственная радиоэкология /Под. ред. акад. ВАСХНИЛ Р.М. Алексахина.–Москва, 1991 –С.40.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА СВЯТСКОЕ

Власов* Б.В., Зенченко С.А., Ткаченко И.В., Федоренчик Е.В.

*Белорусский государственный университет;
Международный государственный экологический
университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

RADIOECOLOGICAL MONITORING OF THE LAKE SVYATSKOE SEDIMENTS. The contamination of the different radioisotopes at lake sediments has been investigated. It has been shown that radioisotopes distribution along a lake bottom is inhomogeneous and depends from different conditions such as stratification, depth and so on.

Радиоэкология озер, расположенных на загрязненных территориях, заслуживает особо пристального внимания. Для некоторых из них характерны высокие концентрации Cs-137 и чрезвычайно высокие запасы

радионуклидов в донных осадках. Вместе с болотными экосистемами озера являются долговременными источниками вторичного радионуклидного загрязнения природных объектов.

В озерах радионуклиды преимущественно сосредоточены в донных отложениях и биоте. Накопление радионуклидов в водной растительности с ежегодным ее отмиранием при отсутствии стока приводит к увеличению их аккумуляции в донных отложениях. Это обуславливает сохранение достаточно высокого уровня содержания радионуклидов в компонентах водных систем замкнутого типа. Для озерных водных систем, расположенных в загрязненной зоне и выведенных из антропогенного процесса, проявляется тенденция к их зарастанию за счет неуправляемого роста биоты различных экологических групп, что способствует в определенной мере процессу очищения воды от Cs-137 и Sr-90 при одновременном возрастании радиоактивности донных отложений.

Процесс радионуклидного загрязнения непроточных водоемов происходил за счет аэрозольного выпадения на водную поверхность и смыва с площадей водосбора. Из-за ограниченного водообмена системы озерного типа к настоящему времени по уровню загрязнения пришли практически в равновесное состояние при выраженных сезонных колебаниях концентраций радионуклидов в воде и в растительных и животных организмах.

Поступающие и поступившие в водоем радионуклиды постепенно загрязняют дно, что является результатом нескольких процессов: радиоактивные вещества сорбируются поверхностью дна, диффундируют в толщу грунтов, слагающих дно; из воды взвешенные частицы, несущие сорбированные радионуклиды, осаждаются на дно. На дне осаждаются также остатки отмерших гидробионтов растительного и животного происхождения, содержащие в тканях радионуклиды. Поэтому изучение озерной седиментации в условиях радиоактивного загрязнения позволяет проследить закономерности миграции и концентрации радионуклидов с учетом разных обстановок на водосборах и в неодинаковых по строению озерных котловинах.

Нами были продолжены исследования на озере Святском, расположенном на юго-востоке Беларуси (Гомельская область). Озеро имеет резко выраженную стратификацию водной массы, может быть отнесено к слабоэвтрофным.

Анализ информации показывает, что отложения относительно глубоководных стратифицированных озер больше загрязнены в мелководной прибрежной зоне. В направлении от берега к максимальным глубинам котловины отмечается постепенное снижение концентраций радиоизотопов в современном слое осадков. Низкой общей активностью илов отличаются прибрежные осадки глубоководных озер у заболоченных берегов, как это наблюдается на северо-западе водосбора оз. Святское.

В относительно глубоководных и стратифицированных озерах зона ветрового взмучивания наблюдается лишь в узкой литорали. Переносу радиоактивных взвесей в пелагическую часть водоема и их осаждению в пелагиальных осадках препятствует термическое расслоение водной массы. Малое количество ОВ, по-видимому, снижает миграционный поток радиоизотопов в составе органо-минеральных комплексов к центру водоема. Кроме того, в осадки глубоководной зоны радиоизотопы попадают в основном за счет седиментации, тогда как на мелководных литоральных участках действует механизм непосредственной сорбции донными отложениями изотопов из водной массы. В глубоководных частях котловины в анаэробных условиях может быть более выражена их десорбция.

Основной общей радиоактивности осадков является концентрация Cs-137.

K-40 характеризует естественную радиоактивность поверхностных осадков. В оз. Святское он концентрируется в основном в литорали. В отличие от радиоцезия, распределение K-40 представляет более пеструю картину. Максимальные его содержания отмечаются в областях сноса с приозерных частей водосборов. В сапропелях на участке контакта залежи с прибрежными болотами его содержание минимально.

Радиоактивность в разрезе осадочной толщи оз. Святское отражает генетические особенности котловины озера, хемотратификацию основных компонентов, влияние аварийного радиоактивного загрязнения. Анализ литературных и полученных данных показывает, что максимальное загрязнение радиоизотопами «аварийной» природы фиксируется в верхнем 3 см слое осадков. В слое мощностью в 6 см накапливается 60% общей радиоактивности всего верхнего слоя. Вниз по разрезу общая активность снижается, доля Cs-137 уменьшается до 40%. Одновременно концентрация K-40 возрастает с 12 до 50%.

Механизм перераспределения радиоизотопов связан с явлениями механической седиментации илистых частиц и гидродинамическими условиями перемешивания воды и осадков, а также со свойствами изотопов: их способностью связываться органическим веществом и сорбироваться им, создавать повышенные аккумуляции на геохимических барьерах.

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ МУТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ХВОЙНЫХ ЮГА БЕЛАРУСИ

Гончаренко Г. Г., Сурков А. А.

Учреждение образования «Гомельский государственный университет
им. Ф. Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

CHANGE THE RATE OF MUTATIONS IN THE NATURAL POPULATIONS OF CONIFEROUS IN THE CONTAMINATED REGIONS OF THE SOUTH OF BELARUS. Methods for detecting mutations on haploid endosperms of Norway spruce and Scotch pine growing in the area polluted after Chernobyl Nuclear Accident are developed on the basis of electrophoretic analysis of 23-26 structural genes. Examples of mutations both changing the enzyme mobility and resulting in the loss of gene product activity (zero-variant) are given. By using developed methods the rate of mutations in different regions of contaminated after Chernobyl Nuclear Accident was established.

Вопрос изучения мутационных последствий загрязнения радионуклидами обширных территорий Беларуси и сопредельных областей, а также выявление характера радионуклидных воздействий продолжает оставаться актуальным, поскольку радиоактивные вещества не только наносят вред непосредственно организму, но и их влияние негативно отражается на наследственном материале вызывая у потомства широкий спектр мутаций (Дубинин, 1964, 1966).

Для получения объективной информации о мутационных процессах необходимо наличие соответствующих тест-систем и методов, позволяющих оценить степень поражения генетического материала. За период, прошедший после аварии, к изучению генетических последствий выпадения радионуклидных выбросов приступил ряд как отечественных, так и зарубежных генетических лабораторий. Ведется изучение частот и спектра хромосомных аномалий в районах с различным уровнем загрязнения. Имеется информация о фенотипических вариациях, возникающих у растений и животных как в 30-километровой зоне, так и за ее пределами. Однако точно не установлено, являются ли эти изменения следствиями мутаций и отсутствовали ли они до аварии. Поэтому, особенно важно оценить скорость мутаций на генном уровне, поскольку именно генные мутации в генеративном материале передаются потомкам и являются главным фактором поражающим последующие поколения. Точное число мутаций, происходящих в генах, можно подсчитать только на основе прямого анализа первичных структур ДНК самих генов или их внутриклеточных продуктов (таких как РНК и белки). Современные методы молекулярной генетики и генной инженерии, позволяющие проводить "секвенирование" ДНК, являются довольно трудоемкими и дорогостоящими, требующими специального валютного оборудования и реактивов. Одним из наиболее оптимальных и довольно точных методов выявления мутаций в генах остается метод электрофоретического анализа изоферментов (Mukai, Cockerham, 1977; Voelker et al., 1979; Tsuno, 1981), который позволяет выявить более 40% точковых мутаций, связанных с заменой в изоферментах одной аминокислоты на другую, определяет все мутации, приводящие к нарушению функций изоферментов, а также вскрывает мелкие и крупные делеции, внутригенные инверсии.

Учитывая, точность вышеуказанного метода и основополагающую роль ферментных систем в осуществлении процессов метаболизма в организме, для анализа генетических последствий радиоактивного поражения наследственного материала были выбраны в качестве маркеров гены, кодирующие ферменты, участвующие в различных биохимических циклах, таких, как гликолиз, цикл Кребса, синтез витаминов, гексозомонофосфатный шунт и т.д.

Удобным объектом для анализа частоты возникновения мутаций являются хвойные породы, чувствительность которых к ионизирующему излучению близка к таковой у человека и млекопитающих (Кривоуцкий и др., 1988). Наличие в каждом семечке гаплоидного эндосперма и диплоидного зародыша, дает возможность исследовать мутагенез на гаметическом уровне, что затруднительно для других видов высших организмов, в силу особенностей их биологии (Алтухов и др., 1983). Совокупность вышеупомянутых свойств делает хвойные поистине уникальной моделью для изучения мутационных процессов идущих на загрязненных территориях, вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

Проведенное изучение характера наследования показало, что 13 ферментных систем сосны обыкновенной *P. sylvestris* (AAT, ADH, GPI, DIA, LAP, FL-EST, 6-PGD, GDH, MDH, PGM, ACPK IDH, AGO) находится под контролем 23 генов, а 16 ферментных систем ели европейской *P. abies* (AAT, ADH, GPI, DIA, LAP, FL-EST, 6-PGD, GDH, MDH, PGM, IDH, G-6-PD, HK, ME, SKDH, SDH) кодируется 26 генами (Гончаренко и др., 1989; Goncharenko et al., 1994, 1995).

На первом этапе исследования нами была разработана тест-система для определения темпов мутаций, на которую получено авторское свидетельство: № 1784139 "Способ определения уровня мутаций при радионуклидном загрязнении". Используя эту тест-систему для анализа некоторых загрязненных районов Беларуси, впервые был обнаружен ряд мутаций, приводящий как к изменению продуктов структурных генов, так и к полному их разрушению (нуль-мутации).

На втором этапе была проведена локализация 23 изоферментных локусов в группах сцепления сосны обыкновенной и 26 локусов в группах сцепления ели европейской (Гончаренко и др., 1996, Goncharenko et

al., 1998). Установлено, что исследованные гены, в целом, случайным образом распределены по всем хромосомам как *Picea sylvestris* так и *Picea abies*. Следовательно, вышеперечисленные гены представляют собой репрезентативную выборку структурной части генома хвойных видов.

На третьем этапе был осуществлен тотальный анализ гаплоидных эндоспермов из семенного материала сосен и елей, произрастающих на загрязненных радионуклидами и чистых территориях. На основании 306043 локус-тестов, были выявлены следующие частоты мутаций: незагрязненные районы $0,5 \times 10^{-5}$, Ветковский район $0,5 \times 10^{-4}$, Полесский радиационно-экологический заповедник $0,3 \times 10^{-3}$. Мутации были обнаружены в генах, кодирующих такие ферментные системы, как алкогольдегидрогеназа, диафороза, глюкозофосфатизомераза, изоцитратдегидрогеназа, малатдегидрогеназа, малик-энзим и фосфоглюкомутаза (Гончаренко и др., 1994).

В целом, в результате проведенных исследований установлено, что при воздействии на генетический материал, радиация, как мутагенный фактор, не обладает избирательным действием. Поражаются гены, кодирующие ферменты из разных метаболических путей, причем мутации распределены по всему геному, а не его специфическим участкам.

Таким образом, молекулярно-генетические маркеры не только позволяют решать задачи, которые не могут быть изучены на фенотипическом уровне, но и по глубине и точности результатов не имеют себе аналогов.

Исследования выполнялись в рамках программ по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС и ГПОФИ «Радиация и антропоэкология».

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтухов Ю.П., Духарев В.А., Животовский Л.А. Отбор против редких электрофоретических вариантов белка и темпы спонтанного мутационного процесса в популяциях// Генетика. - 1983. - т.19. - N 2. - С. 264-276.
2. Дубинин Н.П. Эволюция популяции и радиация. - М.: Энергоатом издат, 1966.- 743с.
3. Дубинин Н.П. Некоторые проблемы современной генетики. - М.: Наука, 1994.- 224с.
4. Гончаренко Г. Г., Падутов В. Е., Потенко В. В. Руководство по исследованию хвойных видов методом электрофоретического анализа изоферментов. Гомель: Гос. ком. СССР по лесу, 1989.- 164 с.
5. Гончаренко Г. Г., Падутов А. Е., Хотылева Л. В. Построение генетических карт для четырех видов сосен формирующих леса Восточной Европы// Докл. АНБ. 1996. № 5.- С. 78-83.
6. Гончаренко Г. Г., Силин А. Е., Падутов В. Е., Хотылева Л. В. Генетические последствия аварии и Чернобыльской АЭС// Лес и Чернобыль. Минск. 1994.- С. 89-11.
7. Криволицкий Д.А., Тихомиров Ф.А, Федоров А.Д, Покаржевский А.Д, Таскаев А.И. Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз. М. – 1988.
8. Goncharenko G. G., Padutov A. E., Khotyljova L.V. Genetic mapping of allozyme loci in pines Eastern Europe// Forest Genetics. 1998. V. 4.- N. 2.
9. Goncharenko G. G., Silin A. E., Padutov V. E. Allozyme variation in natural population of Eurasian pines. 111. Population structure, diversity, differentiation and gene flow in central and isolated populations of *Pinus sylvestris* L. in Eastern Europe and Siberia// Silvae Genet. 1994. V. 43.- P. 119-132.
10. Goncharenko G. G., Zadeika I. V., Birgelis. J. J. Genetic structure, diversity and differentiation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in natural populations of Latvia// For. Ecol. Manage. 1995. V. 72.- P. 31-38.
11. Mukai T., Cockerham C.C. Spontaneous mutation rates of isozyme genes in *Drosophila melanogaster* // PNAS. – 1977. – V. 74. – №6. – P. 2514-2517.
12. Tsuno K. Studies on mutation at esterase loci in *Drosophila virilis*. I. Spontaneous mutation rates and newly arisen variant.- Jpn. J. Genet., 1981., vol. 56, P. 155-174.
13. Voelker R.A., Ohnishi S. & Langley C.H. Genetic and cytogenetic studies of the malate dehydrogenases of *Drosophila melanogaster*.- Biochem. Genet., 1979, vol. 17, P. 947-956.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВА ПРИ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЯХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Горбачева Н.В., Шароваров Г.А.

Объединенный Институт энергетических и ядерных исследований НАН РБ
Минск, Республика Беларусь

SIMULARION OF THE RADIATION CHARACTERISTICS OF THE FUEL UNDER SEVERE NUCLEAR REACTOR ACCIDENTS. Nuclear transmutation mathematical model for solution of actual radiation problems of nuclear facilities under sever accident condition is proposed and computer code DECA for calculation of fission products radiation characteristics is developed. The thopology of transmutation network of 58 actinide and 650 fission products is described by the bond graph. The calculation of the dynamics of the isotope composition and radiation characteristics of the fuel during the 4-th unit of the Chernobyl NPP accident are presented.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование доз облучения и выработка контрмер в результате аварийного выброса ядерного реактора основаны, с одной стороны, на измерении активности в окружающей среде, с другой - на теоретическом определении величины и изотопного состава выброса. Однако одних только измерений активности бывает недостаточно, для обеспечения безопасности в атомной энергетике в настоящее время решающее значение приобретает развитие информационных технологий, предназначенных для оперативного прогноза последствий и поддержки принятия решения при авариях (к таким разработкам, к примеру, относится Европейский программный комплекс RODOS) [1]. Вследствие недостаточной представительности данных по изотопному составу выпадений на ранней стадии аварии, важным фактором защиты и реабилитации населения, проживающего на загрязненных территориях, является ретроспективное восстановление доз с учетом реального соотношения между короткоживущими и долгоживущими радионуклидами в радиоактивном облаке. Первичными данными для определения величины и изотопного состава выброса при аварии являются теоретические данные по наработке радионуклидов в топливе аварийного ядерного реактора. Однако существующие методы расчета накопления радионуклидов, изначально предназначенные для нормальных режимов работы, имеют ряд недостатков (например, не учитывают влияние аварийных процессов на изменение изотопного состава топлива). Таким образом, разработка математической модели поведения радиационных характеристик ядерного топлива для решения современных аварийных проблем безопасности является актуальной задачей.

ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Учитывая многоизотопный состав, сложную динамику его изменения в топливе аварийного ядерного реактора, в данной работе представлена математическая модель изменения изотопного состава при нестационарном нейтронном облучении ядерного топлива, соответствующего аварийным процессам при неконтролируемом вводе положительной реактивности. В качестве методологической основы настоящей разработки использован метод системного анализа. Процесс образования радионуклидов в ядерном топливе при нейтронном облучении представлен как сложная, иерархически организованная система, в которой взаимосвязанно протекают процессы деления первичного уранового топлива (^{235}U), образование новых ядер актиноидов и деление вторичного топлива (^{239}Pu и ^{241}Pu), наработка и радиоактивные превращения продуктов деления в разветвленных радиоактивных цепочках, а соответствующее изменение плотности потока нейтронов происходит в результате испускания мгновенных и запаздывающих нейтронов. Топология сложной системы описывается графом связей $G(V,E)$, где $V = p+q=650+58=708$ – число накапливающихся продуктов деления и актиноидов [2,3]. Уравнения баланса для концентраций радионуклидов записаны как система потоков на графе, что позволяет учесть всех прямых и опосредованных предшественников по каждому из семисот радионуклидов:

$$\frac{d\tilde{N}_i(t)}{dt} = - \sum_{j=1}^{m} \tilde{a}_{ji}(t) \tilde{N}_j(t) + \sum_{k=1}^{n} \tilde{a}_{ik}(t) \tilde{N}_k(t); \quad i,j=1,\dots, 708 \quad (1)$$

Скорости нейтронных реакций $\tilde{a}_{ji}(t)$, усреднены по объему V и энергетическому распределению нейтронов в реакторе $\phi(r,\Omega,E,t)$:

$$\tilde{a}_{ji}(t) = \int dV \int \sigma_i(E) \phi(r,\Omega,E,t) dE = \bar{\sigma}_i \Phi(t) \quad (2)$$

Изменение плотности потока нейтронов $\Phi(t)$ при нормальном режиме связано с мощностью реактора и количеством делящихся ядер урана и плутония. При неконтролируемом вводе положительной реактивности (при аварии) и на стадии снижения мощности вследствие действия обратных связей по температуре, изменение $\Phi(t)$ описывается экспоненциальными законами, что соответствует модели «большой нейтронной вспышки», а затем как функция неравновесной концентрации предшественников запаздывающих нейтронов, вызванная аварийной вспышкой мощности [4].

С помощью современных вычислительных технологий и алгоритмов численного анализа сложных систем разработанная модель реализована в виде эффективной компьютерной программы DECA для оперативного расчета полного изотопного состава и активности топлива при нормальном режиме работы реактора и динамики изменения радиационных характеристик топлива при тяжелых авариях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью разработанной математической модели по компьютерной программе DECA выполнены исследования радиационных характеристик топлива 4-го блока ЧАЭС при аварии [2,3]. Получены данные по динамике изменения активности топлива в зависимости от мощности реактора при нормальном, переходном и аварийном режимах. Известно, что в последние сутки перед аварией мощность реактора снижалась от номинального значения (3140 МВт) до 200 МВт. Показано, что суммарная активность топлива при пониженной мощности снизилась от 14 Млрд Ки до 5 Млрд Ки. В результате аварийного разгона реактора на мгновенных нейтронах мощность реактора достигла величины 550 000 МВт (как показало моделирование по программе RELAP), а суммарная активность топлива возросла до 95 Млрд Ки. При этом активность легколетучих изотопов ксенона, криптона, йода и цезия с периодами полураспада от

нескольких минут возросла почти в два раза и достигла величины 1,65 Млрд Ки. Установлено также, что дополнительное образование осколков деления в процессе аварийной вспышки мощности оказало влияние на темпы снижения активности топлива после аварии. Влияние аварийного процесса на радиоактивность топлива было существенно в течение 5-8 часов после аварии, а через сутки отличие от активности топлива при нормальном режиме стало менее 1%. Исследование изменения активности изотопов йода $^{130-135}\text{I}$ в первый месяц после аварии, показало, что эффект, произведенный вспышкой мощности был заметен в течение 5 суток. Через 10 суток активность изотопов йода снизилась до 50 Млн Ки по сравнению с 650 Млн Ки при аварии.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель и компьютерная программа DECA численного исследования радиационных характеристик облученного ядерного топлива при нормальных и аварийных режимах работы ядерных установок, отличающаяся тем, что во-первых моделируемый состав содержит необходимый для анализа радиационной обстановки на ранней стадии аварии широкий спектр короткоживущих (с периодами полураспада от доли секунды до сотен и тысяч лет), а во-вторых, за счет математически строгого описания структуры генетических связей радионуклидов разработанная модель создает предпосылки для повышения информативности данных по изотопному составу топлива, что имеет важное преимущество для прогноза изотопного состава выброса на основе метода корреляционных соотношений по сравнению с другими теоретическими методами.

Компьютерная программа DECA может быть адаптирована в состав программного комплекса, обеспечивающего поддержку принятия решения при тяжелых авариях реакторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Ehrhardt. Development of RODOS, a Comprehensive Decision Support System for Nuclear Emergency in Europe – an Overview //Radiation and Dosimetry. –1993. –Vol.50, N 4. – P.195-205.
2. Горбачева Н.В., Шароваров Г.А. «Исследование накопления продуктов деления в топливе реактора 4-го блока ЧАЭС в предаварийном режиме»//Весці АНБ. Сер. Фіз.-техн. навук. – 1997. - №3. – с.168-172.
3. Горбачева Н.В. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Минск, 2002.
4. Белл Д., Глестон С. Теория ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1974. - 496с.

СОЧЕТАНИЕ ОБУЧЕНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ И ПРОЦЕССА МАССОВОГО ЭНДОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТУДЕНТОВ

Гордейко В. А., Николаичук Л. В., Котловский О. А., Севостьянов А. Н.

Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина,
г. Брест, Республика Беларусь

COMBINATION OF TEACHING OF RADIOMETRIC CONTROL METHODS AND PROCESS OF MASS ENDOECOLOGICAL MONITORING OF STUDENTS. As one of the important tasks in the field of radioecological education in Belarus improvement and widening the spectrum of radiometric and dosimetric equipment available at the appropriate laboratories of educational institutions is stated. Authors believe that providing such equipment, including whole body counters (WBC) would immensely serve to the tasks of study and well-grounded research as well.

Известно, что в оценке медико-биологических последствий катастрофы на ЧАЭС важное значение имеет дозиметрический и радиометрический мониторинговый контроль населения, наряду с полным клиническим обследованием. Поскольку социально важным является сохранение здоровья детей и подростков, молодежи, мы полагаем, что решать вопросы радиологического мониторинга этого контингента населения необходимо в процессе обучения.

Последствия Чернобыльской катастрофы целенаправленно исследуются учеными во всех отраслях науки. Важные задачи стоят в области радиоэкологического образования и воспитания и перед педагогами-исследователями, поскольку знание основ радиационной безопасности необходимо каждому выпускнику средних и высших учебных заведений.

В нашей стране обучение дозиметрическому контролю включено в программы профессионального образования по всем специальностям. Занятия по курсу радиобезопасности, согласно вузовским программам, также предусматривают лекционный курс о медико-биологических аспектах влияния радиации, а также лабораторные исследования по вопросам дозиметрии и радиометрии окружающих сред (вода, воздух, продукты питания).

Такие аспекты обучения остаются актуальными и до настоящего времени, несмотря на кажущуюся осведомленность населения, в частности выпускников школы, приходящих в вузы.

Анкетирование студентов –первокурсников Брестского университета им. А.С. Пушкина установило, что «очень хорошие» знания по радиоэкологии были у менее 1% опрошенных, «хорошие» – у 16 %

студентов, «недостаточные» – у 43 %, «неудовлетворительные» – у 40 % опрошенных. При изучении курса радиобезопасности в вузе трудности испытывали 49 % опрошенных.

Знакомство студентов с методиками радиологического контроля и оценки влияния факторов радиоизотопной инвазии в организме человека позволяет решать вопросы как задач обучения, так и в определенной степени служит накоплению массива данных о динамике эндогенной радионуклидной контаминации населения.

Для выполнения этих задач лаборатории ВУЗов получили оснащение примерно двадцатилетней давности, которое в настоящее время является устаревшим морально и физически.

Современные потребности общества требуют ставить новые задачи обучения, сочетаемого с достаточным научным уровнем исследований. В этой связи мы считаем приоритетной установку на оснащение вузовских лабораторий соответствующих кафедр, обучающих вопросам радиэкологии не только современными дозиметрическими и радиометрическими приборами, но и аппаратурой класса СИЧ-приборов. Это позволило бы в процессе обучения проводить многолетний достоверный контроль радионуклидной загрузки организма молодых людей.

В целом, по республике Беларусь это могло бы составить контингент в сотни тысяч человек, что обогатило бы уровень радиационного контроля за репродуктивным слоем населения. Указанную проблему, по всей вероятности, следует начинать с обеспечения вузовских лабораторий приборами СИЧ-контроля, что представляется материально посильным в рамках республиканских программ ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котловский О. А., Севостьянов А. Н., Николайчук Л. В. К вопросу о радиэкологическом воспитании учащихся и студентов педагогического вуза. В кн.: Педагогический процесс в учебных заведениях нового типа: содержание и технологии. Материалы республиканской научно-практической конференции. Минск, 17- 18 мая 1994 г. Мн. – 1994.523 –527 с.

2. Гордейко В. А. К вопросу об изменениях в состоянии здоровья лиц, проживающих на загрязненных территориях Брестской области. В кн.: Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды. Материалы международной научной конференции. Тезисы докладов. 16 –17 апреля 1998 г, Мн.- 1998. С. 57.

ОЦЕНКА ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ НА КРАСНЫЙ КОСТНЫЙ МОЗГ ДИКИХ ПРОМЫСЛОВЫХ КОПЫТНЫХ ОТ ИНКОРПОРИРОВАННОГО ^{90}Sr

Гулаков А. В.

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

THE ANALYSES OF THE ABSORBED DOSE BY THE RED MARROW BRAIN OF WILD HUNTING HOOFED ANIMALS FROM INCORPORATED ^{90}Sr . After research work has been valued the absorbed dose by the red marrow brain of wild hunting hoofed animals on the territory with different level of radioactive pollution was shown that the absorbed annual doses of incorporated ^{90}Sr by the red marrow brain on the territory of eviction and alienation zones formed for wild boar 19,5-28,3 mGr/year, roe deer european 8,0-24,2 mGr/year, and for elk 16,1-55,0 mGr/year. The absorber doses by the red marrow brain of wild hunting hoofed taken in the control regions fluctuated from 0,6 mGr/year roe deer european to 1,4 mGr/year wild boar.

Авария на ЧАЭС не имеет аналогов в истории человечества, как по площади воздействия ионизирующей радиации, так и по масштабам работ по ее ликвидации. Специфика радиэкологической обстановки в зоне аварии была обусловлена сложным радионуклидным составом, физико-химическими свойствами радиоактивных выпадений и метеорологических условий. Дикие копытные животные, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения, подвергаются как внешнему облучению всего организма, так и внутреннему облучению отдельных органов и тканей от инкорпорированных радионуклидов. Дозу ионизирующего излучения для выявления радиобиологических эффектов в первую очередь связывают с поглощенной дозой. Важное значение для определения поглощенной дозы от внутреннего облучения имеет не только суммарная активность поступающего корма, но также и факторы, влияющие на биологические параметры поведения радионуклидов в организме животных.

Объектом исследований являлись пробы костной ткани диких промысловых копытных, добытых на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

Наиболее загрязненный радионуклидами участок находился в зоне отчуждения аварийного выброса ЧАЭС в районе деревень Борщевка, Молочки, Погонное, Радин, Аревичи, Дроньки Хойникского района Гомельской области, где уровень загрязнения территории ^{90}Sr составлял 185 – 1633 кБк/м². Территория исследования расположена в междуречье рек Припять и Днепр на расстоянии 10-35 км от ЧАЭС.

Наряду с зоной отчуждения отбор проб также проводился на территории зоны отселения Брагинского района Гомельской области в окрестностях деревень Савичи, Пучин, Жердное. Плотность загрязнения

участка ^{90}Sr находилась в пределах 74-420 кБк/м². Он расположен в междуречье рек Припять и Днепр на расстоянии 30-35 км от ЧАЭС.

Контрольным районом служила территория Гомельского района Гомельской области, расположенная около д. Кравцовка и находящаяся на границе с Черниговской областью Украины, на притоке реки Днепр (р. Сож). Данная местность находится на расстоянии 40 км от г. Гомеля и около 100 км от ЧАЭС. Уровень загрязнения территории ^{90}Sr составлял 1,0 – 1,85 кБк/м².

Всего за время исследования были получены пробы от 250 животных, обитающих на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

Содержание ^{90}Sr в костной ткани животных определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО.

Мощность поглощенной дозы на красный костный мозг, обусловленный инкорпорированным ^{90}Sr , рассчитывали по формуле:

$$P_{\text{Sr}} = A \times K_{\text{Sr}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{Sr}}(t)$ – годовая поглощенная доза внутреннего облучения, мкГр/год;

A - удельная активность ^{90}Sr в костной ткани, Бк/кг;

K_{Sr} - дозовый коэффициент, равный мощности дозы, создаваемой 1 Бк/кг для ^{90}Sr составляет 1,5 мкГр/год.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием стандартных методов биометрии.

Нами была рассчитана мощность годовой поглощенной дозы от инкорпорированного ^{90}Sr на красный костный мозг диких промысловых копытных. В таблице представлены данные величин мощности поглощенной годовой дозы на красный костный мозг диких копытных от инкорпорированного ^{90}Sr .

Таблица

Формирование поглощенной дозы на красный костный мозг диких копытных от инкорпорированного ^{90}Sr , мГр/год

Территория	Виды животных		
	лось	косуля европейская	дикий кабан
Отчуждения	55,0±12,8	24,2±4,2	28,3±3,8
Отселения	16,1±7,8	8,0±4,2	19,5±6,8
Контроль	1,3±0,4	0,6±0,2	1,4±0,3

Как видно из представленных данных, поглощенные годовые дозы от инкорпорированного ^{90}Sr на красный костный мозг на территории зон отселения и отчуждения составили для дикого кабана 19,5-28,3 мГр/год, косули европейской – 8,0-24,2 мГр/год и для лося – 16,1-55,0 мГр/год. Поглощенные дозы на красный костный мозг диких промысловых копытных добытых в контрольном районе колебались от 0,6±0,2 мГр/год у косули европейской до 1,4±0,3 мГр/год у дикого кабана. По данным литературы хроническое поступление ^{90}Sr при мощности дозы на красный костный мозг ниже 1 мГр/сутки не вызывает явных изменений в абсолютном числе циркулирующих нейтрофилов, в количестве лейкоцитов, в величине деструкции клеток и биохимических показателей.

Таким образом, наиболее высокие дозовые нагрузки на красный костный мозг от инкорпорированного ^{90}Sr характерны для лося и составляют от 16,1 мГр/год в зоне отселения, до 55,0 мГр/год в зоне отчуждения.

СОДЕРЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Гутько В.И., Дичковский П.В., Добринец Л.В., Ермоленко Н.В., *Лаптик Е.В.

Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова;

*Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН РБ, г. Минск, Республика Беларусь

THE CONTENTS OF NATURAL RADIOACTIVE ISOTOPES IN THE BUILDING MATERIALS. Natural radioactivity of building materials was investigated. The objective of work is to define the contents of natural radioactive isotopes in the building materials. The contents of natural radioactive isotopes in the building materials and emanation coefficient were defined. The problem of usage of some industrial wastes in production of building was marked, in their higher radioactivity.

Строительные материалы различного происхождения характеризуются целым комплексом физико-механических и технологических характеристик: механической прочностью, морозостойкостью, водостойкостью и др.

В последние десятилетия все больший интерес как у строителей, так и у населения стало вызывать такое физическое свойство строительных материалов, как радиоактивность. Это связано с тем, что, с одной стороны, в так называемую «атомную эру», проблема снижения доз облучения людей приобрела глобальный характер, а с другой – миллионы тонн строительного сырья, содержащие естественные радионуклиды, извлекаются из недр и поступают в строительное производство, где резко деформируется структура этих доз облучения.

Население развитых стран мира большую часть времени проводит внутри помещений. На дозу от природных источников излучения существенно влияют естественные радионуклиды, содержащиеся в строительных материалах. Поэтому исследование радиационных характеристик строительных материалов помещений является актуальной задачей.

В существующей открытой научно-технической литературе практически отсутствуют сведения о содержании ЕРН в строительном сырье Республики Беларусь. Поэтому для определения дозовых нагрузок, обусловленных радиоактивным фоном помещений, необходимо провести исследования по определению удельной радиоактивности строительного сырья, добываемого в нашей республике.

Объектом данного исследования являлась естественная радиоактивность строительных материалов.

Цель исследования - определение содержания естественных радионуклидов в строительных материалах.

Для измерения удельной активности естественных радионуклидов ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra в образцах строительных материалов использовался гамма-бета спектрометр МКС-АТ 1315.

Пробы были отобраны на строительных площадках города Минска.

Перед отбором проб в соответствии с требованиями ГОСТа была произведена проверка однородности подлежащей контролю продукции.

Определение удельных активностей естественных радионуклидов в строительных материалах проводилось на навесках, отобранных из представительной пробы. Представительную пробу получали согласно ГОСТ 30108-94 путем перемешивания и квартования не менее 10 точечных проб, отобранных из контрольных точек в пределах однородной партии продукции. Время измерения каждой пробы составляло 2 часа. Для измерения использовался сосуд Маринелли объемом 1 л. Результаты измерений отражены в таблице 1.

Проведенные измерения показали, что наибольшая удельная активность наблюдается по ^{40}K , удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th находятся примерно на уровне среднего содержания в почве (средние значения ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в почве соответственно 25, 25, 370 Бк/кг). Исключение составляет красный кирпич. Высокое содержание всех трех радионуклидов вероятней всего связано с его получением и обработкой. Основным сырьем для изготовления красного кирпича являются легкоплавкие глины, трепельные породы, отходы добычи и обогащения угля, золы ТЭЦ. Как известно, глины обладают способностью хорошо сорбировать калий, что приводит к повышенному содержанию ^{40}K . Кроме того, при изготовлении красного кирпича увеличивается концентрация радионуклидов, т.к. в процессе обжига происходит концентрирование радионуклидов в твердой фазе. Повышенное содержание ^{226}Ra и ^{232}Th вероятно связано с использованием золы ТЭЦ.

Таблица 1

Содержание ЕРН

Строительный материал	Удельная активность, Бк/кг			$A_{эфф}$, Бк/кг
	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	
Щебень крупный	506,78±104,01	22,64±5,31	13,86±4,33	83,87±11,65
Щебень мелкий	642,36±128,47	29,17±7,39	18,0±5,00	107,44±14,58
Песок	395,10±84,10	6,69±3,95	13,44±4,09	57,88±9,67
Известь	420,33±87,86	11,99±3,50	12,51±3,80	64,09±9,53
Кирпич силикатный	267,46±60,56	24,17±5,93	12,51±3,76	63,62±9,21
Кирпич красный	943,26±194,65	73,60±7,20	55,57±13,9	226,57±29,85
Пенобетон	172,05±46,33	30,83±15,8	35,89±7,56	92,66±9,06

Кроме определения удельной активности каждого из радионуклидов, были рассчитаны эффективные удельные активности $A_{эфф}$, Бк/кг, на основании значений которых материалы относят к определенным классам.

Все исследованные материалы по значению удельной эффективной активности соответствуют нормативам ГОСТ 301108-94 для 1 класса строительных материалов, т.е. могут быть использованы в любом виде строительства.

ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ЕРН В ГОТОВОМ ИЗДЕЛИИ ОТ ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИСХОДНОМ СЫРЬЕ

Гутько В.И., Дичковский П.В., Ермоленко Н.В., *Лаптик Е.В.

Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова;

*Объединенный институт энергитических и ядерных исследований – Сосны, г. Минск, Республика Беларусь

DEPENDENCE OF CONTENTS OF NATURAL RADIOACTIVE ISOTOPES IN PREPARED PRODUCT FROM ITS CONCENTRATION IN RAW MATERIAL. The objective of work is experimental confirming (for example of the products from concrete) of dependence of contents of natural radioactive isotopes in prepared product from its concentration in raw material.

Катастрофа на Чернобыльской АЭС временно отодвинула на задний план проблему изучения естественных радионуклидов. Но в настоящее время этот вопрос стал не менее важен. Естественные радионуклиды окружают нас повсюду, они находятся в окружающем нас воздухе, почве, воде, в живых объектах. Природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Средняя эквивалентная доза, обусловленная природными источниками, составляет около 2/3 дозы от всех источников излучения, воздействующих на человека в настоящее время. При этом доза внешнего облучения существенно зависит от изотопов, входящих в семейства ^{226}Ra и ^{232}Th , а также ^{40}K . Внутреннее облучение обусловлено, в основном, изотопами радона и его дочерними продуктами распада.

Так как человек около 80 % времени проводит в помещении, а безопасная жилая среда – это то, к чему человек всегда стремился, то представляется необходимым контролировать содержание естественных радионуклидов в строительных материалах.

Целью данной работы являлось экспериментальное подтверждение (на примере изделий из бетона) зависимости содержания ЕРН в готовом изделии от их содержания в исходных компонентах. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- определена номенклатура строительных материалов природного происхождения и содержание в них естественных радионуклидов;
- рассмотрено применение отходов промышленности в производстве строительных материалов;
- проведено экспериментальное определение содержания ЕРН в песке, гравии, цементе и конечном продукте – бетоне.

Для проверки зависимости содержания ЕРН в готовом изделии от их концентрации в исходном сырье был проделан эксперимент. В качестве исследуемого объекта был выбран бетон и его составляющие: цемент, песок, щебень.

Для проведения эксперимента пробы отбирались на заводе железобетонных изделий ЗСЖБ №1, в соответствии с ГОСТ 30108-94.

Перед отбором проб в соответствии с требованиями ГОСТа была произведена проверка однородности подлежащей контролю продукции.

Определение удельных активностей естественных радионуклидов в строительных материалах и изделиях проводилось на навесках, отобранных из представительной пробы. Представительную пробу получали согласно ГОСТ 30108-94 путем перемешивания и квартования не менее 10 точечных проб, отобранных из контрольных точек в пределах однородной партии продукции.

Строительные материалы одного завоза, используемые заводом для производства бетона, расходуются примерно за три дня. Ввиду большого объема завозимых исходных компонентов, для лучшей представительности проб, пробы отбирались каждый день. Таким образом имитировался послойный отбор: первый день – верхний слой, второй день – средний слой и в третий день – нижний слой завезенного компонента. С каждого слоя было отобрано по три пробы. Таким образом, производился отбор всех компонентов, необходимых для бетона. Из отобранных по слоям образцов в лаборатории завода приготавливался бетон, поэтому получилось соответствие между бетоном и его составными компонентами.

Доставленные в лабораторию пробы высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы. Пробы песка просеивались через сито с диаметром отверстия 5 мм, для получения однородных образцов. Образцы бетона при помощи пресса были измельчены до необходимого размера, в лаборатории завода, далее образцы просеивались через сито с диаметром отверстия 5 мм, в соответствии с требованием ГОСТ 30108-94.

Для проведения измерений, которые не требуют уточнения класса строительного материала требуемым радиационным нормативам, допускается проводить измерения активности без ее предварительной выдержки в герметичных условиях в течение не менее 14 суток.

Измерение удельной активности проб проводилось с помощью гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315.

Бетон производят на основе вяжущих веществ, наполнителя и воды. В исследуемом бетоне марки М-350 в качестве вяжущих веществ использовался портландцемент М-500, как заполнители – песок и гранитный щебень.

На заводе ЗСЖБ№1 при получении партии бетона массой 2465 кг расходуется – песка – 760 кг, портландцемента – 380 кг, щебня – 1210 кг, воды – 115 кг. В процентном соотношении это составляет следующие цифры – для песка 30,8%, для портландцемента – 15,4%, щебня – 48,9%, воды – 4,7%.

Эти соотношения были использованы для расчета теоретического содержания радионуклидов в бетоне. Кроме этого рассчитана эффективная удельная активность бетона, для определения класса материала.

Расчет эффективной удельной активности проводился с использованием следующей формулы:

$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_{K}$, где A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} - удельные активности каждого из радионуклидов.

Полученные данные по удельным активностям приведены в таблице 1.

Таблица 1

Эффективная удельная активность портландцемента М-500, песка, щебня и готового бетона

№ завоза	Эффективная удельная активность $S_{эфф}$, Бк/кг			
	портландцемента	песка	щебня	бетона
1	136,38	112,69	171,79	117,66
2	148,58	112,70	177,4	122,66
3	149,29	116,82	171,87	117,92

Исследуемый портландцемент М-500 был завезен ЗСЖБ №1 с ОАО «Красносельскстройматериалы», Гродненская область. Песок отгружен организацией ДСЗ «Крапужино». Щебень гранитный отгружен производственным предприятием «Гранит», г.п. Микашевичи.

В таблице 2 приведено полученное экспериментально содержание ЕРН в цементе, песке, щебне и готовом бетоне.

Таблица 2

Содержание ЕРН

Наименование	Содержание, Бк/кг		
	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra
Портландцемент	739,1	43,67	22,79
Песок	878,47	11,3	24,6
Щебень гранитный	1192,20	23,13	42,11
Бетон	910,0	18,42	28,47

С использованием экспериментальных данных по значениям удельных активностей ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , для портландцемента, щебня и песка и с учетом процентного содержания этих компонентов в бетоне, был произведен расчет для ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в теоретическом бетоне

Таблица 3

Удельная активность ЕРН в бетоне

№ завоза	Измеренная			Расчетная		
	1	2	3	1	2	3
^{40}K	909,76	911,84	908,5	953,3	973,9	972,9
^{232}Th	18,75	18,08	18,44	21,4	21,5	21,29
^{226}Ra	28,49	29,08	27,9	33,61	32,48	32,25

В результате сравнения измеренных и расчетных значений удельных активностей радионуклидов в бетоне можно говорить о том, что в процессе производства бетона происходит незначительное уменьшение удельного содержания радионуклидов в бетоне. Это объясняется наличием воды, которая связывается в бетоне, т.е. удельная активность бетона полностью зависит от содержания радионуклидов в исходных компонентах.

ФОРМИРОВАНИЕ ДОЗОВЫХ НАГУЗОК СТУДЕНТОВ ПРИ ПРАКТИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ПРЕДМЕТОВ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Гутько Т.В., Ермоленко Н.В., Дичковский П.В., Чукарина Т.В., Гутько В.И.

Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

The objective of work is to define factors, which are influencing on forming of the dose loading of the students and calculation of radiation risks.

In the results was determined, that conditions of the radiation protection during practical and laboratorial

work of the nuclear-physical cycle correspond to demands of the radiation standards – 2000, especially ICRP Publication №60; during practical and laboratorial work the dose loading is at the level of the dose loading of natural radioactive background and so it is not demand of the special control; the main doses loading are forming due to summer practice and make on average 0,07 mZv/year for internal exposure of radiation, which correspond 5% of dose loading, which is creating by the natural radioactive background.

В учебную программу МГЭУ им. А.Д.Сахарова входят такие предметы ядерно-физического цикла, как ядерная физика, дозиметрия, регистрация излучений и спектрометрия. В свою очередь понимание, например, ядерной физики не будет полным без практических занятий с использованием источников ионизирующего излучения. Кроме того, специфика обучения на факультете мониторинга окружающей среды (а на кафедре радиозэкологии тем более) не позволяет привить студентам специальные, профессиональные качества, присущие радиозэкологам, без практической отработки навыков и умения безопасно работать на загрязненной радионуклидами территории, например, в ПГРЭЗ. Поэтому, цель данной работы – определение факторов, влияющих на формирование дозовых нагрузок студентов, и степени радиационного риска, при прохождении учебной практики и выполнении лабораторных работ ядерно-физического цикла.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Проведен анализ существующих республиканские и международных нормативных документов, регламентирующих использование источников ионизирующего излучения.
- Определен круг лабораторных работ, в которых необходимо использовать источники ионизирующего излучения: «Ядерная физика» - 16 ч лабораторных занятий; «Регистрация излучений и спектрометрия» - 16 ч лабораторных занятий; «Дозиметрия» - 6 ч лабораторных занятий.
- Экспериментально определена МЭД при выполнении лабораторных работ и практических занятиях.
- Выявлены факторы, влияющие на формирование доз: внешнее облучение при проведении лабораторных работ, инкорпорированное и внешнее облучение при прохождении учебной практики на базе в г. Хойники.
- Проведен расчет доз и радиационного риска.
- Определена доза инкорпорированного и внешнего облучения студентов за время прохождения учебной практики на базе в г. Хойники.

Для определения радиационной обстановки на рабочих местах при проведении практических и лабораторных занятий ядерно-физического цикла были выполнены измерения МЭД на рабочих местах. Измерения проводились с помощью дозиметра-радиометра бета-гамма-излучения МКС - 1117 (EL 1117).

Дозовые нагрузки от инкорпорированного облучения во время учебной практики определялись измерением студентов на СИЧ до и после учебной практики.

Измерения МЭД в помещении лаборатории ядерной спектрометрии (к. 118) во время проведения занятий показали, что среднее значение не превышает 11 мкР/ч, т.е. при проведении лабораторных работ γ -фон на уровне естественного радиационного фона и т.о. не требует специального контроля.

В лабораторных работах для калибровки спектрометрических приборов используются образцовые закрытые источники гамма излучения (ОЗГИ). Рассчитанная мощность поглощенной дозы в биологической ткани на расстоянии 1 метр от ОЗГИ максимальной активности при его переноске лаборантом составляет не более 0,0002 мкГр/ч. Но так как без защиты источник находится всего несколько секунд, перенос калибровочного источника не представляет реальной опасности.

Летняя учебная практика предусмотрена программой обучения и является обязательной для всех студентов факультета. Работа происходит в отличных от лабораторных условиях – в поле или в лесу, а также в зоне отчуждения, где радиационный фон намного превышает естественный. Во избежание загрязнения кожных покровов и предотвращения инкорпорированного облучения студентам выдается спецодежда и СИЗ.

После прохождения практики было проведено специальное обследование спецодежды студентов, которое не выявило ее загрязнения радионуклидами. Измерения проводились с помощью дозиметра-радиометра бета-гамма-излучения МКС – 1117 (EL 1117).

С целью определения дозы от инкорпорированного излучения часть студентов прошло обследование на СИЧ в Институте радиационной безопасности «Белрад», лаборатории спектрометрии излучения человека.

По результатам обследования производился расчет дозы внутреннего облучения по методике Центра ядерных исследований в Юлихе (Германия). Определяли удельную активность, далее для каждого человека рассчитывалась доза внутреннего облучения по формуле:

$$H_i = A \cdot (DF)_i,$$

где A – активность тела человека, кБк; $(DF)_i$ – дозовый фактор, мЗв/кБк в год.

Полученные результаты измерений приведены ниже в таблице 1.

Результаты обследования студентов

№ п/п	ФИО	До практики			После практики		
		Уд. активн., Бк/кг ^{134,137} Cs	Доза внутр. облуч., мЗв/год	Риск неблагоприят. последствий	Уд. активн., Бк/кг ^{134,137} Cs	Доза внутр. облуч., мЗв/год	Риск неблагоприят. последствий
1	Вокуева Ирина Геннадьевна	14.42	0,042	0,2×10 ⁻⁵	25,64	0,071	0,4×10 ⁻⁵
2	Гальченя Наталья Михайловна	18.25	0,054	0,3×10 ⁻⁵	13,32	0,04	0,2×10 ⁻⁵
3	Дзыс Дмитрий Викторович	13.22	0,045	0,2×10 ⁻⁵	17,16	0,059	0,3×10 ⁻⁵
4	Ермолайчик Геннадий Александрович	15.35	0,047	0,3×10 ⁻⁵	26,08	0,079	0,4×10 ⁻⁵
5	Захаров Алексей Александрович	13.31	0,041	0,2×10 ⁻⁵	19,92	0,062	0,3×10 ⁻⁵
6	Каменюк Маргарита Ивановна	18.77	0,052	0,3×10 ⁻⁵	32,09	0,088	0,5×10 ⁻⁵
7	Козыренко Максим Анатольевич	10.76	0,046	0,2×10 ⁻⁵	20,16	0,078	0,4×10 ⁻⁵
8	Макей Татьяна Александровна	13.52	0,037	0,2×10 ⁻⁵	25,23	0,068	0,4×10 ⁻⁵
9	Пузанов Эдуард Викторович	16.40	0,054	0,3×10 ⁻⁵	11,38	0,038	0,2×10 ⁻⁵
10	Слабковская Ирина Васильевна	21.99	0,058	0,3×10 ⁻⁵	16,22	0,042	0,2×10 ⁻⁵
11	Супрун Татьяна Анатольевна	16.82	0,044	0,2×10 ⁻⁵	23,69	0,061	0,3×10 ⁻⁵
12	Сущик Ирина Ивановна	13.83	0,047	0,2×10 ⁻⁵	24,25	0,071	0,4×10 ⁻⁵
13	Холкина Ольга Анатольевна	14.16	0,037	0,2×10 ⁻⁵	33,0	0,082	0,5×10 ⁻⁵
14	Ярименко Екатерина Сергеевна	17.77	0,05	0,3×10 ⁻⁵	29,74	0,083	0,5×10 ⁻⁵
15	Ячник Ольга Ивановна	18.96	0,045	0,3×10 ⁻⁵	34,64	0,081	0,4×10 ⁻⁵

С учетом того, что НРБ устанавливает жесткие ограничения (для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать 1/4 значений, установленных для персонала) можно сделать следующие выводы:

– при проведении лабораторных работ МЭД не превышает естественного радиационного фона и т.о. не требует специального контроля;

– основная дозовая нагрузка идет за счет прохождения учебной практики и составляет в среднем 0,07 мЗв/год для внутреннего облучения, что соответствует 5% от дозовой нагрузки, создаваемой естественным радиационным фоном.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРА ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА РАДОНА В РАДИОМЕТРАХ С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕМ

*Дежурко М.Д., Лобач Д.И.**

Белорусский государственный университет,

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

TO TASK ABOUT CALCULATION OF RADON PROGENY EFFICIENCY COLLECTION IN

RADIOMETERS WITH ELECTROSTATIC PRECIPITATION. Calculation is based on investigation of space balance for positive and negative heavy ions. Polonium ions are included to positive ions on the first step. Further, Po's precipitation is considered separately. These calculations are to describe effects of affecting from environmental conditions (pressure, humidity, temperature, natural radiation, atmospheric chemical aerosols).

Экспрессные методы определения характеристик содержания изотопов радона в воздухе базируются на регистрации излучений дочерних продуктов распада (ДПР). Это обусловлено низкой физико-химической реактивностью радона. Электростатический сбор радионуклидов на рабочую поверхность детектора (РПД) основан на том, что образующиеся ДПР являются ионами, и заключается в осаждении заряженных частиц с ДПР на детектор /1-5/. Чувствительность метода зависит от температуры, давления и влажности воздуха, наличия в среде аэрозолей (дым, пары и др.). Количество заряженных радионуклидов ДПР осаждаемых на РПД определяется процессами их образования, радиоактивного распада, рекомбинации, нейтрализации /6-8/.

ДПР радона, представляющие собой тяжёлые радиоактивные металлы, являются короткоживущими и химически активными. Более 90% их образуется в виде ионов, которые образуют соединения с атомами и молекулами воздуха, прикрепляются к аэрозольным частицам и участвуют в движении воздуха, являясь его составной частью. На рис. 1 представлена схема образования первичных (молекулярных) и надмолекулярных аэрозольных, пылевых частиц с ДПР. Интенсивность протекания процессов нейтрализации и рекомбинации пропорциональна концентрациям реагентов. В радиометрах радона с электростатическим осаждением используют сбор положительно заряженных ДПР на РПД.

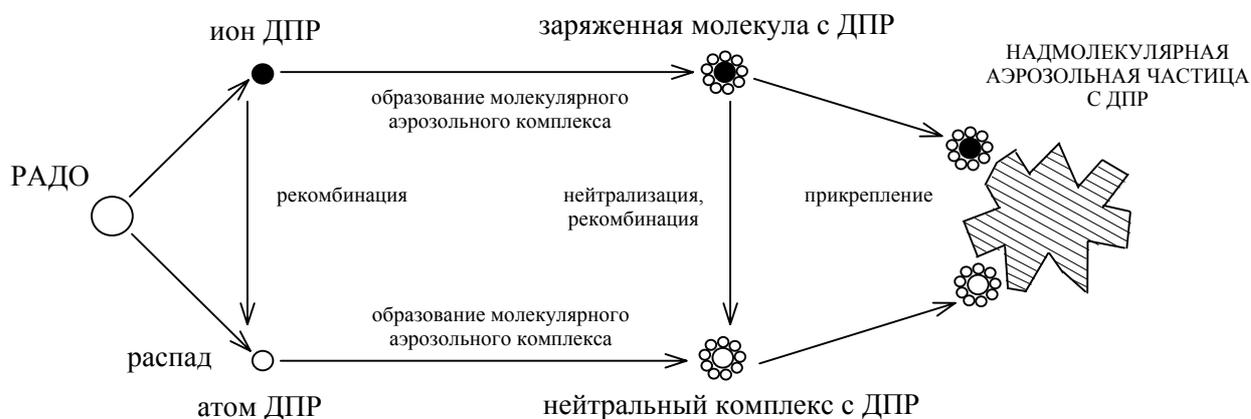


Рис.1. Образование аэрозольных частиц с ДПР

Под механизмом нейтрализации понимают переход электрона от молекулы с меньшим потенциалом ионизации (ПИ) (NO , NO_2) к частице с большим ПИ (PoO_2^+). Переход электрона к заряженной фракции аэрозоли происходит от молекул с меньшим ПИ. Для PoO_2^+ это могут быть NO (ПИ=9,25 эВ), NO_2 (ПИ=9,79 эВ), NH_3 (ПИ=10,2 эВ), $n - C_5H_{12}$ (ПИ=10,35эВ). Механизм нейтрализации оксида полония достаточно хорошо изучен. В работах /6,7/ отмечается, что для молекул N_2 (ПИ=15,58 эВ), O_2 (ПИ=12,10 эВ) и H_2O (ПИ=12,56эВ) этот процесс не происходит.

В работах /9,10/ производился расчет электростатического осаждения ДПР радона для частных случаев.

Рассмотрим стационарный режим электростатического сбора ДПР. Используем следующие предположения:

1. Происходит постоянная, равномерная ионизация рабочего объема камеры сбора плоскопараллельной камеры сбора ДПР радона (длина камеры – d (см), площадь поперечного сечения – S (см²)). Предполагается, что интенсивность образования в ней положительных ионов – n_o^+ (см⁻³ • с⁻¹), эта величина определяется *объемной активностью* (ОА) радона и его ДПР в воздухе камеры, а также внешними источниками излучения. Интенсивность образования отрицательных ионов воздуха – n_o^- (см⁻³ • с⁻¹). Интенсивность образования ионов полония составляет часть от n_o^+ ($n_{oPo}^+ = \zeta \cdot n_o^+$, где ζ – доля ионов Po среди всех положительных ионов);

2. Отрицательные ионы представлены в виде электроотрицательных молекул и атомов;

3. Пренебрегаем диффузионными потерями ионов в сравнении с потерями при электростатическом сборе;

4. Учитываем рекомбинационные потери только при столкновениях тяжелых ионов, поскольку

коэффициент ион-ионной рекомбинации α ($\text{см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) на четыре порядка больше, чем для электронно-ионной;

5. Положительные ионы полония собираются на РПД (катод камеры – РПД).

Задача расчета:

1. Получить пространственное распределение тяжелых положительных n^+ и отрицательных n^- ионов, положительных ионов полония n_{Po}^+ , как первого продукта распада радона;

2. Произвести оценку эффективности сбора положительных ионов полония.

Используем следующие обозначения:

ω – дрейфовые скорости ионов ($\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$);

λ – постоянные распада радона и полония (с^{-1});

γ – постоянная нейтрализации оксида полония (с^{-1}).

Движение положительных ионов рассматривается вдоль оси x (к катоду). Рассматривается баланс ионов в слое dx .

Решение следующей системы позволяет получить пространственное распределение тяжелых положительных и отрицательных ионов, положительных ионов полония, как первого продукта распада радона:

$$\begin{cases} \omega^+ \frac{dn^+}{dx} = n_o^+ - \alpha n^+ n^-, \\ \omega^- \frac{dn^-}{dx} = n_o^- - \alpha n^+ n^-, \\ \omega_{Po}^+ \frac{dn_{Po}^+}{dx} = \lambda_{Rn} n_{Rn} - \alpha n_{Po}^+ n^- - \gamma n_{Po}^+ - \lambda_{Po} n_{Po}^+ \end{cases} .$$

Используя решение системы можно, по-отдельности, грубо оценить относительные потери ионов полония при рекомбинации и при нейтрализации. При этом следует использовать предположение, что

время сбора ионов полония много меньше среднего времени его жизни ($t_{\text{сбораPo}} \ll \frac{1}{\lambda_{Po}} = \tau$).

Эффективность сбора положительных ионов полония получим в соответствии с

$$\varepsilon = \frac{n_{Po}^+(d) \cdot \omega_{Po}^+ \cdot S}{n_{oPo}^+ \cdot d \cdot S} .$$

Полученные в ходе расчета выражения можно использовать для определения зависимости эффективности сбора ДПП от параметров окружающей среды (давления, влажности, температуры, внешнего радиационного фона, содержания атмосферных аэрозолей).

При условии равномерного образования аэрозолей ДПП в камере сбора и постоянных условиях окружающей среды вышеизложенный расчет описывает электростатическое осаждение ^{216}Po и ^{218}Po .

ЛИТЕРАТУРА

- Howard A.J., Carrol S.E., Strange W.P. A simple system for radon-in-air concentration determinations// Am. J. Phys.-1991.- Vol. 59, N 6.- P. 544-550.
- Atmospheric radon measurement by electrostatic precipitation/ Pereira E.B., Da Silva H.E.// Nucl.Instrum. and Meth.Phys.Res.A.- 1989.-280, N2-3.-с.503-505.
- Radonmeter - a portable field instrument for the rapid measurement of environmental radon and thoron/ Negro V.C.// IEEE Trans.Nucl.Sci.- 1990.-37, N2, Pt.1. -с.854-858.
- A new approach to measure Rn exhalation rate out of building walls/ Shiraishi F., Takami Y., Hashimoto T., Siemincki M.// IEEE Trans. Nucl. Sci.- 1990.- Vol. 37, N 2, pt.1. -P. 878-882.
- Лобач Д.И. Метод и средство экспресс-анализа содержания радона в атмосферном воздухе. Дисс. канд. техн. наук: 05.11.10., Минск, 1998, 169 с.
- The environmental neutralization of Polonium-218/ Goldstein S.D.,Hopke P.K.// Environ.Sci.and Technol., v 15, 1985, p.146.
- Neutralization Kinetics for Polonium-218/ Chu K.D., Hopke P.K.// Environ.Sci.Technol., v.22, 1988, p.711-717.
- Neutralisation processes and the fraction of the 218Po-ions in air/ J.Porstendorfer, V.Dankelmann, P.Pagelkopf// Proceedings of the Third Eurosymposium on Protection against RADON, 10-11 may 2001, Liege, Belgium, p.65-68.
- Теоретический анализ процессов электростатического сбора дочерних продуктов распада радона в плоских камерах с однородным электрическим полем/ Лобач Д.И., Перцев А.Н., Чудаков В.А.; Ред. ж.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ^{137}Cs В ОРГАНИЗМЕ КРЫС И В ИХ ЭКСКРЕМЕНТАХ ПРИ ОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ ИЗ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРИБОВ

Дворник А.М., Шишкин А.Г.

Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины, г.Гомель, Республика Беларусь

METHODICAL PARTICULARITIES OF STUDY SPEAKERS OF ACCUMULATION AND A FINDING OUT ^{137}Cs IN THE ORGANISM OF RATS AND IN THEIR EXPERIMENTS AT ORAL ARRIVAL IN THE ORGANISM FROM RADIOACTIVE-POLLUTED MUSHROOMS. In the given article happen to methodical particularities of study speakers of contents ^{137}Cs in the organism of rats, which use real doses radionuclid in the natural provender (mushrooms) and were researched mechanisms of accumulation and a finding out ^{137}Cs .

Изучение миграции и влияния радиоизотопов в биосфере усиленно в нашей стране стала изучаться после аварии на ЧАЭС. Довольно хорошо изучена пищевая продукция леса по накопительной способности. Много работ /см., например, 1,2/ проведено по исследованию внутреннего облучения человека. Большинство работ по изучению внутреннего облучения человека и животных, связанные с инкорпорированием цезия, проводилось с водными растворами ^{137}Cs . Актуальность проблемы состоит в изучении динамики накопления ^{137}Cs крысами, которые употребляют реальные (существующие в природе) дозы радионуклида в естественном корме (грибах) и в исследовании механизмов накопления и выведения ^{137}Cs . С помощью данных методических особенностей предполагается решить следующие задачи и цели:

1. Выявить динамику накопления и выведения ^{137}Cs в организме белых крыс и в их моче и кале при естественном употреблении крысами радиационно-загрязненных грибов.
2. Выяснить, отличается ли динамика содержания ^{137}Cs в организме при поступлении в организм с грибами от инкорпорирования данного изотопа с водным раствором?
3. Выявить баланс поступления и выведения ^{137}Cs с экскрементами.
4. Проследить динамику самоочищения крыс от инкорпорированного ^{137}Cs и очищение под влиянием различных фитоадаптогенов и веществ, обладающих радиопротекторными свойствами.
5. Выявить отличия в динамике содержания ^{137}Cs в организме крыс ювенильного и инфантильного возраста при поступлении данного радионуклида из радиационно-загрязненных грибов.

Объект исследования – белые беспородные крысы альбиносы, самцы массой 200 – 300 г ювенильного возраста, в одном варианте крысы инфантильного возраста с массой до 150г. Описание белых крыс альбиносов приводится в /3/.

Крысы содержались в отдельных клетках, размером 40×20 см, имеющих особую конструкцию, позволяющую производить сбор выделяемой мочи и кала сепаративно.

Сверху располагалась клетка с двумя крысами (между животными была перегородка) и индивидуальными поилками. Чуть ниже (4-6 см от нижнего края клетки) располагался легко проницаемый для мочи поддон, сделанный из полиэтиленовой сетки с мелким отверстием, для сбора кала и постороннего мусора. Этот поддон располагался на деревянном каркасе, имевшем форму прямоугольника 40×40 см с 4-мя ножками высотой 50±5 см по углам. К каркасу прикреплен мочеприемник, который сделан из полиэтилена. Сбор мочи из мочеприемника осуществляется сверху, при поднятии поддона. Сбор кала осуществляется с полиэтиленовой сетки.

Крысы содержались и кормились в соответствии с общепринятыми методиками, условиями и нормами /3-5/. Ежедневно крысы получают порцию (масса не более 4-5 г.) сушеных и измельченных радиационно-загрязненных грибов (собранных в естественных условиях), смешанных с пищевой-наполнителем (творог), с определенной активностью, совместно с их естественным кормом. Зверьков в контрольной группе вскармливали радиационно-чистым кормом с внесением в рацион вешенки (*Pleurotus ostreatus*).

Количество создаваемых групп соответствует исследуемым целям. В каждой группе зверьков не менее 5 в каждой.

Схема опыта.

1. Измерение начальной удельной активности подопытных крыс и их экскрементов.
2. Ежедневное скормливание крысам радиационно-грязного корма до момента «насыщения» (когда удельная активность крыс практически перестанет увеличиваться на фоне

- употребления радиоактивных грибов); затем прекращается для всех групп крыс.
- Измерения удельной активности крыс (ежедневно) и их экскрементов (моча – ежедневно, кал – через 3 суток). Измерения проводить до того момента, когда $A_{уд.}$ крыс приблизится к нулю. Для всех групп крыс.
 - После наступления состояния «насыщения» соответствующим группам крыс скармливаются соответствующие добавки (фитоадаптогены и вещества, обладающие радиопротекторными свойствами).

Измерительное оборудование: гамма-бета-спектрометр (например МКС-АТ1315, Атомтех (Беларусь), гамма-спектрометрический комплекс «Прогресс» (Россия), весы с диапазоном измерения до 500 мг и 500 г.

Крысу помещали в плоский сосуд объемом 0,5л. Животные ювенильного возраста (с массой более 250г.) практически полностью заполняли объем сосуда. Зверьки с меньшей массой мерялись аналогичным образом, но вводился поправочный коэффициент, который вычислялся экспериментальным образом. Создавался и измерялся «фантом» с известной активностью и геометрическими очертаниями, расположением и плотностью приближенными к крысе.

Перед сбором мочи мочеприемник тщательно ополаскивался водопроводной водой. Моча из последней отбиралась шприцом без иголки. Собранная моча переливалась в сосуд объемом 0,1л «дента» и доводилась водой до 100 ± 5 мл. Далее измерялась удельная активность готовой пробы.

Проба кала для измерения удельной активности собиралась за 3 суток. Это связано с тем, что в процессе суточной дефекации крыса выделяла 2-5 г кала; при измерении удельной активности пробы с такой массой возможны некорректные результаты. Кал помещался в сосуд объемом 0,1 л «дента». Далее измерялась удельная активность готовой пробы. В связи с тем, что объем измеряемой пробы менее 100 мл, для расчета истинного значения удельной активности пробы вводился пересчетный коэффициент /6/.

Обработку полученных результатов целесообразно проводить на ПЭВМ с помощью прикладных программ: STATISTICA, MS EXCEL.

Полученные с помощью этих методических рекомендаций данные с некоторой поправкой позволят проследить переход радионуклида ^{137}Cs по пищевой цепочке и вычислить долю вклада грибов в формировании доз внутреннего облучения человека, а также выявить вещества, способные ускорить вывод ^{137}Cs из организма.

ЛИТЕРАТУРА

- Сельскохозяйственная радиэкология. Под ред. Р.М.Алексахина и Н.А.Корнеева.-М.:Экология, 1991,-276с.
- Лес, человек, Чернобыль. /Под общ.ред. Ипатьева В.А./-Гомель:ИЛ НАН Б, 1999,452с.
- Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А., Западнюк Б. В. –Киев.:Вища школа. 1983.-383с.
- Ковалевский К.Л. Лабораторные мыши и крысы.-М.:Метгиз, 1948.-100с.
- Башенина Н.В. О кормлении мелких грызунов в лабораторных условиях.//Вестник МГУ, 1965. Серия 6. Биология, почвоведение 4, С142-147.
- Переволоцкий А.Н., Собченко В.А. Определение удельной активности ^{137}Cs в пробах малого объема с помощью бета-гамма-спектрометра Е1-1315.//Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины, №4(13), 2002.-С.112-117.

СРАВНЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ермоленко Н.В., Гутько В.И.

Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова, г.Минск, Республика Беларусь

THE COMPARISON OF DOSE LOADS OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS.

The main aim of the present project is to calculate the man's doses of inner irradiation for population of Hoiniki and Luninez towns, and to compare of dose loads of this population.

Авария на Чернобыльской АЭС – крупнейшая экологическая катастрофа, имеющая глобальный характер. Она привела к созданию новой экологической ситуации, характеризующейся увеличением радиационного фона в несколько раз. Все это отрицательно сказывается на здоровье людей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, и может вызвать изменения в наследственном аппарате.

Пространственное распределение выпадений имело сложный и неоднородный характер. Более 70% выпадений ^{137}Cs приходится на территорию Белоруссии, России и Украины. Ряд радионуклидов, таких как ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{144}Ce , ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm , оказались сосредоточены в основном в 30-километровой зоне ЧАЭС.

Наибольший ущерб в результате аварии был нанесен республике Беларусь. В Беларуси

радиоактивными изотопами загрязнено 37500 км² (18% территории), причем 7 тыс. км² – активностью больше 15 Ки/км².

На загрязненных радионуклидами территориях проживает почти 2 млн. человек, из них около 500 тысяч детей, и главную дозовую нагрузку (>80%) жители этих регионов получают за счет потребления продуктов питания местного производства, имеющих значительное загрязнение радионуклидами ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. При этом сельские жители получают в 5-6 раз большую дозовую нагрузку, чем городские жители. В связи с ухудшением экономической ситуации важным является строгий контроль облучения людей от продуктов питания, получаемых на индивидуальных участках хозяйства. Так как дозообразующими радионуклидами в основном являются ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, то расчет велся по ним.

Для расчета доз проводились экспериментальные исследования в зонах радиоактивного загрязнения г. Лунинец (5 Ки/км²) Брестской обл., в Хойницком р-не (до 15 Ки/км²) Гомельской обл. Там были отобраны пробы продуктов питания и измерена МЭД.

Проведенный расчет показал, что основной вклад в формирование дозовых нагрузок населения данных районов вносит инкорпорированное излучение от продуктов питания местного производства. Доза внутреннего облучения жителей Лунинца и Хойницкого района составляет ≈ 0,5 мЗв/год.

РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У «КРИТИЧЕСКИХ» ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

*Жукова О.М. *, Дроздович В.В. **, Бакарикова Ж.В. **

*Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Республики Беларусь;
**Объединенного института энергетических и ядерных исследований - Сосны, г.Минск, Республика Беларусь

REHABILITATION ACTIONS FOR REDUCTION OF DOSE OF "CRITICAL" GROUPS OF THE POPULATION FROM WATER USING. As a result of radiation monitoring "critical" area with high levels of radionuclides in water and in bottom sediments are found. The evaluated contribution of the waterways of radionuclide transfer into irradiation dose of the population, living near «critical» water bodies were calculated. Recommendations for undertaking of rehabilitation action for reduction irradiation dose of the population are offered.

В результате радиационного мониторинга, проводимого на водных объектах на территории Брянско-Гомельско-Могилевского «цезиевого» пятна выявлены «критические» участки с повышенными уровнями содержания радионуклидов в воде и в донных отложениях. К наиболее опасным местам скопления радионуклидов относятся: участки рек перед плотинами, водохранилища, озера, заводы, малопроточные участки русла рек, которые выполняют роль "отстойников" ("ловушек") загрязняющих веществ и представляют собой локальные центры опасной концентрации радионуклидов. Основную опасность представляют водохранилища и озера «закрытого» типа, в которых уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr могут быть на уровне вмешательства, т.е. равны или превышают Гигиенические нормативы Республики Беларусь и России. В Беларуси к таким «критическим» участкам относятся участок р. Ипуть перед водоподъемной плотинной г. Добруш, оз. Святское (водосбор р. Беседь, д. Светиловичи), оз. Ревучее (водосбор р. Ипуть, д. Морозовка), р. Нижняя Брагинка (д. Гдень). В России «критическими» участками являются оз.Кожановское (водосбор р. Ипуть, д. Кожаны), оз.Святское (водосбор р. Беседь), р.Вихолка.

Оценен вклад водных путей переноса радионуклидов в облучение населения, проживающего вблизи водных объектов р. Беседь, оз. Святское (д. Светиловичи Ветковского р-на).

Вклад водных путей переноса радионуклидов в облучение населения зависит от прямого потребления питьевой воды и рыбы, содержащей радионуклиды, а также затопления земель, используемых для выращивания трав и выпаса скота и использования воды реки для ирригации сельскохозяйственных земель, что приводит к последующему облучению населения.

В настоящее время основными «критическими» участками водных объектов являются «закрытые» озера (без регулярного стока), где концентрация изотопов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в воде и рыбе значительно выше, чем в ближайших реках. Эти концентрации со временем заметно не уменьшаются и во многих озерах они все еще превышают Гигиенические нормативы для питьевой воды и особенно для рыбы. Преобладающим путем внутреннего облучения жителей близлежащих населенных пунктов является употребление загрязненной рыбы.

Для уменьшения дозовых нагрузок населения, проживающего вблизи «критических» водных объектов, предложены следующие рекомендации по проведению реабилитационных мероприятий:

- ограничение использования воды для питьевых нужд из открытых водоемов;
- ограничение ловли рыбы;
- лесоустройство (использование многолетних древесных пород и кустарников для

- регулирования водного баланса);
- залужение многолетними травами пойм рек и водосборов озер;
- проведение комплекса агрономелиоративных мероприятий на речных водосборах;
- ограничение водопоя и выпаса скота в поймах рек и озер;
- использование минеральных и органических удобрений, известкование пойменных почв;
- очистка дна водных объектов в местах с высоким содержанием радионуклидов;
- подсыпка чистого песка в рекреационных зонах (пляжи).

С целью обеспечения безопасного водопользования, связанного с радиационной безопасностью населения, проживающего в г. Добруш Гомельской области, местным органам власти были даны рекомендации по проведению реабилитационных мероприятий на участке р. Ипуть перед водоподъемной плотиной (г. Добруш). На этом участке находится рекреационная зона (пляж). По данным рекомендациям на этом участке реки была проведена подсыпка чистого песка.

БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ РАДИОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОМАТРИЦ

Зубец И.В., Николайчук Л.В, Гордейко В.А., Катулина Т.А.

Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь.

THE BIOCHEMICAL MARKERS OF RADIOPROTECTION ACTIVITY OF PHYTO MATRICES. Correlation of the peroxidase levels in dependance of radio nuclides invasion in plants was studied. This level may serve as a marker of radio nuclides load at different medicinal plants.

Проблема эффективной радиопротекции остается по-прежнему актуальной, несмотря на то, что мы приближаемся к окончанию второго десятилетия после катастрофы на ЧАЭС.

Поиск новых радиопротекторов основан на использовании растительного материала с высокими показателями активности антиоксидантных систем, значимыми включениями витаминных компонентов, флавоноидов, антоцианов, пектинов и др. Важно использовать в качестве радиопротекторов натуральные растительные компоненты и немедикаментозные средства, которые не действуют разрушающим образом на человеческий организм. В этом плане использование фитотерапевтических и фитодиетических средств, а также некоторых немедикаментозных регуляторов обменных процессов при радионуклидной инвазии является наиболее физиологичным. Украинскими исследователями разработаны принципы и методики использования так называемых информоносителей - лактозных пилюль, обработанных в разночастотном магнитном поле, при использовании частот, эквивалентных основным жизненным функциональным частотам органов и систем.

В 1997 г. были разработаны принципы использования растительных вытяжек в качестве матриц для информоносителей (Л. В. Николайчук, Л. А. Порохняк –Гановская, О. Е. Данилова), что повысило активность лекарственного воздействия фитокомпозиций, в том числе и радиопротекторного действия. Методика фитоинформотерапии представляется весьма перспективной. В качестве фитоматриц могут быть использованы вытяжки из целебных растений, а активными регуляторами являются информоносители, влияющие на иммунную систему, общую сопротивляемость, в частности, оказывающие противоопухолевое действие. Прошедший период использования названной методики в условиях клинического применения доказывает ее эффективность.

Метод фитоинформотерапии успешно применяется клиницистами Украины, России и Польши, усовершенствуется разработчиками Института Информотерапии (г. Киев, Украина). Выбор фитосредств для фитоматриц преимущественным большинством клиницистов проводится тестированием по методике Р.Фолля. Более точное тестирование пригодности фитосредств для приготовления фитоматриц радиопротекторного типа может быть проведено путем проведения биохимических реакций определения активности пероксидазы, определением антиоксидантной активности (АОА) растительного сырья, определением уровней водорастворимых антиоксидантов в растительном материале.

Доказательством этого служат данные сопоставлений уровней удельной активности радиоизотопной инвазии (Бк/кг) и показателей активности пероксидазы в растительном сырье.

Приводим некоторые сравнительные показатели активности пероксидазы в сухих лекарственных растениях, в зависимости от уровня радиационной инвазии.

Тысячелистник обыкновенный: активность пероксидазы составила в образцах $1,02 \pm 0,005$ при удельной активности 12,0 Бк/кг; $1,30 \pm 0,02$ при удельной активности 118,0 Бк/кг; $1,82 \pm 0,04$ при удельной активности 15266,0 Бк/кг.

Листья одуванчика лекарственного: активность пероксидазы составила в образцах $0,92 \pm 0,01$ при удельной активности 8,0 Бк/кг; $1,02 \pm 0,005$ при удельной активности 244,0 Бк/кг; $1,74 \pm 0,07$ при удельной активности 13582,0 Бк/кг.

Тимьян ползучий: активность пероксидазы составила в образцах $0,94 \pm 0,01$ при удельной активности 7,0 Бк/кг; $1,14 \pm 0,005$ при удельной активности 204,0 Бк/кг; $1,66 \pm 0,02$ при удельной активности 4387,0

Бк/кг.

Подорожник большой: активность пероксидазы составила в образцах $0,97+_{-0,005}$ при удельной активности 8,0 Бк/кг; $1,54+_{-0,01}$ при удельной активности 288,0 Бк/кг; $1,83+_{-0,02}$ при удельной активности 11482,0 Бк/кг.

Клевер луговой: активность пероксидазы составила в образцах $0,88+_{-0,005}$ при удельной активности 14,0 Бк/кг; $1,58+_{-0,02}$ при удельной активности 1698,0 Бк/кг; $2,10+_{-0,01}$ при удельной активности 12412 Бк/кг.

Очевидно, что изменения активности пероксидазы в сторону повышения при увеличении радиоизотопной нагрузки на растения подтверждают тезис о возможности использования данного показателя в качестве маркера при выборе фитоматричной основы при получении фиторадиопротекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катулина Т. А., Николайчук Л. В., Зубец И. В. Биохимические критерии тестирования фитоматриц для инфорносителей в радиопротекции. Материалы VI Международной конференции «Информотерапия: теоретические аспекты и практическое использование», Киев, 16–19 ноября 2000г, с.33-34.

2. Скрипнюк З. Д. Методы избирательного частотного воздействия на отдельные каналы.-IV Международная конференция «Теоретические и клинические аспекты адаптивной биорезонансной и мультирезонансной терапии- «ИМЕДИС»- Москва, 1999, ч.2, с.312.

3. Николайчук Л. В., Катулина Т.А., Ворсина Г.Л. Выбор фитодиетических и фитотерапевтических матриц в поиске эффективных радиоксенопротекторов. Материалы VI Международной конференции "Информотерапия : теоретические аспекты и практическое использование», Киев, 16–19 ноября 2000 г., с. 63.

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ НА КОНФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕМОГЛОБИНА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ГАММА-ПОЛЕ

Каркоцкая Т. П¹., Коробкова Н.Е.²

¹ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

²МГЭУ им. Сахарова А. Д., г. Минск, Республика Беларусь

THE INFLUENCE OF EXPOSITION DOSE-RATE TO CONFORMATIONAL HAEMOGLOBIN STATE, TAKING PLACE IN A GAMMA-FIELD. The change of conformational haemoglobin state is able to serve a marker of latent radiative-induced protein damages at its exposing in gamma-field.

При действии ионизирующего излучения одними из первых повреждаются гемсодержащие белки и ферменты, что приводит к развитию клеточной гипоксии. К числу молекул, претерпевающих изменения при действии облучения, относится гемоглобин. Энергия ионизирующего излучения, поглощенная непосредственно молекулой гемоглобина или переданная ей через продукты радиолиза воды, индуцирует изменения во многих точках молекулы. Проживание населения в условиях повышенного радиационного фона формирует качественно иные условия реализации биологических эффектов сочетанного действия ионизирующего излучения и химических токсикантов на структурно-функциональные свойства гемоглобина. В результате появляются новые фракции гемоглобина, изменяется соотношение между фракциями и их электрофоретическая подвижность, происходит изменение пространственной структуры и организации макромолекулы. Эти эффекты могут реализоваться на этапах метгемоглобинообразования, оксигенации, конформационных изменений в условиях постоянного нахождения гемоглобина в гамма-поле, что может служить маркером скрытых радиационно-индуцированных повреждений белка.

Автором [1] предложен способ оценки патологических гемоглобинов, денатурированных радиацией, метаболитами и различными токсинами, - формула коэффициента изменения пространственной структуры, или коэффициента гем/глобин, который выражается соотношением оптической плотности при 414 нм (D_{γ}) к оптической плотности при 275 нм (D_{ϕ}).

Была сделана оценка влияния радиационного поля мощностью доз 500 и 1000 мкР/ч на пространственную структуру гемоглобина по величине коэффициента k_{γ} .

Значения коэффициента достоверно не отличаются от контроля, не зависят от дозы, мощности дозы. Таким образом, экспозиция растворов гемоглобина в поле таких мощностей доз не приводит к таким глубоким изменениям, как нарушение связи гем – глобин.

Одним из наиболее информативных методов, позволяющих судить о конформационном состоянии является метод флуоресцентных зондов. Наиболее широко используемым синтетическим флуорофором является 1,8-АНС, позволяющий судить о структурно-динамических свойствах молекулы белка.

Авторами [2] показано, что 1,8-АНС образует комплекс с оксигемоглобином. На гемоглобине человека показано наличие двух типов центров связывания 1,8-АНС с белком. Причем одним из участков специфического связывания гемоглобина 1,8-АНС являются гемовые полости этих белков. Авторами [3]

указывается на наличие в молекуле оксигемоглобина отличающихся от гемовой полости достаточно специфичных центров связывания, что может быть использовано для изучения особенностей состояния нативных молекул гемоглобина.

Количественной мерой связывания 1,8-АНС с гемоглобином могут служить константы диссоциации [4], рассчитываемые из зависимостей роста интенсивности флуоресценции 1,8-АНС от его концентрации (в представленной работе диапазон концентраций 1,8-АНС: 5, 10, 20, 40 мкМ) в присутствии гемоглобина (30 мкМ) с использованием графика в двойных обратных координатах Лайнуивера-Берка [5].

Гемоглобин помещался в поле двух мощностей доз - 500, 1000 мкР/ч и экспонировался в соответствующих интервалах времени так, чтобы дозы облучения белка в полях разных мощностей доз были одинаковыми. Так например, интервалы времени экспозиции в поле мощностью 500 мкР/ч составляют 24, 36, 48, 60 минут, а в поле 1000 мкР/ч – 12, 18, 24, 30 минут для того, чтобы раствор белка был облучен в дозах 2, 3, 4, 5 мкГр. Причем при облучении раствора белка гамма-лучами, ультрафиолетовое излучение возбуждающего света ($\lambda=296$ нм) не поступало в кюветное отделение за исключением 1 мин., в течении которой регистрировался спектр флуоресценции зонда, связанного с белком. Таким образом можно считать, что белок подвергался только модифицирующему действию гамма-излучения, а ультрафиолетовое излучение не вносило дополнительного эффекта за счет кратковременности своего воздействия. Было исследовано действие ИИ в указанных дозах, мощностях доз на водный раствор зонда 1,8-АНС, не связанного с гемоглобином, чтобы учесть возможную модификацию зонда в результате радиационноиндуцированных свободнорадикальных процессов в воде. Специальные контрольные опыты показали, что флуоресцентные параметры водного раствора зонда, экспонируемого в гамма-поле, не изменяются.

В таблице представлены значения константы диссоциации зонда 1,8-АНС, связанного с гемоглобином, подвергнутому облучению. В качестве контрольного параметра используется константа диссоциации зонда, связанного с необлученным белком. Обработка полученных зависимостей показывает, что процесс взаимодействия 1,8-АНС с молекулами гемоглобина описывается одной константой диссоциации, что объясняется наличием одного типа центров связывания 1,8-АНС с молекулой гемоглобина крыс. По всей вероятности, это можно объяснить тем фактом, что белок не освобождался от органических фосфатов, находящихся в центральной полости, которая является одним из центров связывания зонда [6].

Из представленных результатов в таблице очевидно, что значение константы диссоциации зонда 1,8-АНС, связанного с гемоглобином, увеличивается с ростом дозы облучения раствора белка. Величина указанного параметра для зонда, связанного с белком, облученным в поле мощностью 500 мкР/ч, во всем диапазоне доз 2-5 мкГр достоверно не отличается от контроля. Для зонда, связанного с белком, находящимся в поле мощностью 1000 мкР/ч, достоверные отличия от контроля наблюдаются при дозах 4 и 5 мкГр. Значение константы диссоциации увеличивается почти в 2 раза. По всей вероятности, это связано с конформационными изменениями белка при действии ионизирующего излучения, инициирующего свободнорадикальные процессы в водном растворе белка.

Величина константы диссоциации флуоресцентного зонда 1,8-АНС, связанного с гемоглобином, экспонируемого в гамма-поле разных мощностей доз

Мощность дозы, мкР/ч	Доза, мкГр				
	необлученный	2	3	4	5
500	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,05	0,8±0,05	0,9±0,05
1000	0,7±0,05	0,8±0,03	0,9±0,05	1,2 ^{*)} ±0,05	1,3 ^{*)} ±0,05

*Различия достоверны по сравнению с необлученным белком при P<0,05

Таким образом, гамма-облучение в диапазоне доз 4-5 мкГр мощностью дозы 1000 мкР/ч вызывает конформационные изменения нативной молекулы гемоглобина. По всей вероятности, этот эффект связан с косвенным действием ИИ, индуцирующем свободнорадикальные процессы в водной среде, окружающей белок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здравко Б.Й. Физико-химические свойства и структура гемоглобина в динамике острой лучевой патологии. Автореф. дисс....к.б.н: 03.00.01 / Львовский ун-т им. Ив. Франко – Обнинск, 1993 – С.26.
2. Stryer L. The interaction of a Naphtalen dye with apomyoglobin and apohemoglobin. A fluorescent probe of non-polar binding sites // J. Mol. Biol.-1965.-V.13.-P.482-495.
3. Анализ распределения времен затухания флуоресценции свидетельствует о наличии двух типов центров связывания 1-анилинафталин-8-сульфоната в антивном оксигемоглобине человека / Д.А. Паруль, С.Б. Бокуть, П.А. Киселев // Биохимия.-2001.-Т.66, Вып.4.-С.481-488.
4. Specialized functional domains in hemoglobin: dimensions in solution of the apohemoglobin dimer labeled with fluorescein Iodoacetamide / M. Sassaroli, E. Bucci, J. Liesegang // Biochemistry.- 1984.- V.23.- P.2487-2491.
5. Березин И.В., Клесов А.А. Практический курс химической и ферментативной кинетики. -М.:Из-во МГУ, 1976.-320 с.
6. Возможная гетерогенность центров связывания 1,8-АНС в молекулах оксигенированного гемоглобина / Д.А. Паруль, С.Б. Бокуть, А.А. Милютин // Актуальные проблемы дозиметрии: Материалы Международного Симпозиума / МРЭУ им. А. Д. Сахарова - Минск, 1999. – С.80-83.

РАЗРАБОТКА ИММУНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФЕРРИТИНА НА ОСНОВЕ РЕКОМБИНАНТНОГО L-ФЕРРИТИНА ЧЕЛОВЕКА

Конопелько Н.Ф.^{1,3}, Серета В.В.², Кравчук З.И.³, Конопля Е.Ф.¹

¹Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

³Институт биоорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

DEVELOPMENT OF IMMUNOCHEMICAL TEST-SYSTEM FOR DETERMINATION OF FERRITIN ON THE BASE OF HUMAN RECOMBINANT L-FERRITIN. Disorder of various metabolic processes including an exchange of iron and its key component - ferritin - is a result of influence of ionizing radiation in an organism. The increase of the contents of ferritin in blood serum can be a consequence of activation of oxidizing processes, formations of free radicals and this fact can serve as a marker of radiation influence. In light of this fact methods of quantitative detection of ferritin got special significance. This article is devoted to development of immunochemical tests - systems for ferritin determination in human blood serum.

Один из механизмов воздействия ионизирующего излучения на организм человека и животных обусловлен образованием высокоактивных свободных радикалов при ионизации молекул воды и последующими цепными реакциями с их участием. В результате происходит нарушение различных метаболических процессов, в т.ч. обмена железа в организме [1].

Одним из белков метаболизма железа является ферритин, который состоит из 24 полипептидных субъединиц, образующих оболочку вокруг центральной полости, где может накапливаться до 4500 атомов железа. Этот белок присутствует практически во всех тканях организма и биологических жидкостях, причем изоферритины различных тканей и органов различаются по составу субъединиц и формируются благодаря трем видам мономеров, обладающих различными изоэлектрическими и иммунохимическими характеристиками: L (легкая субъединица, 19 кДа), H (тяжелая, 21 кДа) и G (гликозилированная, 23 кДа с учетом углеводного компонента) [2].

Благодаря способности накапливать ионы железа, которое становится недоступным для участия в

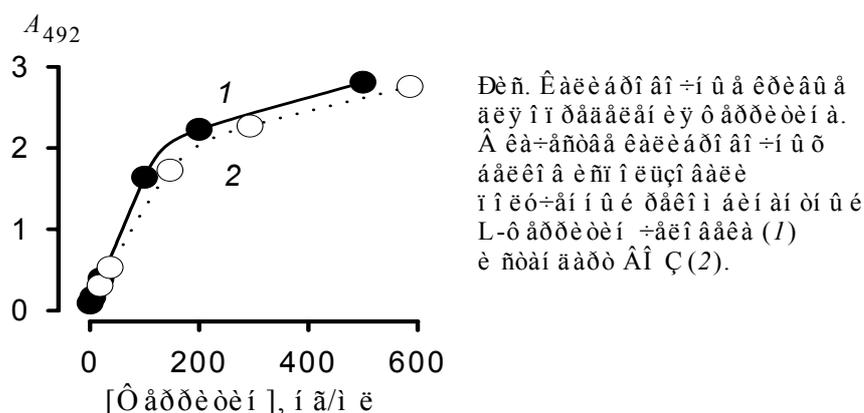
реакциях с радикалами пероксида и супероксида кислорода, ферритин также обладает «антиоксидантной» активностью [3]. Таким образом, повышение уровня ферритина может свидетельствовать об активации окислительных процессов в организме [4], и сывороточный ферритин может являться одним из маркеров радиационного воздействия. Это подтверждается данными о повышении уровня сывороточного ферритина у 48-51% ликвидаторов аварии на ЧАЭС [5]. Для проведения этого анализа использовали диагностические системы на основе ферритина селезенки человека (2-й стандарт ВОЗ), который характеризуется наличием 15% Н-субъединиц и насыщен железом. Однако в 1994 году был утвержден новый стандарт ВОЗ – рекомбинантный L-апоферритин (3rd International Recombinant Standard, NIBSC code 94/572) [6]. Поэтому нами была разработана двуцентровая тест-система для определения ферритина в сыворотке крови человека. В сконструированной нами тест-системе L-ферритин калибровочной пробы или исследуемого образца сыворотки крови взаимодействовал вначале с мышинными моноклональными антителами G10 к ферриту селезенки человека, иммобилизованными в лунках полистирольного планшета, а затем с теми же антителами, мечеными пероксидазой хрена. Для определения ферментативной активности, связанной с твердой фазой, в качестве субстрата использовали о-фенилендиамин и H₂O₂, реакцию останавливали прибавлением серной кислоты и измеряли поглощение раствора при 492 нм.

Ранее нами установлено, что антитело G10 специфично к L-субъединице ферритина, поскольку оно взаимодействует только с рекомбинантным L-ферритином, но не связывается с рекомбинантным H-гомополимером. Кроме того, данное антитело с одинаковой константой взаимодействует с ферритинами, содержащими физиологические концентрации железа и с апоферритином [7]. Также антитело G10 при сорбции на пластике не теряет антигенсвязывающих свойств, имеет высокую константу аффинности с антигеном, не инактивируется при конъюгировании с пероксидазой хрена, что позволило сконструировать двуцентровую тест-систему как описано выше.

В качестве калибровочных белков использовали полученный нами рекомбинантный L-ферритин или стандарт ВОЗ в концентрации от 0 до 500 нг/мл. Экспрессию и очистку рекомбинантного L-ферритина осуществляли, как описано ранее [8]. По данным Ds-Na-ПААГ-электрофореза чистота ферритина составляла не менее 97 %. Концентрацию белка определяли методом Лоури [9]. Полученный L-ферритин был исследован методами флуоресценции и КД спектроскопии, изучена его железодепонирующая активность. Результаты исследования показали, что при физиологических условиях полученный нами рекомбинантный L-ферритин обладает нативной вторичной и третичной структурой и способен накапливать железо.

Данные иммунохимического анализа показали, что кривые связывания полученного нами рекомбинантного L-ферритина и стандарта ВОЗ отличаются не более чем на 10% (рис), что находится в пределах ошибки метода определения концентрации белка. Следовательно, выделенный нами рекомбинантный L-ферритин человека и стандарт ферритина ВОЗ являются иммунохимически идентичными белками.

Надежность результатов, полученных с использованием данной тест-системы, исследована в тестах на «открытие» и на независимость определения концентрации ферритина от разведений сыворотки крови здорового донора. Процент «открытия» составил 101,1±5,8%, что соответствует требованиям, предъявляемым к иммунохимическим системам.



Тесты также показали, что определенные с помощью данной системы значения концентраций не зависят от степени разведения образцов. Коэффициент вариации результатов при определении концентрации ферритина в сыворотке крови здорового донора (n=8) составил 2,77%.

Таким образом, нами разработана иммуноферментная тест-система для определения ферритина в сыворотке крови человека на основе моноклональных антител и рекомбинантного L-ферритина, соответствующая международным требованиям, предъявляемым к иммуноаналитическим системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных: Учеб. для биол. спец. вузов - 3-е изд., прераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1988, - 424 с.
2. Powell LW, Alpert E, Isselbacher KJ, Drysdale JW // Br J Haematol, 1975, 30 (1): 47-55.
3. Carrondo M // EMBO J, 2003, 22 (9): 1959-1968.
4. Balla G, Jacob HS, Balla J, Rosenberg M, Nath K, Apple F, Eaton JW and Vercellotti GM // J Biol Chem, 1992, 267: 18148-18153.
5. Лукина Е.А., Шефель Ю.В. и др. Гематологическая диспансеризация участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Вестник научной программы "Семипалатинский полигон-Алтай", N1, 1995г. - с. 19-24.
6. Thorpe, S.J., Walker, D., Arosio, P., Heath, A., Cook, J.D., and Worwood, M // Clin Chem, 1997, 43:1582-1587.
7. Кравчук З.И., Конопелько Н.Ф., Якутович М.Д., Конопля Е.Ф., Марцев С.П. Локальные конформационные изменения в ферритине при различном содержании железа // Биохимия – 2002. – Т. 67. – С. 993-1000.
8. Конопелько Н.Ф., Калацкая И.А. «Экспрессия, очистка и функциональная активность рекомбинантного L-ферритина человека». Международная конференция молодых ученых «Сахаровские чтения» Тезисы докл., Минск, 21-22 Мая, 2001, С. 143.
9. O. Lowry, N. Rosenbrough, A. Farr and R. Randall // J Biol Chem, 1951, 193: 265-275.

ГЕМОГЛОБИН КАК МАРКЕР СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КРОВИ, ИНДУЦИРОВАННЫХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ РАДИАЦИОННОЙ И НЕРАДИАЦИОННОЙ ПРИРОДЫ

Коробкова Н.Е., Каркоцкая Т. П.

МГЭУ им. Сахарова А. Д., г. Минск, Республика Беларусь

ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

THE HAEMOGLOBIN AS A MARKER OF THE LATENT DAMAGES OF BLOOD, INDUCED BY THE ADVERSE ECOLOGICAL FACTORS OF A RADIATIVE AND NON RADIATIVE NATURE. Ionising irradiation exerts modifying effect to the haemoglobins sensitivity to sodium nitrite action at protein exposition in a gamma- field of low doses.

Данная работа посвящена важной и актуальной проблеме биологических эффектов при сочетанном воздействии малых доз ионизирующего излучения и химических загрязнителей на примере нитрита натрия. Это имеет важное значение не только с точки зрения приближения исследований к реальной экологической ситуации, но и в силу того, что биологические последствия при многофакторном воздействии могут быть отличными от тех, которые положены в основу гигиенического регламентирования исходящего из монофакторной зависимости доза-эффект.

Целью работы является исследование гемоглобина как тест-системы оценки сочетанного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на организм. Известно, что периферическая кровь, являясь основной составляющей внутренней среды организма, несет в себе информацию о функционировании как всего организма, так и отдельных его систем и органов. Ее можно рассматривать как идеальный объект для выявления неблагоприятных воздействий со стороны окружающей среды.

Гемоглобин может рассматриваться как интегральный показатель нарушения функционирования системы эритронов в результате воздействия неблагоприятных экологических факторов, в том числе и радиационно-химических. Одним из проявлений поражения этого белка является его окисление в метгемоглобин. Поэтому исследование окисления гемоглобина при сочетанном действии гамма-излучения и нитрита натрия (как эндогенного окислителя) позволяет изучить модифицирующее действие ионизирующего излучения на процесс нитритного метгемоглобинообразования. Указанный эффект возможно использовать как маркер скрытых индуцированных малыми дозами радиации повреждений белка, не выявляемых стандартными биохимическими методами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы крови крыс готовились по методу Кушаковского [1]. Рабочая концентрация гемоглобина в растворе составляла 80 мкМ, определялась методом Evelyn-Malloy [1]. Образец с раствором крови помещали в радиационное поле, создаваемым источником Cs¹³⁷ активностью 106 кБк. Опыт проводили при двух мощностях экспозиционной дозы 500 и 1000 мкР/ч, рассчитанные дозы поглощения составляли 2, 3, 4, 5 мкГр.

Процесс окисления регистрировали при двух различных концентрациях нитрита натрия по методу Betke [2] на спектрофотометре СФ-46. Содержание нитрита натрия в растворе составляло 1,17 мМ.

Статистическая обработка данных проводилась по критерию Стьюдента. Данные в таблице

представлены с указанием средней ошибки, на рисунках – с указанием доверительных интервалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Кривая зависимости концентрации метгемоглобина от времени инкубации гемолизата с нитритом натрия имеет S-образный характер. В общей сложности время протекания реакции при окислении NaNO_2 в концентрации 1,17мМ составляет 240 секунд.

Ионизирующее излучение разных мощностей доз не вызывает роста метгемоглобина по сравнению с интактными растворами. Однако при добавлении нитрита натрия в раствор гемоглобина, экспонируемого в гамма-поле, происходит ускорение реакции нитритного метгемоглобинообразования по сравнению с интактными растворами белка.

Параметр, характеризующий кинетику нитритного метгемоглобинообразования в радиационном поле представлен в табл.1. Период полупревращения нитритного метгемоглобина в образцах крови, подвергнутых облучению дозами 2; 3; 4; 5 мкГр в поле с мощностью экспозиционной дозы 500 мкР/ч, достоверно не отличается от этой величины, полученной для контрольных образцов, то же можно сказать и для растворов оксигемоглобина, облученных дозами 2 и 3 мкГр в поле с мощностью экспозиционной дозы 1000 мкР/ч – примерно 120 секунд. Для образцов оксигемоглобина, облученных дозами 4 и 5 мкГр в поле с мощностью экспозиционной дозы 1000 мкР/ч период полупревращения достоверно отличается от контрольной величины, причем значения этих величин, соответствующих каждой из двух доз, достоверно различаются между собой (табл.1).

Таблица 1

Период полупревращения гемоглобина ($\bar{\tau}_{1/2} \pm S\bar{\tau}_{1/2}$, с) при нитритном окислении белка в необлученных и облученных в поле мощностью дозы 500 и 1000 мкР/ч растворах крови животных

Мощность дозы	Контроль	Доза, мкГр			
		2	3	4	5 мкГр
500 мкР/ч	120±5	117±3	118±2	115±4	120±1
1000 мкР/ч		120±2	115±4	85±3 ^{*)}	73±4 ^{*)}

^{*)}Различия достоверны по сравнению с контролем при $P < 0,05$

На рис. 1 изображены кривые нитритного окисления гемоглобина при сочетанном действии ионизирующего излучения и NaNO_2 и при раздельном действии этих факторов, а также изображена кривая, представляющая сумму эффектов раздельного действия факторов радиационной и нерадиационной природы. Площадь, заключенная между реальной кривой сочетанного действия нитрита натрия и ионизирующего излучения и расчетной кривой суммы их раздельного действия, определяется как вклад модифицирующего действия ионизирующего излучения на процесс нитритного метгемоглобинообразования (далее: радиационный вклад). Величины этих площадей для гамма-поля мощностями 500 и 1000 мкР/ч (дозы 4, 5 мкГр) приведены на рис.2.

Таким образом, гемоглобин, подвергаясь воздействию гамма-излучения, становится более реакционно-способным к действию нитрита натрия. Эффект повышенной чувствительности гемоглобина животных, подвергнутых облучению (in vivo), к окислению нитритом натрия (in vitro) может быть использован для разработки метода выявления скрытых повреждений гемоглобина при облучении организма ионизирующим излучением. Результаты этой работы могут быть использованы для уточнения санитарно-допустимых уровней содержания нитратов и нитритов в условиях повышенного радиационного фона.

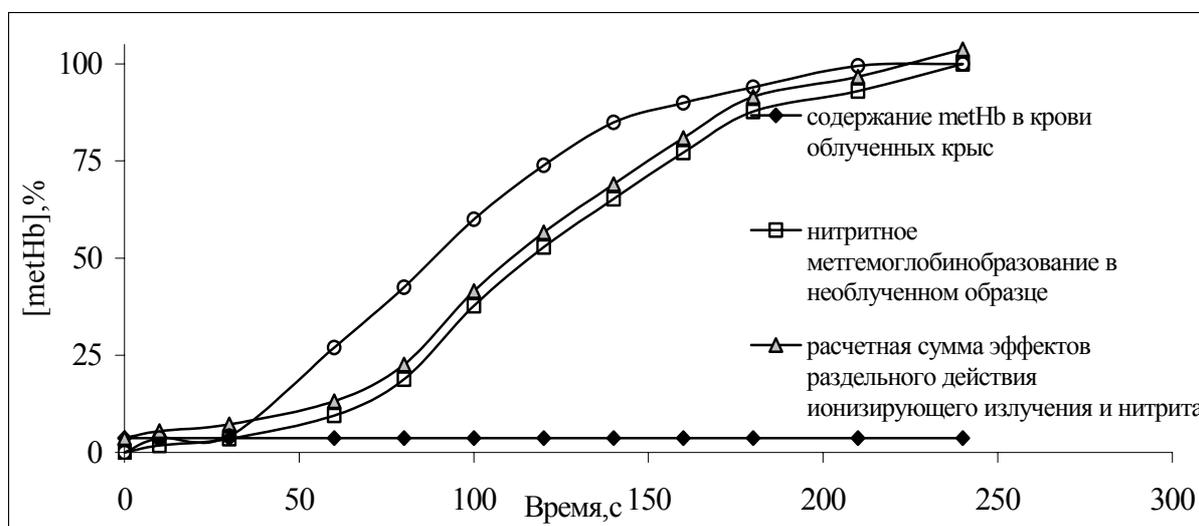


Рис. 1. Метгемоглобинообразование в растворе гемоглобина крыс при сочетанном и раздельном действии ионизирующего излучения и нитрита натрия

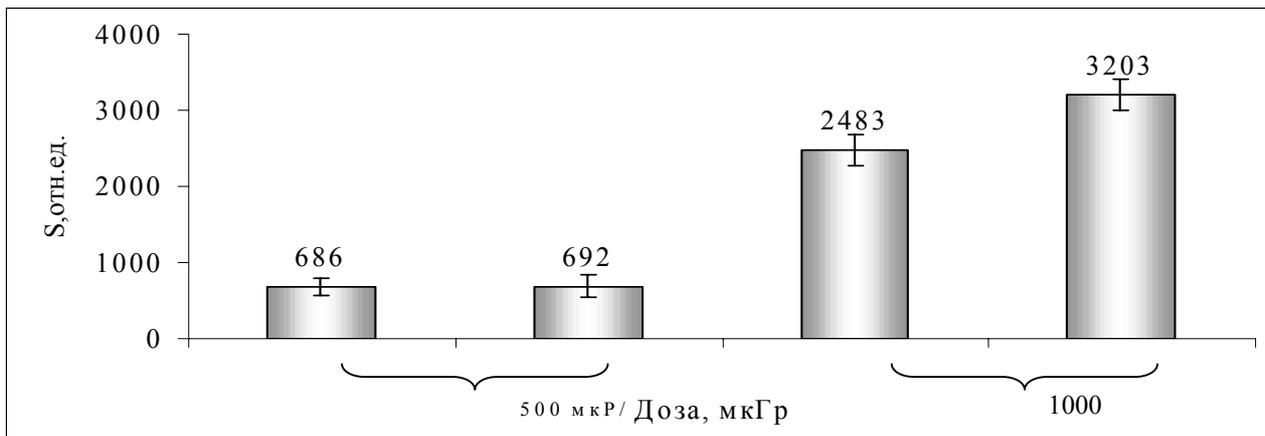


Рис. 2. Влияние мощности дозы на радиационный вклад ионизирующего излучения в процесс нитритного метгемоглобинообразования при облучении в радиационном поле в дозах 4, 5 мкГр гемоглобина крыс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кушаковский М. С. Клинические формы повреждения гемоглобина. - Л.: Медицина, 1968. - с. 41-47.
2. Betke K.I., Greinacher I., Hecker F. Arch. Exp. Path. Pharmac., 1956, v.229, p. 207

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ (0,5 МЗВ) СЕМЯН ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПОДОРОЖНИКА (ОИЯИ, ДУБНА)

Корогодина В.Л., Флорко Б.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Московская область,

korogod@jinr/ru

Исследуются последствия облучения нейтронами (0,4 – 0,5 мЗв, 2 раза) семян природных популяций подорожника (Дубна, ОИЯИ). Показано, что при этом воздействии аберрантные (АК) и пролиферирующие (ПК) меристематические клетки корешков проростков семян элиминируют из пролиферативного пула меристемы. Одновременно наблюдается стимуляция деления клеток. Анализ результатов моделирования с учетом межклеточных взаимодействий и гетерогенности меристемы показал 1) уменьшение числа АК, как появляющихся независимо друг от друга, так и возникающих в результате межклеточных контактов; 2) стимуляцию вступления в цикл покоящихся клеток. В популяции семян с высоким антиоксидантным статусом (АОС) это приводит к увеличению выживаемости.

Ранее было показано, что радиационное воздействие уменьшает количество клеток с нарушениями в меристеме корешков проростков и влияет на выживаемость семян в соответствии с величиной их АОС [1]. Результаты согласуются с данными об индукции механизмов апоптоза, дифференцировки и размножения клеток, усиленных эффектом свидетеля в условиях радиационного стресса [2]. Выживаемость семян, коррелирующая с числом делящихся клеток в меристеме корешков проростков, в условиях радиационного стресса не коррелирует с частотой АК, т.к. происходит «горизонтальное размножение» структурных и функциональных изменений клеток в меристеме. Распределение растений по числу АК и ПК в популяциях становится полимодальным. Было выполнено моделирование появления АК и ПК в меристеме корешков проростков [3]. Целью является изучение влияния облучения семян растений нейтронами в дозах, сравнимых с естественным фоном, на цитогенетические показатели клеток меристемы корешков проростков и параметры модели, учитывающей межклеточные контакты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования были семена природных популяций подорожника (*Plantago major L*) (ОИЯИ, Дубна, 1998-1999). В меристеме корешков были определены число ПК по количеству клеток в ана-телофазе и частота АК по наличию мостов и ацентрических фрагментов среди них. Выживаемость (S) находили как долю семян, корешки которых за 13 сут. достигли длины, соответствующей стадии первого митоза. Была определена величина АОС. Методики и описание участков опубликованы [1,3]. Количество семян в опытах – 150 (1998) и 200 (1999). Доза нейтронного облучения популяции в летние месяцы (1998) составила 0,4 – 0,5 мЗв (2 раза). В 1999 г. средняя температура летом была на ~ 3 °С выше обычной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены частота АК (А) и число ПК (Б) в зависимости от времени фиксации корешков семян популяций (Дубна, ОИЯИ) в 1998 (1) и 1999 гг. (2). Сроки фиксации в 1998 г. сокращены по сравнению с 1999 г (и с контролем [3]), число АК и ПК не возрастают при увеличении времени фиксации. Это означает уменьшение числа проросших корешков в результате элиминации АК и ПК из пула

пролиферации [3]. Снижение средней частоты АК ($p < 0,001$) в 1998 г. подтверждает предположение. Среднее число ПК в меристеме повысилось ($p < 0,001$) (Б, 1), и, вследствие этого, возросла выживаемость семян ($S=0,88$). Эти данные указывают на механизмы межклеточной регуляции, не связанные с репарацией клеток.

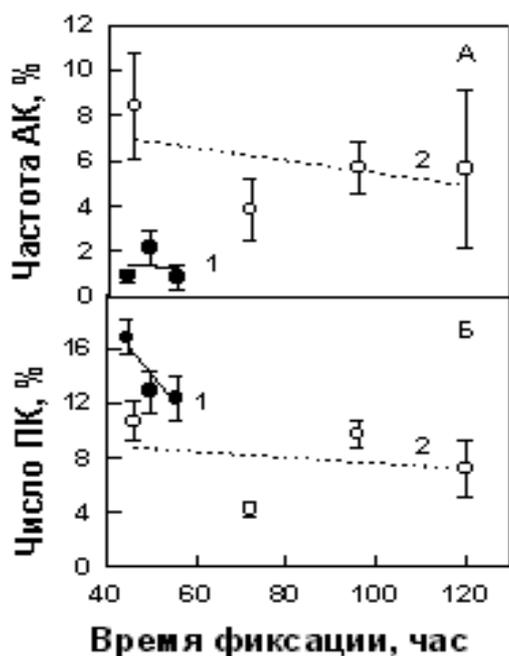


Рис. 1 Зависимость частоты АК (А) и числа ПК (Б) (%) от времени фиксации в 1998 (1) и 1999 (2) гг. (Дубна, ОИЯИ)

Моделирование показало [3], что появление АК происходит в двух субпопуляциях клеток: в первой, - независимым образом по законам Пуассона (P), во второй, - по механизмам межклеточного взаимодействия по геометрическому закону (G) ($T_{AK}=P+G$); появление ПК происходит в трех субпопуляциях по логнормальному закону ($T_{ПК}=LN1+LN2+LN3$). Между величинами субпопуляций (P, LN1) и (G, LN2) выявлена корреляционная связь. Третья субпопуляция LN3 увеличивает пролиферативный пул в меристеме на 1, 2, ... и т.д. клеток. В случае радиационного стресса распределение LN3 приобретает форму «подложки».

В популяции семян (Дубна) в 1998 г. выборочные средние значения P и G меньше ($p < 0,05$) (рис. 2, А, Б), а выборочное среднее значение LN4 больше ($p < 0,05$), чем в 1999 г. (рис. 2, В, Г). Можно заключить, что нейтронное облучение ~0,5 мЗв в популяции с высоким АОС вызывает уменьшение как числа независимых появляющихся АК (P), так и возникающих в результате межклеточных контактов (G). Одновременно оно стимулирует вступление в цикл покоящихся клеток (субпопуляция LN4). Эти процессы повышают выживаемость семян. Повышенные температуры (1999) вызывают возрастание выборочных средних значений распределений субпопуляций АК (P, G) (рис. 2, Б), в то время как выборочное среднее распределения LN4 остается небольшим (рис. 2, Г). Выживаемость семян в 1999 г. ~ 0,63.

ВЫВОДЫ

Облучение семян подорожника с высокой величиной АОС нейтронами в дозе 0,4 – 0,5 мЗв (2 раза) в меристеме корешков

проростков вызывает:

- уменьшение числа появляющихся АК, как в субпопуляции не зависящих друг от друга клеток (P), так и в субпопуляции с доминированием межклеточных контактов (G);
- стимуляцию пролиферации покоящихся клеток (LN4).

Стимуляция пролиферации покоящихся клеток является чувствительным биологическим детектором облучения, сравнимого с естественным радиационным фоном.

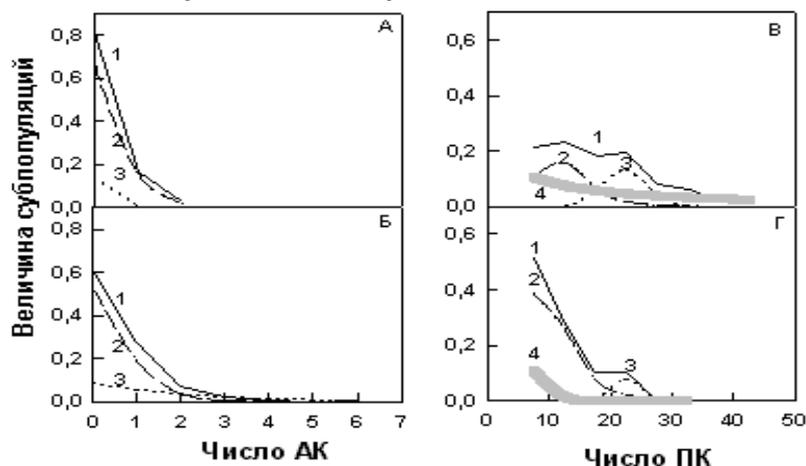


Рис. 2. Экспериментальные данные и ожидаемые распределения появления АК (А,Б) и ПК (Б, Г) в 1998 (А,В) и в 1999 (Б, Г). Экспериментальные данные (1). Субпопуляции модели АК: P (2), G (3); модели ПК: LN1(2), LN2(3), LN3(4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Korogodina V.L et al. // Сахаровские чтения 2003г: экологические проблемы XXI века. 2003, 55-57.
2. Mothersill C., Seymour C.B. // (2000) Радиационная биология. Радиационная экология. 40(5), 615-620.
3. Корогодина и др. // (2003) Радиационная биология. Радиационная экология. (в печати).

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МОНОНУКЛЕАРНЫХ ФАГОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ДОЗАХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АНТИГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

Кравченко Е.А., Пильченко Н.В., Петренев Д.Р.

Институт радиобиологии НАН РБ, г. Минск, Республика Беларусь

THE MONONUCLEAR PHAGOCYTES FUNCTIONING UNDER ACTION ACUTE GAMMA-IRRADIATION IN HIGH AND LOW DOSES AND SUPPLEMENTARY ANTIGEN-LOADING. The functioning of mononuclears in white non-linear rats under action acute ionizing irradiation in 1 and 10 Gr doses is studied. Experimental animals were immunised tissue 3-component-antigens (thymus, medulla, lien). Effects were observed during 1, 10, 30, 90 days. It was found that supplementary antigen-loading at first activated mononuclears, but afterwards depressed them.

Иммунная система является системой первичного реагирования [1,3], поэтому в условиях экологического неблагополучия будет актуальным выяснение особенностей качественных и количественных сдвигов ее важнейшего клеточного звена при дополнительной антигенной нагрузке. В этой связи были проведены иммунологические исследования на белых нелинейных крысах-самцах исходного 2-мес. возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Животных облучали остро в дозах 1 и 10 Гр на установке «Игур» с мощностью дозы 5 сГр/мин. После облучения животных также иммунизировали трехкомпонентными тканевыми антигенами, приготовленными из тимуса, костного мозга и селезенки [2] трехкратно с интервалом 7 дней. Группы животных разбивали на подгруппы, по 6 особей, иммунизированных одновременно. Животным за 5 дней до декапитации вводили внутривенно вазелиновое масло в объеме 10 мл для накопления перитонеальных макрофагов. Сроки проведения исследований составили 1-е, 10-е, 30-е и 90-е сутки с момента последней иммунизации. Животных декапитировали и отбирали у них кровь и альвеолярные и перитонеальные макрофаги методом лаваж. Для проведения иммунологических исследований использовали следующие методы [4,5]: макрофагальная трансформация мононуклеаров; НСТ-тест.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

У животных, подвергнутых острому гамма-облучению, наблюдали выраженные сдвиги функционирования клеток иммунной системы:

№ п/п	Группы животных	Сроки сут	Оптическая плотность супернатанта ед.опт. плотн.				Показатель макрофагальной трансформации мононуклеаров периферической крови, %
			Альвеолярные макрофаги		Перитонеальные макрофаги		
			О	К	О	К	
1	Облученные остро в дозе 1 Гр	1	0,092±0,0024*	0,068±0,0027	0,192±0,035*	0,146±0,026	36,8±1,1*
		10	0,078±0,0019	0,062±0,0021	0,178±0,024**	0,138±0,033	33,7±1,3*
		30	0,076±0,002	0,058±0,0021	0,165±0,022	0,142±0,021	7,5±0,4*
		90	0,077±0,0017	0,055±0,0024	0,152±0,037	0,136±0,026	15,8±0,6
2	Облученные остро в дозе 10 Гр	1	0,035±0,0011*	0,022±0,0013*	0,122±0,026*	0,127±0,017*	6,3±0,6*
		10	0,032±0,0009*	0,027±0,0011*	0,117±0,021*	0,122±0,011*	5,8±0,4*
		30	0,027±0,0012*	0,020±0,0008*	0,113±0,016*	0,110±0,013*	5,5±0,4*
		90	-	-	-	-	-
3	Облученные остро в дозе 1 Гр и иммунизированные	1	0,096±0,0026*	0,077±0,0017**	0,197±0,038*	0,153±0,025**	48,8±1,6*
		10	0,088±0,0017*	0,072±0,0021*	0,192±0,035*	0,155±0,022**	43,6±1,4*
		30	0,082±0,0014	0,066±0,0013	0,188±0,028*	0,152±0,025**	17,3±1,4
		90	0,076±0,0011	0,058±0,0016	0,158±0,026	0,133±0,021	10,2±0,4**
4	Облученные остро в дозе 10 Гр и иммунизированные	1	0,033±0,0014*	0,024±0,0011*	0,115±0,021*	0,106±0,016*	8,2±0,6*
		10	0,028±0,0008*	0,020±0,0008*	0,113±0,017*	0,102±0,012*	8,5±0,4*
		30	0,022±0,0006*	0,021±0,0008*	0,108±0,021*	0,102±0,016*	6,7±0,6*
		90	-	-	-	-	-
5	Иммунизированные	1	0,090±0,0021*	0,061±0,0025	0,189±0,035*	0,147±0,02	36,2±1,3*
		10	0,075±0,0013	0,060±0,0017	0,182±0,021**	0,135±0,035	31,6±1,3*

	<i>нные</i>	30	0,077+0,002	0,056+0,0014	0,167+0,024	0,144+0,017	17,5+0,6
		90	0,072+0,0016	0,053+0,0014	0,156+0,033	0,130+0,021	15,8+0,6
6	<i>Интактные</i>	1	0,078+0,0019	0,055+0,0021	0,155+0,023	0,137+0,021	17,8+1,2
		10	0,075+0,0021	0,057+0,0014	0,161+0,025	0,134+0,013	15,6+0,8
		30	0,072+0,0011	0,055+0,0013	0,159+0,021	0,131+0,016	16,2+1,4
		90	0,077+0,0019	0,058+0,0017	0,152+0,017	0,127+0,022	16,8+0,6

Примечание : * - данные достоверны, P<0,01, * - данные достоверны, P<0,05.

У животных, как иммунизированных, так и неиммунизированных, облученных в дозе 10 Гр, констатировали глубокое угнетение функциональной активности перитонеальных макрофагов, которые уже не реагировали на дополнительное стимулирование. В то же время, дополнительная антигенная нагрузка первоначально усиливает активность фагоцитирующих клеток животных, облученных в дозе 1 Гр, а в последующем способствует угнетению их функциональной активности.

ЛИТЕРАТУРА

1.Бондарчук И.А. Гипотеза о механизме индукции адаптивного ответа при облучении клеток млекопитающих в малых дозах. – Рад.биология. Радиоэкол.- Т.42. - №1, 2002.-С.36-38.

2. Лимфоциты. Методы. – М.: Мир, 1990. – 393с.

3.Макаренкова В.П., Кост И.В., Щурин М.Р. система дендритных клеток : роль в индукции иммунитета и в патогенезе инфекционных аутоиммунных и онкологических заболеваний. – Иммунология. –Т.23 -№3,2002 – С.68-71.

4.Определение феномена макрофагальной трансформации мононуклеарных клеток в культуре лейкоцитов крови для оценки иммунологического состояния организма. Метод. рекоменд.Л.: 1980.- 14 с.

5.Иммунологические методы в оценке состояния здоровья лиц, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации. – Метод. рекоменд.- Киев, 1989.-21с.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА СРЕДСТВ И ТЕХНИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИЗМЕРЕНИЙ РАДОНА В БЕЛАРУСИ

Лобач Д.И. , Матвейчук С.В., Милевский В.С.,
Сорока С.А., Уголев И.И., Чудаков В.А.**

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,
Институт физико-органической химии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

ABOUT DESIGNING OF MEANS AND TECHNIQUES FOR METROLOGY SUPPORT OF RADON RESEARCH IN BELARUS. Reference systems of measurement of volumetric activity of radon in air. Metrology support of radon research of radon research. The block diagram of reference installation for radon measurements of radon research.

Отсутствие в Беларуси отечественной метрологической базы радоновых исследований тормозит развитие сертифицированной приборной базы для мониторинга и научных исследований, не способствует оперативному решению вопросов связанных с аттестацией и поверкой средств измерений. Особенно эта проблема стала актуальной в последние годы, в связи с расширением штата приборов для измерения объемной активности радона и его дочерних продуктов распада.

МЭЖ выработала концепцию эталонной системы обеспечения радоновых исследований – *System for Test Atmospheres with Radon (STAR)/3/*. Подходящим русским переводом может быть *радоновая система с эталонной средой (РСЭС)*. Эта установка является комплексом, состоящим из:

1. оборудования для получения среды;
2. оборудования для поддержания среды с необходимыми параметрами;
3. собственно эталонной среды, которая создается;
4. оборудования и методов для мониторинга параметров эталонной среды.

Концепция РСЭС может быть отождествлена с понятием радоновая камера. Тем не менее, радоновая камера – это интегрирующее и обобщающее понятие. Схема концепции РСЭС следующая. Прибор или устройство, функционирование которого необходимо проверить, помещается в образцовую атмосферу в замкнутом контейнере (камере). РСЭС включает образцовое оборудование для измерения таких характеристик атмосферы, как содержание радона, ДПР радона и измерения аэрозольных параметров, климатических параметров и скорости потока воздуха в камере. РСЭС обязательно содержит источник радона и ДПР, систему поддержания определенных климатических и аэрозольных условий.

В некоторых странах радоновая камера объединена с тороновой и образуют так называемую *радон-тороновую тестирующую систему (РТТС) /2/*, по-английски RTTF – Radon/Thoron Test Facility.

РТТС сконструированы в целях тестирования и калибровки инструментария предназначенного для

радонометрии. Они используются при изучении свойств радиоактивных аэрозолей радона и ДПР, отложения ДПР радона и торона на поверхности (стенки). РТТС находят применение при тестировании и сличении показаний и результатов от использования в радонометрии разных средств измерений, методов и методик. Эти системы используются также для изучения соответствия теоретических и экспериментальных результатов при различных динамических имитациях. Условия функционирования РТТС могут быть разнообразными.

Основное применение РТТС – метрологическое обеспечение радонометрии, калибровка инструментария для радоновых исследований. Это играет чрезвычайно важную роль при определении корреляции между радоногенерированием и/или радоносодержанием сред и биологической опасностью радона и ДПР, воздействием этих радиоизотопов на здоровье человека. РТТС сконструированы и функционируют в ряде стран, где проблема радона считается актуальной, например, США, Великобритания, Канаде, Австралии и др..

Строение РТТС позволяет проводить имитацию воздуха урановых шахт с долгоживущими радионуклидами пыли и вредными сопутствующими газами. Существенное значение имеет возможность получения реальной аэрозольной смеси с требуемыми параметрами окружающей среды (температуры, влажности и др.). Рабочий объем РТТС может быть от 3 до 30 м³.

Таким образом, можно сделать вывод, что термин «радоновая камера» включает в себя очень широкий класс различных типов оборудования. В результате анализа литературных источников в любой радоновой камере можно выделить следующие структурные элементы: /2,3,4/

1. собственно радоновая камера (радон-тороновая камера);
2. система управления температурой и влажностью;
3. система управления потоком воздуха;
4. система управления концентрацией радона и аэрозолей ДПР;
5. средства измерения радона и/или ДПР;
6. системный контроль.

Присутствие какого-либо элемента и его сложность зависят от назначения камеры.

На базе ИФОХ НАН Республики Беларусь в соответствии с приказом Государственного комитета по науке и технологии Республике Беларусь и на основании Государственной программы Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы ведутся работы по выполнению НИОКР «Создать и аттестовать эталонный комплекс для измерения объемной активности радона». Эталонный комплекс предназначен для организации в РУП «БелГИМ» эталонной базы для измерения и передачи единиц объемной активности радона в воздухе.

На данный момент уже создан эталонный комплекс с камерой объемом 0,142 м³ и планируется дополнить его камерой объемом 1,2 м³. При создании этого комплекса за основу брались принципы, описанные в /2,3/. Основными проблемами являются материальные. По этой причине в комплексе (пока) отсутствуют генераторы торона и аэрозолей.

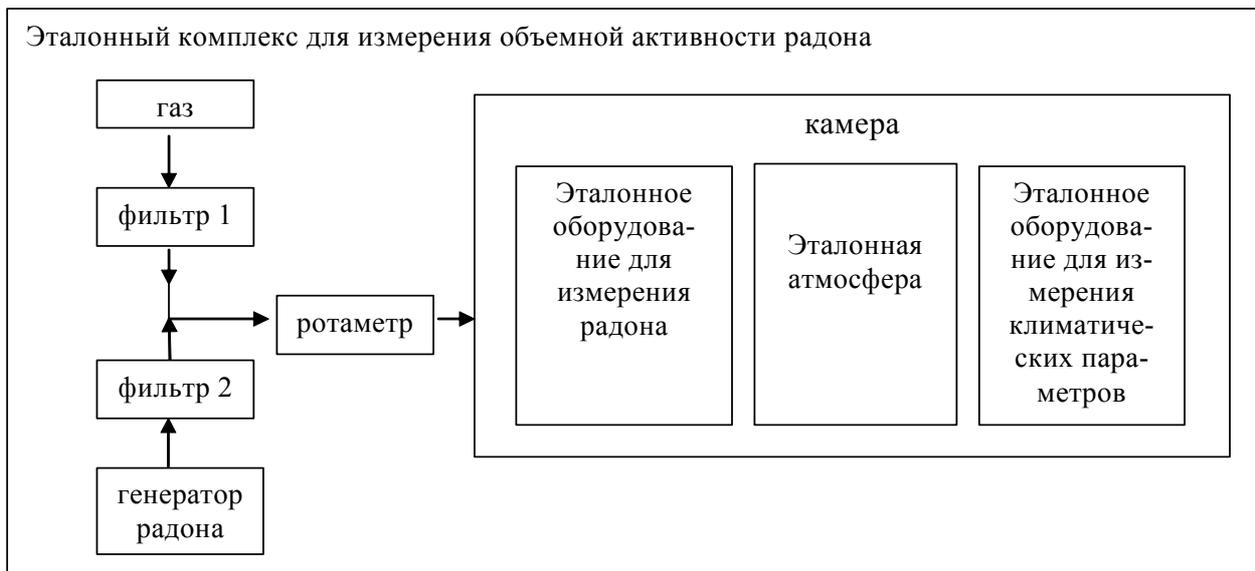


Рис. 1. Структурная схема эталонного комплекса для измерения ОА радона в воздухе

Эталонный комплекс для измерения объемной активности радона предназначен для проверки и метрологической аттестации средств измерения, осуществляющих как непрерывные, так и интегральные измерения объемной активности радона. /1/ Диапазон измерения радона в воздухе от 100 до 2×10⁴ Бк. Погрешность воспроизведения единицы объемной активности радона в воздухе 10%. По физическим параметрам эталонный комплекс можно отнести к малым образцовым средствам измерения радона с переменным режимом работы.

Эталонный комплекс состоит из трех элементов:

1) система оборудования для создания эталонной атмосферы

- жидкостной образцовый генератор радона (для научных целей также были использованы источники радона на основе соли радия, нанесенной на промокашку и адсорбированные волкнистым адсорбером типа «Фибан К1»);
- встроенное эталонное оборудование для измерения ОА радона (радиометр радона Alpha GUARD PQ 2000 производства фирмы Geniton Instruments);
- система управления воздушным потоком работает в смешанном режиме
- система создания метеорологических условий (существует в урезанном варианте: устройства измерения и управления давлением и только измерения температуры и относительной влажности, которыми служат электронные датчики)

2) непосредственно эталонная атмосфера (представляет собой смесь «состаренного» воздуха в качестве газа – носителя и радона с заданной концентрацией при нормальных условиях окружающей среды)

3) система оборудования для удержания эталонной атмосферы (в ее роли выступает непосредственно радоновая камера с системой внешних коммуникаций)

В настоящее время ведутся работы над созданием радоновой камеры объемом 1,2 м³ и созданием в Республике стандарта аналогичного описанного в /3/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет НИР «Разработать и изготовить твердотельные генераторы радона и установку для калибровки аппаратуры измерения объемной активности радона» (заключительный), № госрегистрации 19992939, науч.рук. Уголев И.И., Минск, 2001, 53 с..

2. The National Radon/Thoron Test Facility/ J.Bigu// Proceedings of seminar on Radon Risks, Ottawa, Canada, 29 Oct 1992, p.61-83..

3. International Standard: IEC 61577-1, Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 1: General requirements, IEC, 2000..

4. О разработке средств и техники метрологической поддержки радоновых исследований в Беларуси/ Романчук Н.В., Лобач Д.И., Уголев И.И., Савицкая Е.И., Соколовский А.С.// Материалы 3-го Междунар. симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии» 24- 26 окт. 2001, Международный экологический университет им.А.Д.Сахарова, Минск, с.48-50..

О ВОЗМОЖНОСТЯХ УЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ПОТЕНЦИАЛЬНО РАДОНООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Лобач Д.И., Сорока* С.А., Чудаков В.А.

*Белорусский национальный технический университет, Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

ABOUT POSSIBILITIES TO EXCLUDE OF AFFECTING OF METEOROLOGICAL AND OTHER ASPECTS ON FORMING OF RADON VOLUME ACTIVITY VARIATIONS IN POTENTIALLY RADONDANGEROUS SITES. Affecting of meteorological quantities upon radon variations is presented. Recommendations to limitate the influence of effects are suggested.

Способность радона удаляться на большие расстояния в результате диффузии от места своего образования обуславливает частое отсутствие простой корреляции между концентрацией радона в атмосферном воздухе, почвенном воздухе или воде и концентрацией его материнского радионуклида – радия в смежных средах. В работе /1/ приведены некоторые наблюдаемые закономерности влияния метеорологических факторов (температура воздуха и почвы, атмосферное давление, скорость ветра, влажность и наличие осадков) на содержание радона в потенциально радоноопасных помещениях.

Наличие сезонных и суточных вариаций *объемной активности* радона (ОА) объясняется присутствием соответствующей периодичности в изменении параметров окружающей среды. В течение года, оба вида вариаций могут приводить к широкому диапазону изменения ОА. Совокупное действие разных метеорологических факторов совместно с режимом функционирования помещений может привести к неправильной трактовке результатов измерений в соответствии с существующей нормативно-правовой документацией. Вариации концентрации радона в воздухе помещений существенно затрудняют оценку степени радиационной опасности для находящихся в них людей. Основные факторы изменений ОА – жизнедеятельность людей и влияние метеорологических факторов. ОА радона обусловлена *плотностью потока* радона (ППР) с поверхности грунтов.

Суточные вариации радона в помещениях определяются суточным перепадом температуры, и

наблюдается даже в закрытых помещениях (период ~24 часа). Охлаждение земной поверхности сопровождается повышением содержания радона в приземном слое /2/. ОА радона увеличивается с вечера (после захода Солнца) и достигает максимума ранним утром. Содержание радона падает с восходом Солнца. Степень герметизации помещения определяет сдвиг синхронности между вариацией радона в приземном слое и помещении.

Сезонное изменение средней температуры и среднего количества выпадаемых осадков определяют сезонные вариации радона. Максимум ОА радона в сезонном цикле (период ~365 суток), а минимум – в августе.

В работе /3/ приводятся некоторые зависимости между ППР радона и метеорологическими факторами – температурой и давлением.

На основании анализа измерений проведенных в 2001-2003г.г. изменение давления со скоростью более чем 10мбар/сутки (1кПа /сутки) приводит к изменению регулярных суточных вариаций.

Игнорирование факта вариаций ОА, а следовательно и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА), как контролируемой величины в соответствии с гигиеническими нормативами НРБ-2000, может привести к необъективному представлению степени радоноопасности. Мгновенные значения ЭРОА радона в воздухе могут меняться в течение суток в 5-10 раз, что не позволяет использовать эти данные для надежной оценки среднегодовых значений ЭРОА радона.

В соответствии с методическими указаниями проведения измерений есть еще один фактор, приводящий к недооценке воздействия радона и его ДПР согласно НРБ-2000. Применение коэффициента равновесия между радоном и его ДПР $F = \frac{ЭРОА}{ОА}$ при проведении мгновенных измерений ОА

радона соответствует кратности воздухообмена в помещении ~1,0-1,5 ч⁻¹ /4/. Это предполагает наличие интенсивного воздухообмена. Для помещений, классифицируемых, как радоноопасные /1/ использование такого коэффициента равновесия способствует занижению оцениваемой ЭРОА.

Сформулируем некоторые выводы и рекомендации для проведения скрининга радона в помещениях, которые вытекают из анализа воздействия метеорологических и других факторов на формирование вариаций содержания радона в помещениях:

1. В радоноопасных и потенциально радоноопасных помещениях экспрессные измерения ЭРОА радона являются предпочтительнее, чем ОА радона. Так как получение ЭРОА исключит процедуру перехода от ОА к ЭРОА;

2. Если за несколько дней (1-3) в планируемой для контроля местности были осадки или резкий перепад давления, то проведение экспрессных измерений может быть недостаточным для принятия решения по радоноопасным и потенциально радоноопасным помещениям;

3. Для представления объективного значения средней величины ОА радона в помещении в течение рабочего дня надо измерить максимальное значение ОА в начале, и минимальное значение ОА в конце рабочего дня;

4. Результат интегральных (с применением трековых детекторов) и квазиинтегральных (с применением пассивных угольных адсорберов) измерений менее чувствителен к сезонным и суточным вариациям радона в помещениях, в отличие от экспрессных методов анализа ОА и ЭРОА радона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование корреляции факторов формирования вариаций объемной активности радона весной в потенциально радоноопасных помещениях/ Лобач Д.И., Сорока С.А., Чудаков В.А.// Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003 года: экологические проблемы XXI века», Минск, 2003, с.242-243.

2. Методика учета временных вариаций объемной активности радона при проведении обследования помещений/ Титов В.К., Черник Д.А., Венков В.А.// АНРИ, №3, 1996/97, с.40-46.

3. Оценка воздействия метеорологических факторов на объемную активность радона в породах и плотность потока из грунта/ Иванова Т.М.// АНРИ, №2, 2001, с.9-16.

4. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. – М.: Энергоатомиздат, 1989.– 120с.

МОНИТОРИНГ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ БЕЛОРУССИИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

Миненко В.Ф., Трофимик С.В.

Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск, Республика Беларусь

INTERNAL EXPOSURE MONITORING OF BELARUSIAN POPULATION AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT. In Belarus monitoring of radiocesium body burden by direct tool method for measuring was begun after the Chernobyl accident in 1986. The monitoring is performing by whole body counter (WBC) measurement of activity incorporated in human body. More than 100 WBC operate for the examination of the body burden in all areas of republic. The system of an internal exposure control of the population was actually created. The results of

the large number of WBC measurements that have been made in Belarus are analyzed. A large variability in internal exposure to the population of the contaminated areas was observed.

С 1986 года в Белоруссии проводятся работы по контролю внутреннего облучения населения путем прямого инструментального измерения активности радионуклидов, инкорпорированных в организме человека. Для этого в республике применяются различные устройства, объединяемые общим названием - счетчик излучения человека (СИЧ). К середине 90-х годов в системе здравоохранения была сформирована сеть СИЧ мониторинга населения Беларуси. В эти годы в учреждениях здравоохранения районного, областного и республиканского уровня работало более 100 установок СИЧ.

Установки СИЧ были либо стационарными СИЧ с защитой облегченного типа, либо портативными устройствами без защиты. В число стационарных установок, эксплуатируемых до настоящего времени, входят: СИБ-1, СЕГ-01Т, СКГ-1, СКГ-2, QBM-1А, СМБ-1, ГАММА-01, SM-04. Имея практически одинаковую конструкцию, эти установки различаются местоположением детектора относительно обследуемого, размерами кристалла NaI(Tl) в используемых детекторах, толщиной защиты и типом регистрирующей электронно-физической аппаратуры. Все эти установки, за исключением QBM-1А, включают в себя систему детектирования на основе однокристалльного сцинтилляционного гамма-спектрометра с детектором NaI(Tl). Имеют устройство для размещения обследуемого в форме кресла с углом между спинкой и сиденьем 90⁰-100⁰. Детектор в свинцовой защите размещается либо перед обследуемым, либо со стороны его спины. У большинства установок СИЧ кресло, благодаря свинцовым экранам, играет роль теневой защиты. В установке QBM-1А применяются два блока детектирования на основе сцинтиллирующей пластмассы.

Для энергоселективных счетчиков излучения человека (СИБ-1, СМБ-1, SM-04, СЕГ-01Т) энергетический диапазон регистрируемого гамма-излучения устанавливался в пределах [540-850] кэВ, для остальных (QBM-1А, и др.) энергетический диапазон определялся конструктивными особенностями и составлял примерно [50-3000] кэВ. Время измерения определялось чувствительностью блока детектирования, качеством защиты и составляло 103 с для СИБ-1-2, 60 с для QBM-1А, 26 с для SM-04, 600 с для СЕГ-01Т.

Из всех портативных СИЧ до настоящего времени эксплуатируется только РУБ-01П6. Этот прибор состоит из сцинтилляционного блока детектирования с кристаллом NaI(Tl) размерами 63x63 и пульта управления и обработки. Защита отсутствует. Прибор работает в радиометрическом режиме измерения с энергетическим окном 300-1000 кэВ.

К концу 1988 года для всех СИЧ, действовавших в республике, была создана и введена в пользование единая методика выполнения измерений /1/.

Унифицированная методика определяла время измерения для конкретной установки, время измерения фона, кратность и периодичность измерения фона, процедуру контроля точности, виды технического обслуживания и их периодичность, способ расчета инкорпорированной активности, интерпретации результата и оценки дозы внутреннего облучения. Определение активности изотопов ^{134,137}Cs в теле человека производилось путем измерения скорости счета импульсов, поступающих от блока детектирования.

К числу важнейших характеристик, позволяющих оценить качество и достоверность полученной информации, относятся порог обнаружения и минимально измеряемая активность /2/. В таблице приведены характеристики для основных типов СИЧ, эксплуатируемых в республике.

Таблица

Предел обнаружения и минимально измеряемая удельная активность для различных типов СИЧ

Тип СИЧ	Размер детектора, мм	Время измерения, с	Порог обнаружения, Бк кг ⁻¹			Минимальная измеряемая активность, Бк кг ⁻¹		
			дети	подр	взр.	дети	подр	взр.
СКГ-1	63×63	200	20	10	10	80	50	35
СМБ-1	76×76	200	10	8	6	50	40	25
СИБ-1	150×100	100	35	15	8	140	65	35
СЕГ-01Т	63×63	200	115	44	25	490	200	110

К настоящему времени накоплено большое количество результатов измерений на СИЧ. Полученные данные свидетельствуют о непростой динамике содержания радиоцезия в организме жителей Беларуси. После закономерного снижения инкорпорированной активности в организме людей на протяжении десятилетия после Чернобыльской аварии вдруг в период 1996-1998 гг. во многих регионах Беларуси был зарегистрирован 3-5 кратный рост среднего содержания радиоцезия по сравнению с предыдущими годами.

Вообще, содержание радионуклидов цезия в организме жителей разных районов Беларуси зависит от таких факторов как радиоэкологические характеристики территории, место проживания, возраст и пол людей.

По имеющимся данным СИЧ можно говорить о тенденции к выравниванию внутреннего содержания

радионуклидов в организме людей, проживающих на территориях с разными уровнями загрязнения. Возможно, это связано с миграцией радионуклидов цезия по территории республики вместе с сельскохозяйственной продукцией. Поэтому, несмотря на то, что после Чернобыльской аварии прошло около двух десятков лет, мониторинг внутреннего облучения населения Беларуси по-прежнему актуален. СИЧ мониторинг населения должен продолжаться даже там, где по результатам оценки уровня радиоактивного загрязнения местности населенные пункты были выведены из зон радиоактивного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миненко В.Ф., Улановский А.В., Глухов Ю.П., "Методика выполнения измерений содержания Cs-137 и Cs-134 в организме человека с помощью установки типа СИБ-1", НИИ РМ МЗ БССР-БелТПДЛ МЗ СССР, Мн., 1990.

2. Миненко В.Ф., Улановский А.В. "Погрешности определения инкорпорированной активности при измерениях на счетчиках-спектрометрах излучения человека". Тезисы республиканской конференции "Научно-практические аспекты сохранения здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС", г.Минск, 12-14 марта 1991 г., НИИ РМ МЗ БССР, Мн., 1991, с.29.

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИНСКА И ГОМЕЛЯ НА АКТИВНОЙ СТАДИИ АВАРИИ

Миронов В.П., Журавков В.В., Ананич П.И.*

Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь;

*Объединенный институт энергетических и ядерных исследований ИАН РБ, г. Минск-Сосны, Республика Беларусь

THE RETROSPECTIVE ANALYSIS OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF MINSK AND GOMEL DURING THE ACTIVE STAGE OF ACCIDENT. The scientific substantiation and feasibilities of retrospective analysis of radiation situation on the territory of Republic of Belarus in April-May 1986 on the basis of results of measurement of iodine-131,129; cesium-137 and technetium-99 in environmental objects is represented in present report. The methodological approach to determination of content of iodine-131 in thyroid gland on an active stage of accident on Chernobyl NPP station has been worked up on the basis of measurements of iodine-129 content in thyroid gland of some Minsk inhabitants.

В первые дни после катастрофы на Чернобыльской АЭС практически вся территория Беларуси подверглась радиоактивному загрязнению короткоживущими радионуклидами, которые внесли существенный вклад в формирование доз облучения населения. Минск и Гомель выбраны в связи с тем, что здесь проживают более 20% населения страны и практически отсутствует в доступной печати информация о радиоактивном загрязнении этих территорий.

Среднее поверхностное загрязнение территории г. Минска ^{137}Cs в результате аварии на ЧАЭС по нашим данным измерения проб из разных мест города составило $5,1 \pm 1,9$ кБк/м² (за вычетом "бомбовых" выпадений и в пересчете на 26.04.1986г.). Интеграл выпадений ^{137}Cs на 29 апреля 1986г. составлял 70-75% от всех выпадений на активной стадии аварии на ЧАЭС или $5,1 \times 0,725 \approx 3,7$ кБк/м².

Коэффициент фракционирования йода по отношению к цезию-137 принят равным двум, при этом расчетные значения мощности экспозиционной дозы хорошо согласуются с экспериментальными [1]. При расчетах выпадений радиоактивных изотопов La, Ba, Zr, Nb, Ce, Eu и Np предполагалось, что их фракционирование не происходило. Коэффициент фракционирования ^{137}Cs по отношению к этим радионуклидам был равен для Минска 5,0. Предполагается также, что не было фракционирования радионуклидов Cs и Mo, а также радионуклидов йода и теллура. Подобные расчетные исследования выполнены для определения радиационной обстановки в Гомеле.

Процесс ресуспензии, обусловленный в частности химической трансформацией с образованием более летучих соединений, может приводить к значительному фракционированию радионуклидов. Эти процессы будут изменять отношение $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ особенно в случае низких уровней загрязнения почвы и на площадках с высокими линейными градиентами радиоактивного загрязнения.

Большинство измерений йода-131 было выполнено через месяц и более после аварии. В этом случае необходимо учитывать процесс ресуспензии йода. В предыдущих работах это не рассматривалось, поэтому делались некорректные выводы, что в местах с низкими значениями загрязнения по цезию наблюдались высокие загрязнения по йоду на активной стадии аварии по результатам измерений, проведенных через несколько месяцев после первичных выпадений.

В таблице приведены наиболее долгоживущие изотопы йода и радионуклиды, вносящие существенный вклад в мощность экспозиционной дозы для Минска и Гомеля (более 0,5%).

Из данных, приведенных в таблице, следует, что радиационная обстановка в г.Минске 28-29 апреля 1986 года определялась изотопами йода, причем основной вклад (более 60%) вносила генетическая пара

$^{132}\text{Te} \rightarrow ^{132}\text{I}$. Заметный вклад в формирование мощности экспозиционной дозы в г. Минске в это время вносили также $^{95}\text{Zr}/^{95}\text{Nb}$, ^{99}Mo , ^{103}Ru , ^{133}Xe , $^{140}\text{Ba}/^{140}\text{La}$, ^{239}Np .

Необходимо отметить, что радиоактивное загрязнение территории г. Минска и г. Гомеля как и других территорий Беларуси, неравномерное. Имеются площадки в восточной и юго-восточной частях города, а также в некоторых местах на берегах реки Свислочь, где поверхностное загрязнение цезием-137 в 5-10 раз выше среднего уровня. Есть также площадки в западной части города, где поверхностное загрязнение превышает "бомбовой" уровень на 50-60%.

Одним из направлений этих исследований является использование технеция-99, выпавшего в составе чернобыльских радионуклидов, в качестве трассера йода-131. Технеций-99 ($T_{1/2} = 2,12 \cdot 10^5$ лет; β^- ; 0,290 МэВ) является продуктом деления с выходом 6,2%. На 4-ом блоке ЧАЭС на момент аварии было наработано 1,1 кКи ^{99}Tc . Это значительно (в 480 раз) больше чем йода-129 ($T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^7$ лет), который также часто используется для восстановления радиационной обстановки на активной стадии аварии. Это дает некоторые преимущества при определении содержания ^{99}Tc в загрязненных объектах окружающей среды. Расположение йода и технеция в одной группе периодической таблицы обуславливает близость отдельных свойств (летучесть) этих элементов.

По нашим экспериментальным данным коэффициент фракционирования йода-131 относительно Tc-99 составляет $-0,5$, что позволяет проводить реконструкцию содержания йода-131 в почве на активной стадии аварии по формуле: $A_{\text{I-131}} = 0,5 \cdot 8 \cdot 10^4 A_{\text{Tc-99}}$, где $A_{\text{Tc-99}}$ – экспериментально определенное содержание (активность) технеция-99 в почве.

Дается обоснование возможности прямого определения йода-129 в гистологических срезах щитовидной железы на примере некоторых жителей Минска, и на основании этих данных проводить ретроспективный анализ содержания йода-131 в щитовидной железе населения во время «йодного» удара [2].

Радионуклидное загрязнение и радиационная обстановка в Минске и Гомеле на активной стадии аварии.

Радионуклид	$T_{1/2}$	Минск		Гомель	
		$C_{\text{рн}}$, кБк/м ³ (28.04.86)	$\sigma_{\text{рн}}$, кБк/м ² (29.04.86)	$C_{\text{рн}}$, кБк/м ³ (28.04.86)	$\sigma_{\text{рн}}$, кБк/м ² (29.04.86)
1	2	3	4	5	6
^{131}I	8,02сут	6,6 (56)	74 (16)	43 (370)	480 (110)
$^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$	76,3час	6,4 (320)	72(89)	42 (2100)	470 (580)
^{133}I	20,8час	1,6 (21)	18 (6)	10 (140)	120 (37)
$^{135}\text{I}/^{135\text{m}}\text{Xe}$	6,61час	0,01 (0,32)	0,1 (0,08)	0,06 (2,1)	0,63 (0,53)
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	52,58час	0,3 (0,23)	-	1,5 (1,5)	-
^{133}Xe	5,24сут	13,2 (14)	-	85 (91)	-
^{95}Zr	63,98сут	0,3 (5,4)	13 (5)	16 (100)	540 (80)
^{95}Nb	35,15сут	0,3 (5,8)	14 (6)	26 (290)	880 (230)
^{97}Zr	17час	0,02 (0,32)	0,65 (0,3)	8,1 (36)	270 (27)
^{99}Mo	66,08час	0,83 (5,1)	33 (5)	1,3 (47)	45 (39)
^{103}Ru	39,4сут	1,34 (15)	54 (14)	0,38 (18)	13 (15)
^{106}Ru	368сут	0,42 (1,8)	17 (2)	1,7 (23)	60 (19)
^{134}Cs	2,062лет	0,12 (2,3)	1,8 (2)	6,4 (110)	220 (89)
^{136}Cs	12,9сут	0,04 (0,94)	0,79 (1)	6,7 (110)	220 (96)
^{137}Cs	30,17лет	0,25 (1,1)	3,7 (1)	0,31 (6,2)	11 (5,2)
^{140}Ba	12,8сут	0,29 (1,1)	12 (1)	5,7 (22)	190 (21)
^{140}La	40,22час	0,13 (6,6)	5,3 (6)	2,5 (130)	85 (98)
^{141}Ce	32,5сут	0,3 (0,5)	12 (1)	5,9 (10)	200 (8,5)
^{143}Ce	33 час	0,07 (0,39)	2,6 (0,4)	1,2 (7,5)	43 (7,3)
^{144}Ce	284сут	0,25 (0,11)	10 (0,4)	4,9 (2,1)	170 (5,8)
^{156}Eu	15,2сут	0,01 (0,39)	0,53 (0,4)	0,25 (7,6)	8,6 (5,6)
^{239}Np	2,35сут	1,35 (4,8)	54 (5)	26 (95)	880 (82)

$C_{\text{рн}}$ – концентрация радионуклидов в приземном воздухе 28 апреля 1986г.

$\sigma_{\text{рн}}$ – поверхностное загрязнение почвы радионуклидами на 29 апреля 1986г.

В скобках указано значение мощности экспозиционной дозы в мкР/час.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Миронов, В.Кудряшов, М.Кривомаз, М.Другаченок, Г.Жмура Ф.Йю, Г.Райсбек, П.Галь
Использование йода-129 для реконструкции содержания йода-131 в щитовидной железе населения во время

активной стадии чернобыльской аварии: научные основы и возможности. Препринт. Минск 1999.42стр.

2. V.Mironov, V.Kudrjashov, F.Yiou, G.M.Raisbeck Use of 129 I and 137Cs in soils for the estimation of 131I deposition in Belarus as a result of the Chernobyl accident. Journal Environmental Radioactivity №59 (2002) p. 293-307

УЧЕТ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ

Мисюченко В.М., Яременко Е.С.

Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

TAKING ACCOUNT OF RADIOECOLOGICAL ASPECTS WHILE CONDUCTING STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF CERTAIN AREAS. Conducting SEA implies the integration of key environmental problems and the development of management mechanisms at local regional and transregional levels.

Основные планы развития территорий в зоне радиоактивного загрязнения чрезмерно рассчитаны на внешние ресурсы, технократичны, не объединяют социальные, экологические и экономические аспекты развития и сконцентрированы, главным образом, на ограничениях.

При проведении стратегической экологической оценки данных территорий необходимо учитывать рамки и общие направления устойчивого развития, которые предполагают объединенное вмешательство в экологический, социо-экономический сектора и сектор здравоохранения. Это вмешательство включает, главным образом, установление взаимоприемлимого соглашения между действующими лицами локального, национального и международного уровней по вопросам распределения задач экономического и социального будущего загрязненных территорий; увеличение привлекательности этих районов путем снижения неопределенности относительно последствий аварии и развитие позитивного образа и интереса на региональном и всех связанных уровнях, а также распространение реалистичного восприятия риска для здоровья населения.

Проведение стратегической экологической оценки предполагает:

- обеспечение долговременной экологической устойчивости экономического развития пострадавших территорий;
- разработку возможностей и механизмов объединенного экологического и устойчивого планирования менеджмента на локальном, региональном и трансграничном уровнях;
- включение приоритетных экологических проблем на уровне общественности;
- снижение неопределенности относительно радиоактивного загрязнения окружающей среды точным, систематичным и принятым на международном уровне способом;
- улучшение адекватности восприятия рисков радиоактивного загрязнения;
- развитие и «продвижение» уникальных и ценных особенностей естественной среды и культуры района;
- защиту от радиации группы населения повышенного риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г./ Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь. – Минск, 2003. – 112 с.

УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АПОПТОЗА И ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЛИКВИДАТОРОВ 1986-1987 гг.

Морозик П.М., Мельнов С.Б., Морозик В.М.

Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова, Минск, Республика Беларусь

THE LEVEL OF EXPRESSION OF GENETIC APOPTOSIS AND THE CELL CYCLE PARTICULARITIES OF CLEAN-UP WORKERS BLOOD LYMPHOCYTES. The influence of radiation on apoptosis expression and cell cycle parameters in lymphocytes of clean-up workers 1986-1987 yy. Has been studied. It was shown that there is difference between these parameters in studied population group compared with control group even more than 17 years after irradiation.

В отдаленные периоды после облучения, повреждения генетического аппарата клетки могут сохраняться в течение нескольких клеточных поколений и в дальнейшем проявляться в виде генетических и соматических повреждений в организме человека. Генетическая нестабильность может передаваться и

потомкам подвергшихся облучению людей, что будет проявляться нарастанием общей заболеваемости населения пострадавшего региона. Резкое ухудшение экологической обстановки, наблюдающееся в Беларуси после аварии на ЧАЭС, делает эти вопросы весьма актуальными для жителей нашей республики. Особую тревогу вызывает состояние здоровья ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС как наиболее пострадавшей группы населения.

Несмотря на то, что с момента аварии на ЧАЭС прошло уже более 17 лет, реальные последствия аварии на здоровье облученного населения изучены крайне недостаточно; не представляется возможным также произвести долгосрочный прогноз этих последствий. Все это настоятельно диктует необходимость дальнейшего изучения ситуации и отслеживания изменений состояния здоровья всех групп пострадавших.

К настоящему моменту собрано большое количество данных, подтверждающих отрицательное влияние радиации на человеческий организм. Так, углубленный мониторинг состояния здоровья людей, работавших на радиационно-опасных объектах зоны ЧАЭС, показал изменения со стороны регуляторных систем: иммунной, нервной, сердечно-сосудистой, мочеполовой; у 70% обследованных обнаружилось скрытое проявления заболеваний [1].

Сравнительный анализ цитогенетического статуса и заболеваемости особенно важен для Республики Беларусь, поскольку в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в атмосферу было выброшено 50×10^6 Ки радионуклидов; из них 70% выпало на территорию Беларуси, среди которых около 80% долгоживущих с периодом полураспада от 2 до нескольких тысяч лет (изотопы плутония). Таким образом, низкодозовое радиационное воздействие на территории нашей республики стало ведущим фактором окружающей среды, имеющим огромное мутагенное влияние на живые организмы, проявляющееся на тканевом и органном уровнях в виде различных морфо-функциональных отклонений (патологий).

Распределение клеток по фазам клеточного цикла является базовой характеристикой любой биологической ткани, которая зависит от целого ряда параметров, включая тип ткани, биологический возраст объекта, а так же эффекты воздействия экзогенных факторов.

При старении организма уровень активно пролиферирующих клеток снижается и нарастает уровень экспрессии апоптоза – т.е. деструктивные процессы начинают превалировать над синтетическими процессами [2].

При воздействии дополнительных факторов растет количество поврежденных клеток, что должно приводить к изменению уровня экспрессии апоптоза и распределению клеток по фазам клеточного цикла (падение пролиферационного потенциала и задержка клеток в контрольных точках клеточного цикла).

В ходе проведенных нами исследований было изучено состояние параметров клеточного цикла и уровня экспрессии апоптоза в лимфоцитах периферической крови ликвидаторов аварии на ЧАЭС. Распределение клеток по фазам клеточного цикла и оценку уровня экспрессии апоптоза (по частоте клеток с гиподиплоидным содержанием ДНК) проводили методом проточной цитофлуориметрии на проточном цитофлуориметре – сортере Becton Dickinson FACS Vantage [3].

Результаты анализа лимфоцитов периферической крови контрольной группы и ликвидаторов 1986-1987 гг. суммированы в табл. 1 и 2, соответственно.

Таблица 1

Уровень апоптоза (гиподиплоидный тип) и распределение по фазам клеточного цикла лимфоцитов периферической крови у мужчин контрольной группы

Параметры		Среднее	Доверительный интервал		Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
			-95%	+95%		
Апоптоз, %		6,03	3,21	8,85	6,52	1,36
Распределение клеток по фазам клеточного цикла	G1 фаза, %	97,15	96,40	97,90	1,85	0,36
	S фаза, %	1,47	1,09	1,85	0,94	0,18
	G2/M фаза, %	1,14	0,55	1,73	1,46	0,29
	G2/M+S, %	2,01	1,95	2,06	0,03	0,02

Таблица 2

Особенности распределения лимфоцитов по фазам клеточного цикла в лимфоцитах периферической крови ликвидаторов 1986-1987

Параметры		Среднее	Доверительный Интервал		Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
			-95%	+95%		
Апоптоз, %		10,01	5,11	14,90	8,84	2,28
Распределение клеток по фазам	G1 фаза, %	93,96	90,76	97,17	6,64	1,52
	S фаза, %	3,46	0,43	6,48	6,27	1,44
	G2/M фаза, %	2,00	0,97	3,03	2,14	0,49

клеточного	G2/M+S, %	5,46	1,87	1,99	0,10	0,03
------------	-----------	------	------	------	------	------

Сравнительный анализ данных таблиц и характеристик контроля указывает на то, что у ликвидаторов значительно повышен уровень «генетического апоптоза» (примерно на 60 %, $P < 0,05$). При этом существенно меняется и распределение клеток по фазам клеточного цикла – в сравнении с контролем отмечается накопление клеток в S-фазе (до $3,46 \pm 1,44\%$ по сравнению с $1,17 \pm 0,18\%$ в контроле). Это указывает на выраженную задержку клеточного цикла во второй контрольной точке (т.е. репарация, контролируемая геном *p53*, функционирует недостаточно эффективно).

В связи с отмеченным изменением суммарное количество активного пролиферативного пула (G2/M+S) в группе ликвидаторов существенно выше, чем в контроле.

Эти данные свидетельствуют о том, что даже в отдаленные сроки после аварии на ЧАЭС у ликвидаторов сохраняется нестабильность генома и напряженность репаративного потенциала.

Представляет особый интерес оценить сохранение общебиологических закономерностей в популяции соматических клеток ликвидаторов – оценить взаимосвязь между количеством пролиферативно активных клеток и уровнем генетического апоптоза. Результаты проведенных исследований суммированы в табл. 3.

Таблица 3

Анализ взаимосвязи параметров клеточного цикла и уровня генетического апоптоза лимфоцитов периферической крови ликвидаторов 1986-1987 гг.

Параметры сравнения	r (тау Кендалла)	Z	P
Апоптоз, % & G2/M+S, %	-0,02	-0,05	0,96
Апоптоз, % & S фаза, %	0,28	0,83	0,43
Апоптоз, % & G2/M фаза, %	0,57	1,95	0,09
Апоптоз, % & G1 фаза, %	0,6	1,5	0,21

Данные таблицы 3 свидетельствуют о наличии взаимосвязи между параметрами уровня экспрессии апоптоза и частотой клеток в стадии G2/M на уровне тенденции ($r=0,57$; $P < 0,1$), что отличается от результатов корреляционного анализа в контроле.

Таким образом, сравнительный анализ состояния генетического апоптоза и характера распределения лимфоцитов периферической крови свидетельствует о существенном отличии рассматриваемых характеристик контроля и основной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюрева Л.В. Заболевания внутренних органов и молекулярно-генетические изменения участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. // Мед. Радиология. – 1999. - №2. - С.14-18.
2. Мельнов С.Б., Корытько С.С., Рыбальченко О.А. «Иммуноцитогенетический статус ликвидаторов аварии на ЧАЭС». // «Экологическая антропология». - 2001. - С.274-279
3. Source Book "Monoclonal Antibodies". // Becton Dickinson. -1992.

ИССЛЕДОВАНИЕ МУТАЦИЙ НИЗКОПЕНИТРИРУЮЩИХ ГЕНОВ-МАРКЕРОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Мясников С.О., Богданова Н. В., Бокуть С. Б. Фещенко С.П. *

Международный экологический университет
им. А. Д. Сахарова, Минск, Республика Беларусь;

*НИИ наследственных и врожденных заболеваний МЗ РБ, Минск, Республика Беларусь

Breast cancer is the most widespread malignancy in the world. It is supposed, that all factors influencing on breast cancer onset can be divided into 4 groups: environmental factors, state of woman's health, heredity and concomitant disease. The inherited disposition towards breast cancer is complex, and many genetic variants and polymorphisms have been postulated to play a role in this condition. Despite genes with a high penetrance, known some genes with a low penetrance, such as ATM, CHEK2 and XRCC4. Ionizing radiation is for long being recognized as a potent carcinogen. The link between exposition to high doses of radiation and a subsequent development of breast cancer has been shown in numerous epidemiological studies. Because mutations in the known genes explain less than half of all multiple-case families, other genes involved in these repair pathways are now under current investigation in many different labs worldwide to define their role in breast cancer predisposition. The purpose of this paper is to study mutations of low penetrate candidate genes, participating in appearance of breast cancer in Byelorussian patients. This study is for the first time reveals the mutations of breast cancer genes in the Byelorussian population. Were used such methods as extraction of DNA, PCR, ARMAS-PCR and restriction analysis for this study.

As a result of the work frequent mutations of CHEK2 and XRCC4 were found in family cases. It is shown that following methods are useful for cancer risk prediction for patients and their blood relatives.

ВВЕДЕНИЕ

Рак молочной железы (РМЖ) является одним из самых распространенных, наиболее агрессивных и часто встречающихся форм злокачественных опухолей у женщин и основная причина их смерти в возрасте от 40 до 55 лет [1]. Риск возникновения рака молочной железы у конкретной женщины определяется действием разнообразных факторов – т.н. факторов риска, которые могут быть сведены в четыре группы [2]. Реализация влияния всех этих факторов осуществляется через эндокринную и иммунную системы организма: экзогенные факторы (питание, повышенный уровень ионизирующего излучения), факторы, связанные с репродуктивной, лактационной и половой функцией женщины (возраст, уровень половых гормонов), наследственная предрасположенность и сопутствующие заболевания (гинекологические заболевания, физические травмы молочной железы стрессы, переживания, гиподинамия).

Важной составляющей риска развития злокачественных новообразований молочной железы является воздействие ионизирующего излучения. Существуют доказательства того, что катастрофа на Чернобыльской АЭС негативно повлияла на заболеваемость и смертность от РМЖ у населения Беларуси. Сравнивая 10-летние периоды до и после аварии, количество случаев РМЖ, выраженной в стандартизированных значениях на 100,000 женского населения, увеличилось более чем 50 % с 20.2 ± 0.57 до 30.9 ± 1.39 в Гомельской области и от 17.6 ± 0.7 до 28.3 ± 1.35 в Минской области [3]. Количество случаев РМЖ у всех жителей Беларуси осталась высоким и сегодня, с пиком 29,0 в 1998 [4]. Смертность от РМЖ увеличилась более чем на 50% от 8.5×10^5 в 1985 году до 13.1×10^5 в 2000 году [4].

На генетическом уровне показано, что среди факторов риска РМЖ одно из ведущих мест принадлежит мутациям генов участвующих в репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК. К ним относятся как высокопенитрирующие гены BRCA1 и BRCA2, так и низкопенитрирующие гены ATM, CHEK2 и XRCC4. Наличие мутаций этих генов может привести к ошибкам репарации ДНК и, соответственно, к возникновению опухоли.

Риск развития генетически обусловленного рака молочной железы у женщин-носительниц мутаций генов ATM, CHEK2 и XRCC4 увеличивается в 2-5 раз. Аналогичный показатель у мужчин-носителей мутаций гена BRCA2 равен 6%. У мужчин риск развития злокачественных новообразований молочной железы десятикратно увеличивается при наличии мутаций гена CHEK2 [5]. Более того, у носителей данных мутаций увеличивается риск развития рака толстого кишечника, лейкозов, лимфом и других раковых образований. В 2000 году Broeks и соавторы в группе из 82-х пациентов с РМЖ обнаружили 3-х носителей сплайсинговой мутации гена ATM - трансверсия T-G с потерей 6 п.о. 3' сплайсингово акцепторного сайта 10-го интрона [6]. Распространенная мутация со сдвигом рамки считывания гена CHEK2 1100delC, была найдена в приблизительно у 5 % с семейной формой РМЖ без мутаций BRCA1 или BRCA2 и связана с увеличенным риском развития РМЖ [5]. У населения Западной и Восточной Европы, а так же Азии была обнаружена частая мутация гена репарации ДНК XRCC4 — IVS7-1G>A которая вызывает повреждение акцепторного сайта последнего интрона гена XRCC4, формируя новый скрытый акцепторный сайт.[7]

Таким образом, вследствие роста заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы в Республике целесообразным представляется разработать методы молекулярной диагностики наследственных и спорадических форм РМЖ. Одним из таких методов является анализ мутаций генов-маркеров РМЖ у населения Беларуси, что и являлось целью нашей работы. В Беларуси данные исследования проводились впервые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования являлась геномная ДНК, выделенная из лейкоцитов периферической крови, полученных у пациентов с клиническим диагнозом «рак молочной железы». ДНК была выделена стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Для идентификации мутаций указанных генов использовалась полимеразная цепная реакция (ПЦР), с последующим рестрикционным анализом полученных ПЦР-продуктов, и аллель-специфическая полимеразная цепная реакция. Для проведения ПЦР в качестве праймеров использовались олигонуклеотидные последовательности, фланкирующие определенные участки ДНК генов ATM и XRCC4. Для проведения аллель-специфической ПЦР в качестве праймеров использовались олигонуклеотидные последовательности, фланкирующие определенные участки ДНК гена CHEK2. Полимеразную цепную реакцию и аллель-специфическую полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе MJ Research. Реакционная смесь с конечным объемом 20 мкл содержала 1 мкг ДНК; 1xПЦР буфер (Perkin Elmer), 2.5мМ MgCl₂, 200 мкМ dATP/dCTP/dTTP/dGTP (Sigma); по 0,2 мкМ праймеров и 1ЕД полимеразы AmpliTaq Gold (Perkin Elmer). Начальную денатурацию ДНК проводили при 100°C в течении 7 минут. Затем следовали 35 циклов амплификации при следующих температурно-временных условиях: 1 мин денатурации при 95°C; 1 мин отжига для следующих генов соответственно:

ATM – 54°C;

XRCC4 – 59°C;

CHEK2 – 61°C;

элонгация при 72°C – 1 мин и завершающий синтез 4 мин при 72°C. Охлаждали пробы до +4°C для

остановки реакции.

Для подтверждения наличия дефекта в геномной ДНК пациентов с РМЖ проводили рестрикцию амплифицированных генов ATM и XRCC4. Для идентификации мутации IVS7-1G>A гена XRCC4 использовали рестриктазу Tsp509 I. Для обнаружения мутации IVS10-6T>G гена ATM была использована рестриктаза RSA I. Продукты рестрикции анализировали с помощью электрофоретического разделения в 2% агарозном геле с последующей окраской геля этидиум бромидом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами было обследовано 136 пациентов с клиническим диагнозом «рак молочной железы», обратившихся в ГУ НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова и областные онкодиспансеры. Для анализа от пациентов были получены препараты ДНК и письменное согласие на проведение данного исследования. Группа обследованных лиц была разделена по нескольким критериям: семейные и спорадические случаи РМЖ и по территориальному признаку, включая 58 пациентов, живущих на радиоактивно загрязненных территориях с плотностью загрязнения почвы Cs-137 более чем 555 kBq/m². У девятнадцати пациентов с семейной формой РМЖ (22% всех семейных случаев из исследованной когорты) были найдены мутации 1100delC гена CHEK2 (2 случая) и IVS7-1G>A гена XRCC4 (17 случаев), из них 2 человека являются гомозиготами по данному мутантному гену, а 15 человек - гетерозиготы. Шесть из этих 9 семей, т.е. 66,6% проживают на загрязненных территориях с плотностью загрязнения почвы Cs-137 более чем 555 kBq/m² (соответствующие электрофореграммы приведены на рис. 1 и 2).



Рис. 1. Электрофоретический анализа фрагментов гена CHEK2 после ПЦР в 2%-ом агарозном геле (окраска бромистым этидиумом). Мутация была выявлена у пациентов №3 и 4. Дорожка №3 – контрольная ДНК, дорожка №2 – маркер молекулярного веса

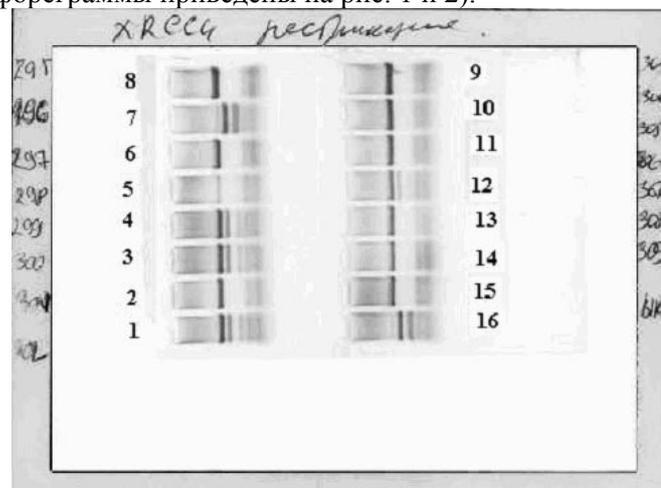
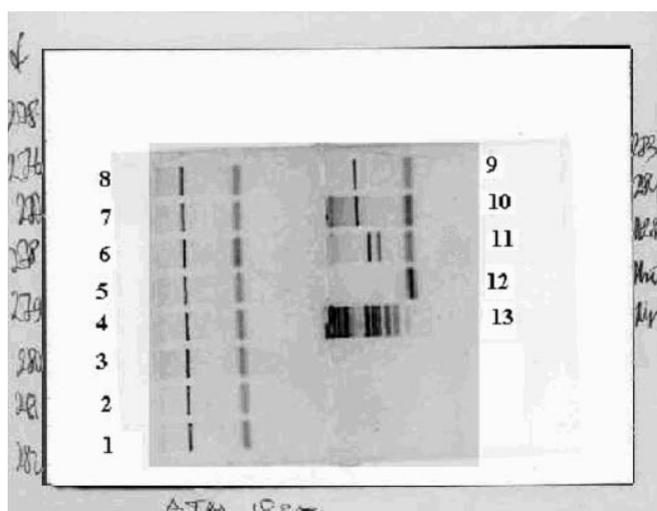


Рис. 2. Электрофоретический анализа фрагментов гена XRCC4 после рестрикции в 2%-ом агарозном геле (окраска бромистым этидиумом). Мутация была выявлена у пациентов №1,3,4 и 12 – гетерозиготы; №7 – гомозигота. Дорожка №16 – контрольная ДНК



Мутация IVS10-6T>G гена ATM не была обнаружена (соответствующая электрофореграмма приведена на рис. 3).

Проведение ПЦР в сочетании с рестрикционным анализом 138 образцов ДНК здоровых доноров, показало отсутствие у них мутаций и соответственно специфичность примененного метода.

Рис. 3 Электрофоретический анализа фрагментов гена ATM после рестрикции в 2%-ом агарозном геле (окраска бромистым этидиумом). Мутация выявлена не была. Дорожка №11 – контрольная ДНК, дорожка №13 – маркер молекулярного веса

ВЫВОДЫ

Одно из ведущих звеньев развития злокачественных новообразований - накопление повреждений и/или мутаций геномной ДНК в результате нарушения процессов репарации генома. Вышеперчисленные гены являются частью комплекса контроля и репарации повреждений генома, и белки этих генов независимо друг от друга, а также, будучи компонентами комплекса BASC, BRCA1-

ассоциированного суперкомплекса, регулируют клеточные ответы на различные типы повреждения ДНК [8]. В данной работе рассматривается возможность использования метода ПЦР и рестрикционного анализа для выявления мутаций генов ATM, CHEK2, XRCC4. Результаты говорят о значимости использования данных методов в онкологических исследованиях, где, согласно концепции клональной природы развития злокачественных новообразований, на первых стадиях развития опухоли мутации геномной ДНК специфическую мутацию содержит лишь субпопуляция клеток.

Предложенный в работе алгоритм выявления мутаций в генах-маркерах РМЖ является высокоспецифичным, поскольку только среди пациентов с РМЖ были выявлены гомозиготные или гетерозиготные носители мутаций генов. Применение данного метода перспективно как при выявлении мутаций генов на ранних этапах развития опухоли, так и для профилактики развития РМЖ у родственников пациентов с данным заболеванием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Parkin D.M., Whelan S., Reymond L., Young J. Cancer incidence in five continents; V. II. // IARC scientific publications, №143. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1997.
2. Krontiris T.G. Oncogenes. // New Engl. J. Med. 1995. V.333. P.303-306.
3. Океанов А.Е. Статистика онкологических заболеваний в республике Беларусь 1988-1998 гг. Минск: БелЦМТ, 1999.-185 с.
4. Публикации Министерства Здравоохранения Республики Беларусь, 2001
5. CHEK2- Breast Cancer Consortium 2002, Vahteristo et al. 2002
6. Broeks, A.; Urbanus, J. H. M.; Floore, A. N.; Dahler, E. C.; Klijn, J. G. M.; Rutgers, E. J. Th.; Devilee, P.; Russell, N. S.; van Leeuwen, F. E.; van't Veer, L. J. : ATM-heterozygous germline mutations contribute to breast cancer-susceptibility. Am. J. Hum. Genet. 66: 494-500, 2000.
7. Dörk T, Gerriets K, Bendix-Waltes R, Beußel S, Bogdanova N, El-Harith EA, Bremer M. A frequent splicing mutation of XRCC4: implication for breast cancer? (в печати)
8. Wang, Y.; Cortez, D.; Yazdi, P.; Neff, N.; Elledge, S. J.; Qin, J. : BASC, a super complex of BRCA1-associated proteins involved in the recognition and repair of aberrant DNA structures. Genes Dev. 14: 927-939, 2000.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ РАЙОНАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Нараленков В.А., Бортновский В.Н., Буздалкина А.М.

Областной клинический центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, г.Гомель, Республика Беларусь; Государственный медицинский университет, г.Гомель, Республика Беларусь

DOSIMETRIC PROVISION OF CONCEPT OF RESIDING OF POPULATION IN RADIONUCLIDE-CONTAMINATED AREAS OF GOMEL REGION. The study represents the results of radiation monitoring for assessment of yearly effective doses of irradiation of the population living in Gomel region on average. Calculations have shown that yearly doses of irradiation of the population in radioactive-contaminated regions in 2002 had varied in the range from the hundredth fractions to 10 mSv and more.

В настоящее время в республике реализуется большой комплекс мер, предусмотренных концепцией проживания населения на загрязненных территориях и Государственной программой Республики Беларусь по минимизации и преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС. Однако, несмотря на достигнутый реальный эффект, некоторые порожденные катастрофой проблемы не только не решены, но, и в ряде случаев, обострились за счет повышения миграционной подвижности стронция-90, роста содержания в почве америция-241, локального перераспределения радионуклидов, достаточно значимого процента загрязненных радионуклидами продуктов питания преимущественно в частном секторе.

Вышеизложенное предопределяет необходимость дозиметрического сопровождения скорректированной системы защитных мер различных категорий пострадавшего населения и реабилитации территорий, загрязненных радионуклидами.

Положенная в основу Концепции среднегодовая эффективная доза (СГЭД) облучения является объективным количественным показателем радиационного воздействия на жителей загрязненных территорий. Величина поверхностного загрязнения почвы радионуклидами не является таким показателем. При одном и том же уровне загрязнения почвы, дозы могут отличаться в 5 раз и более.

Суммарная годовая доза, включающая также и дозу внутреннего облучения, позволяет учесть уровни поступления радионуклидов в организм человека в зависимости от разных типов почв. По годовым дозам проводится зонирование территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, с целью определения объема защитных и реабилитационных мероприятий.

Для расчета и оценки текущих годовых доз облучения жителей специалистами центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья Гомельской области используются данные индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) внешнего и внутреннего облучения, а также измерения удельной активности радионуклидов в пробах молока и растениеводческой продукции. С этой целью ежегодно индивидуальным дозиметрическим контролем охватывается с помощью аппаратов СИЧ и термолюминисцентных дозиметров (ТЛД) свыше 75 тыс. населения, проживающего на загрязненных территориях, из личных подсобных хозяйств отбирается свыше 30 тыс. проб на цезий – 137 и более 1 тыс. на стронций-90.

Результаты расчетов показывают, что СГЭД облучения жителей в радиоактивно загрязненных районах Гомельской области в 2002 году варьировали в диапазоне от сотых долей до 10 мЗв и более.

Значение среднегодовых доз внешнего облучения населения, полученных методом прямых измерений с использованием ТЛД не превышают 5 мЗв и ниже среднегодовых доз, приведенных в «Каталоге доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь» 1992 года. Вместе с тем, в области регистрируются единичные случаи превышения показаний экспонированных дозиметров в сравнении со среднегодовой дозой по критической группе в 2 и более раз (лесники, механизаторы, полеводы, животноводы). Превышения регистрируются в весенне-осенний период, когда населением проводятся полевые работы и заготовка дикорастущей продукции.

Среднегодовая доза облучения у данной категории лиц составила в 2002 году у механизаторов 1,5 – 2,1 мЗв, полеводов - 1,5 – 2,3 мЗв, у животноводов - 1,5 – 2,2 мЗв, лесников - 2,0 – 2,9 мЗв. Наиболее облучаемой категорией лиц в 2002 году являлись лесники Наровлянского района.

По результатам радиационного контроля пищевых продуктов местного сельскохозяйственного производства в 2002 году зарегистрировано 5,4% проб на содержание цезия-137 и 7,5% на содержание стронция-90 с превышением республиканских допустимых уровней (РДУ – 99). Наибольший удельный вес нестандартных проб молока на содержание цезия-137 зарегистрирован в Лельчицком (16,4%), Наровлянском (13,6%) и Чечерском (12,7%) районах, а по содержанию стронция-90 – в Брагинском (53,7%) и Хойникском (41%) районах.

Максимальная удельная активность радиоцезия в пробах молока зарегистрирована в Ельском (1734 Бк/л) и Наровлянском (1436 Бк/л) районах, при нормативе 100 Бк/л. Максимальные уровни зарегистрированы в Брагинском (13,4 Бк/л) и Хойникском (6 Бк/л) районах при нормативе – 3,7 Бк/л.

Следует отметить, что в последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению количества населенных пунктов, где регистрируются пробы молока с превышением РДУ-99 по содержанию стронция-90. Так в 2000 году зарегистрировано 35 населенных пунктов, в 2001 году – 49, в 2002 году – 66, причем в 18 населенных пунктах превышение выявлены впервые за последние 3 года.

В связи с тем, что органами государственного санитарного надзора проводится исследование объединенных проб молока стойлового и пастбищного периодов, каждая проба молока с превышением РДУ-99 по содержанию стронция-90 характеризует неблагоприятное положение в целом по населенному пункту.

Таким образом, годовую дозу населения определяет как внешнее облучение, так и внутреннее. Вклад дозы внутреннего облучения в суммарную изменяется в широких пределах. Так, в районах Гомельской области, характеризующихся преимущественным преобладанием дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почв, внутреннее облучение вносит примерно половину вклада в суммарную дозу облучения жителей. Напротив, в районах, где высокая доля плодородных почв (черноземов), вклад внутреннего облучения в суммарную дозу в подавляющем числе населенных пунктов составляет не более 15%.

В силу специфики радиоактивного загрязнения территорий в результате чернобыльской аварии цезий-137 практически полностью обуславливает в настоящее время облучение населения загрязненных районов Гомельской области, однако вклад стронция-90 в суммарную дозу будет возрастать, не превышая 5%.

АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ С ИНКОРПОРИРОВАННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ И ПРИ ГАММА-ОБЛУЧЕНИИ

Николайчук Л. В., Гордейко В. А., Боричевская А. В., Катулина Т.А.
Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF PLANTS WITH INCORPORATED RADIO-NUCLIDES AND AFTER GAMMA-IRRADIATION. Activity of the antioxidant system of the different species of medicinal herbs grown at the contaminated with radionuclides areas and irradiated with external source of gamma-irradiation was studied. We discovered that the process of oxidation of lipids in plants with incorporated radionuclides is considerably enhanced. Negative correlation between the rate of incorporated radionuclides and concentration of the anti-oxidation system's components was revealed. External irradiation of plants caused decreasing of these components in the long run as well.

Многочисленными исследованиями последних двух десятилетий установлено, что растения, произрастающие на загрязненных радионуклидами территориях, подвергаются хроническому воздействию малых доз ионизирующей радиации. Эффект действия малых доз радиации на обменные процессы зачастую сложно определить прямым измерением уровня радионуклидной инвазии. Учитывается ряд косвенных показателей, так называемых «маркеров» радиационного воздействия. Так, значительные изменения в растениях (повышенная мутабельность, низкое качество семян, снижение жизнеспособности, повышенная радиочувствительность) свидетельствуют о большой потенциальной опасности для растений.

Растения представляют собой автотрофные организмы и поэтому характеризуются определенной специфичностью метаболизма. Кроме того, в растительных клетках содержатся значительные количества свойственных только им веществ, в связи с чем уже в первичных радиационно-химических реакциях могут проявляться черты, характерные только для растений. К числу маркерных ответных реакций растительных организмов на действие малых доз ионизирующей радиации относится адаптивный ответ, то есть снижение радиочувствительности, интенсификация различных биологических процессов. Адаптивный ответ клеток растений наименее изучен. Инициация этого явления обусловлена неспецифической реакцией, одним из проявлений которой является изменение ферментативной активности.

Для радиационного воздействия на живые системы характерно развитие двух типов процессов. Одни из них ведут к развитию повреждающих реакций, где ведущая роль принадлежит реакции окисления липидов, другие элиминируют их - система антиоксидантов и реакция радиостимуляции.

К растительным антиоксидантам относятся некоторые флавоноиды, витамины, микроэлементы, ферменты. Активность антиоксидантной системы (АОС) растений определяет интенсивность протекания перекисного окисления липидов (ПОЛ). На первом этапе действия облучения эффективность восстанавливающих свойств растительных тканей повышается, но затем наблюдается процесс подавления процессов восстановления.

Важно изучение влияния инкорпорированных растениями радионуклидов на содержание антиоксидантных веществ, что может характеризовать качество радиопротекторного фитосырья.

В наших экспериментах процессы протекания ПОЛ изучали в растениях из Чернобыльской зоны, содержащих цезий-137 (100 – 50000 Бк/кг), а также в растениях, выросших из семян, однократно подвергнутых гамма-облучению в дозах 5 Гр и 10 Гр на установке «Игур».

Влияние инкорпорированных в растения радионуклидов на состояние АОС изучали в сухих растениях крапивы двудомной, зверобоя продырявленного, листьях смородины черной, траве тысячелистника обыкновенного, цветках пижмы обыкновенной, цмина песчаного, травы тимьяна ползучего, листьев малины обыкновенной. Динамику процессов ПОЛ и активность АОС определяли по содержанию в водных вытяжках ТБК-активных продуктов (МДА) и расчету индекса АОА. Установлено повышение уровня накопления МДА и снижение индекса АОА у растений с большим содержанием радиоцезия в тканях опытных растений. Прослеживается отрицательная корреляция между содержанием инкорпорированных радионуклидов и содержанием компонентов АОС в растениях (- 0,53 +_ 0,18). Кроме того, в сухих растениях с большим накоплением радионуклидов в процессе полугодового хранения наблюдается более интенсивное разрушение компонентов АОС по сравнению с контрольными растениями при сохранении уровня накопления МДА.

Влияние одноразового внешнего гамма-облучения в дозах 5 Гр и 10 Гр на активность АОС растений изучали в свежих растениях ржи различного срока вегетации. Наблюдала реакцию радиостимуляции у опытных растений (срок вегетации 15 дней), что проявлялось в содержании МДА на уровне контрольных растений, увеличении индекса АОА и повышении активности пероксидазы по сравнению с контролем. При увеличении срока вегетации (30 и 45 дней) изменение изучаемых показателей свидетельствует о расходовании компонентов АОС на восстановительные процессы (снижение активности пероксидазы у опытных растений) и их участия в радиоадаптационных процессах.

Растения с инкорпорированными радионуклидами подвергаются хроническому радиопрессингу. Именно это может вызывать активацию процессов ПОЛ с одновременным повышением активности АОС, компоненты которых расходуются на собственные защитные процессы в растениях, что необходимо учитывать при оценке радиопротекторных свойств растений, произрастающих на загрязненных территориях при обязательном дозиметрическом контроле.

Исследования ПОЛ и АОС в лекарственно-пищевых растениях могут служить достаточно точным ориентиром при выборе сборов радиопротекторного действия пищевого и лечебного предназначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаева Т. С., Катулина Т. А., Зубицкая Н. П. и др. Антиоксидантная активность гомеопатических фитопрепаратов и перспективы их использования в радиозащите. В кн.: Экологическая антропология. Ежегодник. Мн., 1999. с.367 – 368.

2. Катулина Т. А., Николайчук Л.В. Состояние антиоксидантной системы в растениях с инкорпорированными радионуклидами и при гамма- облучении. В кн.: Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды. Материалы международной научной конференции. 16 –17 апреля 1998 г. Мн., 1998, с. 109.

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ^{137}Cs В ПРОБАХ МАЛОГО ОБЪЕМА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕТА-ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА МКС-АТ1315

Переволоцкий А.Н.¹, Собченко В.А., Храмченкова О.М.

УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины»,
¹РНИУП «Институт радиологии», г.Гомель, Республика Беларусь

THE DEFINITION OF ^{137}Cs SPECIFIC ACTIVITY IN INVESTIGATING SAMPLES OF SMALL VOLUME WITH THE β - γ -SPECTROMETER EL-1315. It was determined coefficient k for definition of ^{137}Cs concentration, in investigated samples occupying various volumes in standard geometry "Denta" (volume 100 ml) at comparison with completely full "Denta". Connection between factor k and investigated samples volume in measuring geometry v is established: $k=0,02196+0,01371\times v-0,000039\times v^2$.

В практической гамма-спектрометрии проб окружающей среды нередко возникает ситуация, когда заполнение сосуда стандартной геометрии измерения (даже минимального объема $v = 100$ мл) невозможно по причине отсутствия достаточного количества измеряемого материала. Задача эта может быть решена при наличии калибровочных источников, достаточной квалификации спектрометриста и возможности корректировки калибровочных коэффициентов спектрометра. Однако, проводить калибровку спектрометра по эффективности регистрации для некоторого меньшего объема экспериментального материала в стандартной геометрии (например, 40 мл) не имеет смысла, поскольку количество таких проб обычно невелико, а количество субстрата и, соответственно, степень заполнения сосуда могут быть различны. Измерение же меньших объемов в стандартном (например, 100 мл) сосуде, приводит к тем большей погрешности, чем больше разница между объемами стандартной кюветы и измеряемого субстрата [1].

Таким образом, цель настоящей работы состояла в определении поправочного коэффициента для корректного расчета удельной активности ^{137}Cs при измерении проб окружающей среды меньших объемов по сравнению со стандартной геометрией (сосуд типа "Дента", $v=100$ мл) на спектрометре МКС-АТ1315 (блок детектирования – сцинтилляционный, с кристаллом NaI(Tl) $\varnothing 63\times 63$ мм, минимальная детектируемая активность ^{137}Cs в геометрии "Дента" при продолжительности измерений не более 3 часов – 15 Бк/л. Эффективность регистрации на линии 662 кэВ $2,96\pm 0,59\times 10^{-2}$ Бк/(л \times с) [2]).

Спектрометрические измерения содержания ^{137}Cs в каждом исследуемом субстрате проводились последовательно для объемов $v=10, 20, 30, 40, 60, 80$ и 100 мл при вводе фактического веса (объема в случае жидкости). Время измерения в зависимости от активности проб и объема заполнения составляло от 5 до 90 минут. Экспериментальными субстратами служили 2 вытяжки (плотность $\rho\approx 1$ г/см³), зола ($\rho\approx 0,7$), мелко смолотые листья и кора березы ($\rho\approx 0,5$). Удельные активности были следующими: вытяжка I - 103680 ± 9674 , вытяжка II - 22767 ± 1758 , листья - 66437 ± 5512 , кора - 2962 ± 288 , зола - 2570 ± 214 Бк/кг.

После измерения проб при различной степени заполнения "Денты", по результатам программной обработки спектра, получен ряд индикаторных показателей спектрометра C_{v1}, C_{v2} и т.д. (Бк/кг или Бк/л), соответствующим различным объемам заполнения измерительного сосуда и относительно точное значение искомого показателя, полученное при $v=100$ мл - C_{100} . Очевидно, что может существовать некоторый пересчетный коэффициент $k(v)$, зависящий от объема измеряемого субстрата в стандартном 100-мл сосуде, который свяжет между собой индикаторные показатели спектрометра в объеме v с истинной величиной активности, соответствующей полной "Денте"

$$k(v) = \frac{A_v}{A_{100}}, \text{ где } k(v) \text{ – поправочный коэффициент при объеме } v;$$

A_v – абсолютная активность радионуклида, вычисленная по показаниям прибора при различных объемах v заполнения "Денты", Бк. Эту величину можно выразить через удельную активность (концентрацию радионуклида) $A_v = C_v \times v$;

A_{100} – истинное значение активности радионуклида, определенное при заполнении "Денты" 100 мл субстрата, Бк ($A_{100} = C_{100} \times 100$).

$$\text{Соответственно, } C_{100} = \frac{C_v \times v}{k(v) \times 100}, \text{ где } C_v \text{ – значение концентрации (удельной активности) } ^{137}\text{Cs},$$

полученной в ходе программной обработки спектра пробы с вводом для расчета значения фактически занимаемого в "Денте" объема пробы v в случае жидкости (или соответствующей массы пробы). Следовательно, основной задачей является нахождение зависимости $k(v)$. Для каждого γ -спектрометра она будет иметь индивидуальный вид, связанный с особенностями детектора и спектрометрического тракта.

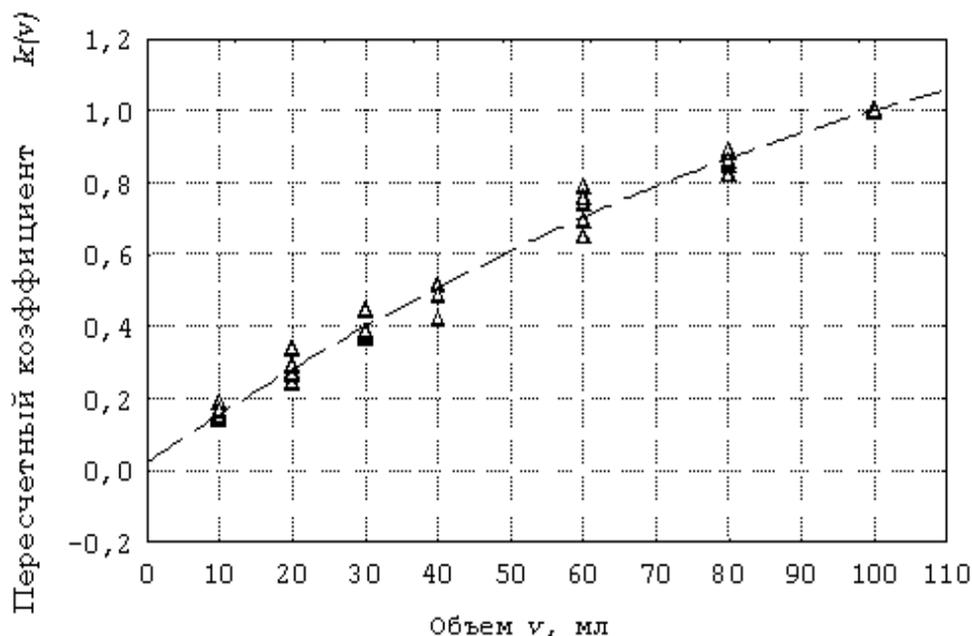
Согласно полученным экспериментальным данным, прослеживается четкая закономерность увеличения показаний спектрометра C_v при снижении объема v заполнения "Денты". Очевидно, это объясняется непропорциональным увеличением эффективности регистрации ε . Величина $k(v)$ также снижается по мере уменьшения объема пробы, опосредованно отражая соответствующие увеличение эффективности регистрации. Отсутствие четко выраженных различий в $k(v)$ для исследуемых субстратов в

диапазоне плотностей $\rho=0,5...1 \text{ г/см}^3$ определяется слабым влиянием этого фактора в исследованном диапазоне на пересчетный коэффициент.

Зависимость $k=f(v)$ наилучшим образом, как показал регрессионный анализ, описывается параболой (рис.) со следующими параметрами:

$$k=(0,02196\pm 0,00191)+(0,01371\pm 0,00087)\times v+(-0,000039\pm 0,000008)\times v^2.$$

Корреляционное отношение и коэффициент детерминации при этом составляют, соответственно, 0,993 и 0,987, что свидетельствуют о возможности использования подобной методики при определении содержания ^{137}Cs при неполном заполнении "Денты".



Зависимость пересчетного коэффициента k от объема заполнения измерительного сосуда v

Таким образом, получаем зависимость для расчета фактической концентрации ^{137}Cs при заполнении геометрии объемом v исследуемым субстратом. Значения C_v при соответствующем объеме v заполнения "Денты" могут быть получены после программной обработки спектра с вводом фактического объема или

веса пробы:
$$C_{100} = \frac{C_v \times v}{(0,02196 + 0,01371 \times v - 0,000039 \times v^2) \times 100}$$

Подобный метод измерения проб малых объемов вполне применим для диапазона заполнения "Денты" от 100 до 30 мл, о чем свидетельствуют низкие значения расхождений между величинами фактической (в 100 мл сосуде) и расчетной (измеренной при различных объемах) концентраций ^{137}Cs в пробах. В большинстве случаев они не превысили 7%.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант Б02М-062

ЛИТЕРАТУРА

1. Вартанов Н.А., Самойлов П.С. Практические методы сцинтилляционной спектроскопии. – М.: Атомиздат, 1975. – 405 с.
2. Руководство по эксплуатации. Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315. – Мн.: НПУО «Атомтех», 2001. – 59 с.

БИОДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КСАНТЕНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Попечиц В.И.

Научно-исследовательское учреждение "Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко" Белгосуниверситета, г. Минск, Республика Беларусь

BIODOSIMETRY OF IONIZING RADIATION WITH USE OF XANTHENE DYES. The opportunity of application of xanthene dyes for definition of a rigid radiations doze is shown.

Исследовано изменение спектров поглощения и флуоресценции растворов ряда ксантеновых красителей: Na-флуоресцеина, родамина 6G, родамина-6G ацетата, родамина В и других производных родамина в воде, изопропанол, диэтиламине и пленках поливинилового спирта под действием гамма-излучения кобальта 60. Облучение растворов проводилось на гамма-установке МРХу-25М при комнатной

температуре. Мощность экспозиционной дозы составляла 3,8 Гр/с. Оптическая плотность необлученных жидких растворов в максимуме длинноволновой полосы поглощения не превышала 1,2; необлученных окрашенных пленок – 0,8.

При облучении жидких и твердых растворов происходило необратимое экспоненциальное уменьшение со временем интенсивностей длинноволновых полос поглощения и полос флуоресценции растворов красителей, а в коротковолновой области спектров поглощения возникали полосы поглощения продуктов радиационной деструкции. Наибольшая скорость радиационной деструкции красителей наблюдалась в водных растворах, наименьшая в матрице поливинилового спирта. Характерные времена полуобесцвечивания растворов указанных красителей в изопропанолу, например, составляли, соответственно, $4,67 \cdot 10^3$, $1,01 \cdot 10^4$, $8,66 \cdot 10^3$ и $4,11 \cdot 10^3$ с, а Na-флуоресцеина в матрице поливинилового спирта – $5,66 \cdot 10^4$ в расчете на мощность дозы 1 Гр/с. Исследования радиационной устойчивости ксантовых красителей в водно-изопропанольных растворах показали, что скорость радиационной деструкции красителей возрастает при увеличении относительной доли воды в такой смеси растворителей [1 – 3].

Растворы всех исследованных ксантовых красителей в диэтиламине, молекулы которого не содержат атомов кислорода и поэтому при радиолизе не образуют кислородсодержащих радикалов или ион-радикалов, практически не обесцвечивались даже при длительном (более 3 часов) гамма-облучении. При добавлении в растворы ловушек радикалов – ионола или роданида калия наблюдалось уменьшение скорости обесцвечивания растворов. Облучение порошков кислотных красителей в течение длительного времени (более 5 часов), а затем последующее их растворение, не выявило изменений в спектрах поглощения этих растворов, которые наблюдаются при радиационной деструкции растворов красителей. Обескислороживание водных и изопропанольных растворов путем откачки также приводило к уменьшению скорости радиационной деструкции красителей. При хранении облученных растворов ксантовых красителей в темноте в течение длительного времени (трое суток) практически не наблюдалось изменений в спектрах поглощения, т.е. образующийся при радиолизе воды и изопропанола пероксид водорода не оказывает существенного влияния на обесцвечивание растворов. Облучение предварительно нагретых растворов ксантовых красителей приводило к увеличению скорости радиационной деструкции красителей, т.е. эти процессы контролируются диффузией.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что необратимая радиационная деструкция ксантовых красителей в растворах происходит в результате взаимодействия красителей с обладающими окислительными свойствами кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися при радиолизе растворителей (ОН, ОН[•], НО₂, и др.) [1 – 4].

Показано, что жидкие и твердые растворы ксантовых красителей позволяют по уменьшению интенсивности спектров поглощения растворов (обесцвечиванию) с увеличением времени облучения определять дозу радиационного излучения, т.е. растворы красителей могут использоваться в качестве детекторов дозы в различных диапазонах дозы. Так, например, времена полуобесцвечивания Na-флуоресцеина в воде и в матрицах поливинилового спирта различаются почти в 200 раз. Поэтому, для различных диапазонов дозы и мощности дозы можно подобрать соответствующие красители и растворители. Кроме того, измерения зависимости спектров поглощения от времени облучения показали, что растворы ксантовых красителей обладают очень малым фэдингом, что весьма существенно при проведении измерений интегральной радиационной дозы [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Попечиц В.И. Радиационные процессы в растворах ксантовых красителей // Радиационная физика твердого тела: Тр. X Межнацион. совещ., Севастополь / НИИ перспективных матер. и технол. – М., 2000. – С. 527 – 528.
2. Попечиц В.И. Радиационная устойчивость активных лазерных сред на основе родаминовых красителей // Квантовая электроника: Матер. III Междунар. науч.-технич. конф. / Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2000. – С. 80 – 81.
3. Попечиц В.И. Влияние природы растворителя на радиационную устойчивость растворов цианиновых и кислотных красителей // Радиационная физика твердого тела: Тр. XI Межнацион. совещ., Севастополь / НИИ перспективных матер. и технол. – М., 2001. – С. 329.
4. Попечиц В.И., Гончаров А.В., Иовлев А.В. Спектральные проявления межмолекулярных взаимодействий в гамма-облученных растворах родаминовых красителей // Лазерная физика и спектроскопия: Тез. докл. II Междунар. конф. / Гродненский гос. ун-т. – Гродно, 1995. – С. 176.
5. Попечиц В.И., Кравцова О.Н. Детекторы дозы жестких излучений на основе жидких и твердых растворов ксантовых красителей. // Прикладная оптика 98: Сб. тез. докл. Междунар. конф. / Гос. оптический ин-т. – СПб., 1998. – С. 25.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Попова Е.Н., Горбатова Г.Ю.

Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга
окружающей среды, г. Минск, Республика Беларусь

MONITORING OF SURFACE WATERS QUALITY OF THE REPUBLIC OF BELARUS. In this article description of the stationary ecological monitoring network of surface waters of the Republic of Belarus is given. Quality of surface waters by water pollution index is estimated. Comparative analyses of water bodies of Belarus for degree of the chemical contamination of surface waters is presented. It is shown practicability of the holding of the complex ecological monitoring, including radiation factor.

Поверхностные воды являются одним из основных объектов экологического мониторинга.

Гидрохимические наблюдения в республике проводятся с 1947 года. Стационарная сеть - общегосударственная служба наблюдений и контроля - (ОГСНК) была организована в 1972 году и продолжает развиваться. В настоящее время сеть мониторинга включает в себя 170 створов на 83 водных объектах в 104 населенных пунктах.

По территории Беларуси протекает 7 крупных рек (длина свыше 500 км): Днепр, Зап.Двина, Неман, Виляя, Березина, Припять и Сож. Из озер самые крупные - Нарочь, Лукомское, Червоное, Дривяты, Дрисвяты, Освейское, Выгонощанское, из водохранилищ - Вилейское, Заславское, Осиповичское, Солигорское.

Большинство пунктов наблюдений сети расположено в крупных городах и населенных пунктах, в районах промышленных предприятий, т. е. там, где имеются источники загрязнения, которые оказывают негативное воздействие на водные объекты.

Для интегральной оценки качества вод и определения динамики изменения их состояния в целом производится расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) по всем контролируемым сетью ОГСНК водным объектам.

По интегральной оценке качества 50% поверхностных вод республики в 2002 году классифицировались как относительно чистые, 45% - как умеренно загрязненные, 5% - как загрязненные. К наиболее загрязненным водным объектам отнесены р.Свислочь ниже г.Минска (ИЗВ=5,4), в устье (ИЗВ=2,3), р.Уза в районе г.Гомель (ИЗВ=2,6), водохранилище Осиповичское (ИЗВ=3,1). Сравнительный анализ данных химического мониторинга показывает, что на некоторых водных объектах, таких как р.Муховец (г.Брест), Неман (гг. Мосты, Гродно), Россь (г.Волковыск), произошло улучшение качественного состава воды. ИЗВ этих рек снизилось в 2 раза по сравнению с 2001 годом.

Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды осуществляется как химический, так и радиационный мониторинг. Комплексный мониторинг поверхностных вод позволит:

- оценить сочетанное воздействие этих факторов на окружающую среду с целью дальнейшей оценки экологического риска на здоровье населения;
- информировать органы власти и население об изменениях качества поверхностных вод как антропогенного, так природного происхождения для предотвращения аварийных ситуаций и оперативной работы по ликвидации последствий;
- прогнозировать качественное состояние водных объектов на основе статистических данных, полученных за многолетний период наблюдений.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА МОБИЛИЗАЦИЮ ИОНОВ Ca^{2+} ИЗ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ДЕПО ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИПЕПТИДА γ -Glu-Trp

Прокопенко Н.В., Ярмолик О. В., Герасимович Н.В.

Международный государственный экологический
университет им. А. Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

THE INFLUENCE OF THE IONIZING RADIATION ON THE MOBILIZATION OF Ca^{2+} IONS IN INTRACELLULAR DEPOT OF THE LYMPHOCYTES OF PERIPHERAL BLOOD AFTER DIPEPTIDE γ -Glu-Trp ACTION. The object of the study was lymphocytes of the peripheral blood of the rats of control and irradiated animals. The purpose of the study was investigated the molecular mechanisms of the action of the dipeptides γ -Glu-Trp on the homeostasis of the ions of calcium in the immune cells. The modulating action of the γ -Glu-Trp on the balance of the ions intracellular Ca^{2+} in the intact cells and in the cells of the irradiated animals in the different terms after radiation was stated. The given experimental data are interesting for the deeper researching of the biochemical mechanisms of the influence of low-molecular dipeptides and small doses of ionizing radiation on the

functions of the organism.

Как известно, различные факторы физической, химической и биологической природы, воздействуя на организм человека, могут приводить к истощению адаптационных и компенсаторных механизмов и вызывать глубокие нарушения в различных звеньях системы иммунной защиты, которые относятся к числу центральных систем гомеостаза [1].

Многочисленные исследования, проведенные в последнее время, показали, что системы, ответственные за поддержание гомеостаза в многоклеточном организме, имеют единый механизм химической регуляции, ключевые звенья которого — продукция и секреция целого ряда клеточных медиаторов: пептидных гормонов и цитокинов. Эти вещества осуществляют аутокринную, эндокринную, нейрокринную и паракринную сигнальную передачу информации [2]. Однако, механизмы, лежащие в основе первичных звеньев взаимодействия и последующей внутриклеточной реализации их действия в отдельных клетках, еще недостаточно изучены.

Имеющиеся литературные данные показывают, что при радиационном воздействии отмечается повышение, как концентрации ионов цитоплазматического кальция, так и изменение его содержания в отдельных внутриклеточных компартментах [3].

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение влияния хронического γ -излучения на мобилизацию ионов кальция из внутриклеточных депо под действием дипептида γ -Glu-Trp.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на крысах-самцах массой 180-200 г, которые содержались в стандартных условиях вивария. Биологический материал для исследования получали из организма животных на 3-и и 10-е сутки после воздействия хронического γ -излучения в дозах 0,5 и 1 Гр при мощности дозы $5,8 \cdot 10^7$ Гр/с.

С помощью флуоресцентного зонда хлортетрациклина (ХТЦ) [4] *in vitro* было изучено влияние низкомолекулярного регуляторного дипептида γ -Glu-Trp ($2,5 \cdot 10^{-6}$ М) (Гос НИИ особо чистых биопрепаратов, Санкт-Петербург) на перераспределение ионов кальция в лимфоцитах периферической крови контрольных и облученных животных.

Спектры флуоресценции регистрировали на спектрофлуориметре SFL-1211 ("Solar", Беларусь).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее было показано, что в ближайшие сроки после воздействия на организм малых доз облучения в клетках иммунной системы наблюдается фазное изменение гомеостаза внутриклеточного цитоплазматического кальция [3].

В ходе проведенного исследования было установлено, что на 3-и сутки после хронического γ -облучения крыс в дозе 0,5 Гр содержание ионов Ca^{2+} во внутриклеточных кальциевых депо лимфоцитов уменьшается по сравнению с контролем. Однако на 10-е сутки при тех же условиях наблюдался обратный эффект — достоверное увеличение анализируемого показателя. В то время как при дозовой нагрузке в 1 Гр было отмечено значительное увеличение интенсивности флуоресценции ХТЦ (приблизительно в 3 раза) на 10-е сутки пострадиационного периода по отношению к контролю. При этом на 3-и сутки каких-либо изменений выявлено не было.

Можно предположить, что наблюдаемое нами на 10-е сутки достоверное увеличение концентрации ионов кальция в Ca^{2+} -депо, по-видимому, приводит к активации компенсаторных механизмов в клетке, реализуемых после радиационного воздействия в лимфоцитах периферической крови крыс. Кроме того, этот эффект может быть связан с изменением самой популяции данных клеток.

Далее был проведен анализ влияния γ -Glu-Trp на вышеуказанные показатели.

Так, было установлено, что инкубация лимфоцитов периферической крови с γ -Glu-Trp приводит к уменьшению (в 1,5 раза) интенсивности флуоресценции ХТЦ. Данный эффект указывает на то, что исследуемый дипептид вызывает уменьшение концентрации ионов Ca^{2+} во внутриклеточных депо. Возможно, γ -Glu-Trp реализует свое действие через инозитол-фосфатный путь передачи сигнала. Ранее было показано, что в случае действия ряда препаратов, полученных из тимуса, инозитол-1,4,5,-трифосфат может выступать в качестве посредника [5,6], действующего на внутриклеточные Ca^{2+} -депо, что приводит к выходу ионов Ca^{2+} из них и увеличению концентрации цитоплазматического Ca^{2+} . Аналогичный эффект нами был отмечен ранее [7].

Таким образом, можно заключить, что дипептид γ -Glu-Trp посредством трансформации сигнала через плазматическую мембрану вызывает модификацию внутриклеточного кальциевого гомеостаза, что, в свою очередь, по-видимому, будет отражаться и на функциональном состоянии исследуемых клеток.

В связи с вышесказанным была проведена инкубация клеток, полученных от животных на 3-и и 10-е сутки после действия хронического γ -облучения в дозах 0,5 Гр и 1 Гр, с γ -Glu-Trp. Это приводило к еще более выраженному уменьшению интенсивности флуоресценции ХТЦ приблизительно в 1,5-2 раза по сравнению с содержанием данного катиона в депо облученных животных.

Полученные данные позволяют сделать предположение, что исследуемый дипептид уменьшает нагрузку ионами Ca^{2+} внутриклеточных кальциевых депо в клетках облученных животных. Известно, что избыток ионов Ca^{2+} в таких органеллах как митохондрии может блокировать ферменты окислительного

фосфорилирования и синтеза АТФ.

Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что низкомолекулярные регуляторные дипептиды могут играть важную роль в регуляции и восстановлении защитных функций организма при патологических состояниях, а также при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иммунодефицитные состояния. Под ред. В.С. Смирнова. СПб.: Формат 2000.-560с.
2. Хавинсон В.Х., Кветной И.М., Ашмарин И.П. // Успехи совр. биол.- 2002.- Т.122, Вып. 2.- С. 190-201.
3. Прищеп С.Г. Влияние малых доз ионизирующего излучения на механизмы регуляции внутриклеточного кальция в радиочувствительных клетках организма. Автореферат диссерт...к.б.н. Мн. 2001. 24С.
4. Макаров П.Р., Зинченко В.П.// Биофизика. 1984. Т.29, Вып. 6. с. 1006- 1009
5. Кузник Б.И., Морозов В.Г., Хавинсон В.Х. Цитомедины: 25-летний опыт экспериментальных и клинических исследований. СПб.: Наука.- 1998.- 310с.
6. Демидов С.В. Молекулярно-генетические и клеточные механизмы фармакологического действия препаратов из тимуса: Автореф. дисс. д-ра. мед. наук. Киев: Ин-т геронтологии УН Украина, 1991. 45с.
7. Pukhtseyeva I.V., Demchuk E.I., Prischep S.G., Gerasimovich N.V. // International Scientific Conference "Biological activities substances in regulation of metabolite homeostasis", Grodno, Belarus, September 28-29, 2000, p. 111-114.

МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВТОРИЧНЫХ ПОСРЕДНИКОВ В ПРИСУТСТВИИ ДЕКСАМЕТАЗОНА В ТИМОЦИТАХ КРЫС ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО γ -ОБЛУЧЕНИЯ

Пухтеева И.В., Герасимович Н.В.

Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск, Республика Беларусь

THE MODIFICATION OF THE FUNCTION OF THE SYSTEMS OF THE SECOND MESSENGERS IN PRESENT OF DEXAMETHASONE IN THYMOCYTES OF RATS AFTER CHRONIC γ -EXPOSURE. The object of the study was the thymocytes of intact rats and the cells of rats after chronic γ -irradiation (1 Gy) on the 30th day after the irradiation. The level of the cytoplasmic $[Ca^{2+}]_i$ was investigated by using fluorescent probe Fura-2/AM. It was foundation that the effect of the influence of the dexamethasone was more vivid in the cells after the irradiation. The radio-immune method was used for investigating the level of the cAMP in the thymocytes. It was discovered that chronic γ -exposure to dose 1,0 Gy caused the change in the level of the intracellular cAMP. We can proposal that the influence of γ -irradiation probably may initiate the modification of the system of the calcium homeostasis and the cyclic nucleotides.

Биохимические реакции, развивающиеся в клетках иммунной системы после воздействия облучения, могут приводить либо к формированию ответной функциональной реакции, либо к их гибели. Однако механизмы радиационно-индуцированных нарушений процессов метаболизма в вышеуказанных клетках изучены недостаточно. Одним из возможных подходов к выяснению цепи биохимических событий, развивающихся на начальных этапах действия малых доз ионизирующего излучения, является определение динамики изменения содержания метаболитов, способных участвовать в формировании сигнала в клетках иммунной системы [1].

К настоящему времени установлено, что некоторые стероидные гормоны способны регулировать активность мембранных рецепторов, а также модулировать ферментативную активность тирозинкиназы, аденилатциклазы, фосфолипазы С и сопряженных с ними систем вторичных мессенджеров [2]. Показано влияние глюкокортикоидов на изменение аденилатциклазной активности как в интактных клетках отдельных органов и тканей, так и в бесклеточной системе, содержащей плазматические мембраны [3]. Кроме того, на отдельных клетках установлено, что состояние системы циклических нуклеотидов может подвергаться значительной модификации при действии высоких доз ионизирующего излучения [4].

Наряду с этим было сделано предположение, что молекулярные аспекты глюкокортикоид-зависимого апоптоза клеток тесно связаны с изменением гомеостаза внутриклеточного цитоплазматического кальция. В работах последних лет указывается, что ионы кальция могут играть важную роль в реализации глюкокортикоид-индуцированного апоптоза тимоцитов и лимфоидных клеток [2]. Ранее было показано, что в начальные сроки после облучения в малых дозах наблюдается нарушение гомеостаза ионов кальция в клетках иммунной системы [5].

В связи с вышеуказанным, целью данной работы явилось изучение влияния дексаметазона на гомеостаз ионов внутриклеточного цитоплазматического кальция и уровень внутриклеточного цАМФ в

timoцитах контрольных и облученных животных в отдаленные сроки после хронического γ -облучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводились на тимоцитах контрольных и облученных крыс. Облученные животные брались в опыт на 30-е сутки после хронического γ -облучения в дозе 1 Гр. Облучение проводилось от цезиевого источника при мощности дозы $5,8 \cdot 10^{-7}$ Гр/с. Клетки тимуса выделяли по методу, описанному ранее [6]. Для изучения влияния дексаметазона препарат (1 мкмоль/л) добавляли к суспензии клеток, находящихся в фосфатном буфере (рН 7,4) (10^6 клеток/мл) и инкубировали 120 минут (37°C) [3]. Состояние гомеостаза внутриклеточного цитоплазматического кальция исследовали с помощью флуоресцентного зонда Fura-2/AM [7], конечная концентрация зонда в среде инкубации составляла 5 мкмоль/л. Содержание цАМФ в тимоцитах крыс определяли радиоиммунным методом с использованием стандартных наборов (ИБОХ АН РБ), как описано в работе [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что молекулярные механизмы, обеспечивающие изменение гомеостаза внутриклеточного кальция в присутствии глюкокортикоидов, в ряде случаев связаны с активацией некоторых генов, в частности, генов, кодирующих рецепторы IP_3 (инозитолтрифосфата), которые, в свою очередь, способны регулировать состояние IP_3 -зависимых кальциевых каналов. Вышеуказанные события, вероятно, и способствуют увеличению содержания ионов кальция в цитоплазме клеток, наблюдаемому при действии глюкокортикоидных гормонов [2,8].

Результаты наших исследований показали, что в тимоцитах контрольных животных концентрация внутриклеточного цитоплазматического кальция составляет $85 \pm 0,5$ нмоль/л. Прединкубация в течение 2 часов суспензии тимоцитов контрольных животных с дексаметазоном приводила к увеличению концентрации ионов кальция в цитоплазме клеток приблизительно в 2 раза. Вместе с тем, на 30-е сутки после хронического γ -облучения в дозе 1Гр в цитоплазме тимоцитов крыс отмечалось снижение концентрации ионов цитоплазматического кальция почти на 40% по сравнению с контролем. Взаимодействие клеток облученных животных с дексаметазоном при вышеуказанных условиях также вызывало увеличение концентрации ионов кальция в цитоплазме. Однако оно составляло только 50% от исходных значений.

Исследование реакции системы циклических нуклеотидов показало, что базальный уровень цАМФ в тимоцитах контрольных животных составлял $0,76 \pm 0,03$ пмоль/ 10^6 клеток. На 30-е сутки после хронического облучения было обнаружено увеличение данного показателя в 2 раза по сравнению с контролем.

Полученные данные согласуются с имеющимися результатами экспериментов [9], в которых отмечается, что изменение ферментативной активности аденилатциклазной системы наблюдается при облучении организмов в очень малых дозах (1,0 сГр) при хроническом облучении на 14-е и 28-е сутки.

В последующих сериях экспериментов прединкубация суспензии тимоцитов контрольных животных в течение 2 часов в присутствии дексаметазона (1 мкмоль/л) приводила к снижению концентрации цАМФ до $0,27 \pm 0,04$ пмоль/ 10^6 клеток.

При анализе результатов исследования содержания цАМФ в присутствии дексаметазона в тимоцитах облученных крыс оказалось, что хроническое облучение вызывает увеличение этого показателя на 38,5%.

Причиной этому, вероятно, является показанное нами ранее влияние малых доз хронического γ -облучения на физико-химическое состояние плазматических мембран тимоцитов крыс [10], приводящее, по-видимому, к изменению конформации основных мембраносвязанных компонентов аденилатциклазной системы, а также изменение активности ферментативных систем, участвующих в метаболизме циклических нуклеотидов в клетке [8].

Таким образом, полученные данные позволяют предположить наличие довольно сложных механизмов взаимодействия между различными путями внутриклеточной сигнализации. В связи с этим, исследование состояния основных систем внутриклеточной сигнализации в клетках иммунной системы может дать более полную информацию о функциональном состоянии данных клеток и возможных нарушениях, возникающих в них при облучении. Это, в свою очередь, поможет расширить существующие представления о молекулярных механизмах действия малых доз ионизирующего излучения на различные регуляторные системы клетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучеренко Н.Е., Матышевская О.П., Остапченко Л.И. и др.// Радиобиология – 1991 - №5, с. 739-742.
2. Distelhorst C.W., Dubyak G. // Blood. 1998. Vol.91..№3.PP. 731-734.
3. Сергеев П.В., Духанин А.С., Патрашев Д.В., Никитин В.Б.// Иммунология – 1998 - №1, с. 18-21.
4. Соболев А.С. Радиационная биохимия циклических нуклеотидов. М., Энергоатомиздат. 1987. 100С.
5. Prischep S.G., Gerasimovich N.V., Milyutin A.A.// Rad. Prot. Dos. 2002. Vol.99. Nos. 1-4. PP. 173-174.
6. Хант С., Мейсон Д. Лимфоциты. Методы. М., Мир. 1990. 283С.
7. Grinkiewicz G., Poenie M., Tsien P. // J.Biol. chem. 1985. Vol. 260. №6. PP. 3440-3450.
8. Ткачук В.А. // Биологические мембраны – 1999 - №2, с. 47-55.

С-РЕАКТИВНЫЙ БЕЛОК — ПОКАЗАТЕЛЬ ТЯЖЕСТИ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА. ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ДЕТОКСИЦИРУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ЕГО СОДЕРЖАНИЕ В ОРГАНИЗМЕ ОБЛУЧЕННЫХ СОБАК

Серков Н.В.

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь

The experiments that were carried out on some dogs, treated with the doze of 2,9Gr, helped to determine a diagnostic value of C-reactive albumen – the showing of a great radiation damage.

Биологическую дозиметрию обычно осуществляют генетическими методами (1). Использование биохимических, физиологических или других биологических параметров для определения реакции организма на воздействие радиации также является биодозиметрией.

В этой связи нас привлек метод определения в крови С-реактивного белка (С-РБ), являющегося одним из показателей деструктивных процессов, происходящих в организме.

При острой лучевой болезни (ОЛБ) этот белок обнаруживают уже в латентном периоде болезни. Минимальной пороговой дозой облучения, после которой его начинают обнаруживать в крови, является 1 Гр. По мнению В.Н. Мальцева и др.(2, 3), определение С-РБ может быть тестом для оценки выраженности процессов тканевой деструкции. Ранее изучение динамики количества этого белка проводили только у облученных обезьян и кроликов (4). В настоящей работе С-РБ исследовали по предложенной нами методике (5).

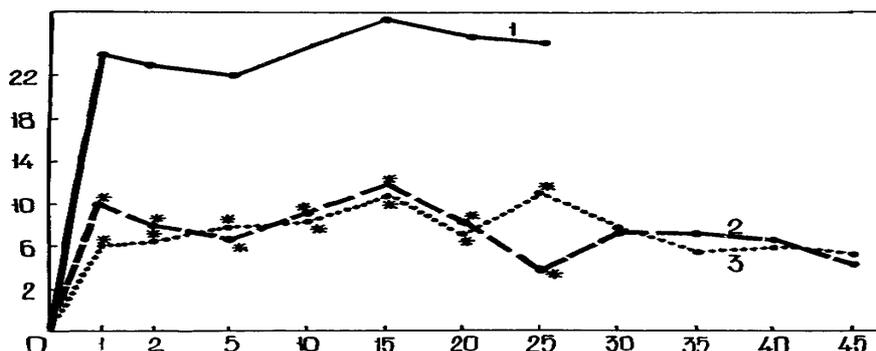


Рис. 1. Влияние реоглюмана и плазмафереза на содержание С-реактивного белка в периферической крови собак, облученных в дозе 2,9 Гр (1 - контроль облучения, 2 - с лечением реоглюманом, 3 - с лечением плазмаферезом; по оси абсцисс - время после облучения, в сут., по оси ординат - уровень С-РБ в крови, в усл.ед.)

Собак облучали в дозе 2,9 Гр (СД₉₀). Кровезаменитель реоглюман вводили внутривенно в дозе 10 мл/кг через 3 и 24 ч после облучения. Плазмаферез проводили по общепринятой методике (6) через 24 ч после воздействия радиации.

Как видно из рисунка, воздействие ионизирующей радиации приводит к значительному увеличению изучаемого показателя во все сроки наблюдения. У леченных реоглюманом и плазмаферезом собак его количество повышалось в меньшей мере, чем в контроле. Действие их было примерно одинаковым.

Влияние реоглюмана и плазмафереза на содержание С-РБ в крови облученных животных следует в первую очередь связать с их детоксицирующим эффектом. С-РБ в крови появляется вследствие нарушения белкового обмена. Сорбируя и выводя его из организма через почечный барьер, используемые нами средства лечения ОЛБ уменьшают тем самым выраженность постлучевой токсемии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моссэ И.Б.» О значении термина биодозиметрия»// Актуальные проблемы биодозиметрии.- Мн.: Триолетта, 2001.- С. 119-121.
2. Мальцев В. Н. Стрельников В.А., Иванов А.А. С-реактивный белок сыворотки крови как показатель тяжести лучевого поражения// Доклады АН СССР.- 1978.- Т. 239.- № 3.- С. 750-752.
3. Баранов М.Н., Шумихина К.И., Петкевич Н.В., Серков Н.В. Определение С-реактивного белка в крови как прогностический тест при острых лучевых поражениях//
4. Материалы Всес. симп. «Ранняя диагностика острых лучевых поражений».- Л., 1985.- С. 68-69.

5. Шубик В.М., Кацнельсон Г.М., Сельцер В.К. Сравнительная характеристика некоторых показателей неспецифического иммунитета и образование Сх- реактивного белка при нейтронном и рентгеновском облучении - Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол.-1973.-№5.- С.105-109.

6. А.с. №231603, МКИ4СОI №33/48 Способ определения С-реактивного белка в крови животных/ Баранов М.Н. Петкевич Н.В., Серков Н.В., Шумихина К.И.- №308617430; заявл.26.03.84; опубл. 03.02.86.

7. Инструкция по интенсивному цитоферезу и плазмаферезу у доноров и больных с помощью сепараторов клеток крови и рефрежераторных центрифуг.- Утверждена Зам. МЗ СССР 10.09.85.-М.-1986.- 26 с.

ХВОЙНЫЕ КАК ТЕСТ-СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НУЛЕВЫХ ВАРИАНТОВ В СТРУКТУРНЫХ ГЕНАХ, КОДИРУЮЩИХ КЛЮЧЕВЫЕ ФЕРМЕНТЫ РАСТЕНИЙ

Сурков А. А., Гончаренко Г. Г.

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

CONIFEROUS AS THE TEST-SYSTEM FOR DETECTING ZERO-ALLELES IN THE STRUCTURAL GENES CONTROLLED FOR IMPORTANT PLANT ENZYMES. Methods for detecting zero-alleles on haploid endosperms of Norway spruce, Scotch pine, Silver fir growing in the natural population of East Europe and Siberia, are developed on the basis of electrophoretic analysis of 22-25 structural genes. Examples of zero-alleles resulting in the loss of gene product activity (zero-variant) of enzymes are given.

Одной из важных характеристик популяционно-генетической структуры является соотношение частот встречаемости активных и так называемых нулевых аллелей. Ноль-аллели возникают под воздействием как природных, так и техногенных факторов и приводят к утрате активности фермента или к полному подавлению синтеза полипептида. Поскольку даже гетерозиготы по нулевым аллелям имеют только 50% активности соответствующего фермента – отрицательное влияние этих аллелей на биологическое состояние особей очевидно и было показано на *Drosophila* (O'Braen, McIntire, 1972;) и на человеке (Griffiths et al., 1999).

Одним из наиболее оптимальных методов выявления нулевых аллелей остается электрофоретический анализ изоферментов (Mukai, Cockerham, 1977; Voelker et al., 1979; Tsuno, 1981; Allendorf et al, 1982), поскольку он дает возможность определить все 100% мутаций, приводящие к нарушению функции ферментов (нулевые аллели).

В результате проведенных нами молекулярно-генетических исследований семенного материала более 900 деревьев ели европейской, 800 деревьев сосны обыкновенной и 200 деревьев пихты белой, собранных в 63 природных популяциях, расположенных на территории Беларуси, России, Украины, Латвии и Эстонии и Польши, было установлено, что наиболее удобным объектом для определения насыщенности популяций нулевыми аллелями являются хвойные. У всех хвойных растений яйцеклетка и клетки, формирующие гаплоидную ткань эндосперма (мегагаметофита), имеют общее происхождение от одной мегаспоры. Гаплоидный геном эндосперма идентичен гаплоидному геному яйцеклетки и в этом случае имеется возможность выявлять нулевые аллельные варианты непосредственно при анализе тканей эндоспермов, без использования специальных скрещиваний (Гончаренко и др., 1991).

В ходе электрофоретического исследования 15 ген-ферментных систем для *Picea abies*, 14 ген-ферментных систем для *Pinus sylvestris* и 15 ген-ферментных систем для *Abies alba* было установлено что: 99 электрофоретических вариантов, выявленных у ели европейской, находятся под генетическим контролем 25 структурных генов; 108 электрофоретических вариантов, выявленных у сосны обыкновенной, находятся под генетическим контролем 24 локусов; 48 аллельных вариантов выявленных у пихты белой, находятся под контролем 22 локусов. Все этапы генетического контроля ген-ферментных систем *Picea abies*, *Pinus sylvestris* и *Abies alba* использованных нами в этой работе подробно описаны ранее (Гончаренко, Силин, 1997; Гончаренко, 1999, 2002а,б; Гончаренко, Савицкий, 2000; Гончаренко и др., 2002).

На электрофореграммах нулевые варианты легко типизируются по отсутствию гистохимически окрашенных электрофоретических фракций у эндосперма в конкретном локусе, на фоне гистохимически активных ферментных спектров.

Необходимо подчеркнуть еще один важный момент, характеризующий тест-систему, который заключается в том, что электрофорез в крахмальном геле позволяет отличать нуль-мутации от случайного попадания в анализ погибших семян. У погибшего семени отсутствие электрофоретических продуктов будет наблюдаться по всем проанализированным локусам, в то время как при нуль-мутации электрофоретический спектр других изоферментов не претерпевает изменений.

Таким образом, разработанные методы электрофоретического анализа, используемые в тест-системе, дают возможность относительно легко и четко типировать нулевые варианты (ноль-аллели),

приводящие к утрате активности фермента или к полному подавлению синтеза полипептида в гаплоидных эндоспермах хвойных, что позволяет определить степень насыщенности природных популяций нулевыми аллелями. Кроме того, поскольку геном эндосперма хвойных идентичен геному яйцеклетки, это помогает в первом приближении оценить степень влияния различных видов загрязнений на последующие поколения.

Работа выполнялась частично в рамках программ ГПОФИ «Радиация и антропоэкология», Госкомитета СССР по лесу, программ по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС и поддерживалась различными научными грантами, такими как ISF «RW 2000», «RW 2300».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаренко Г.Г. Геносистематика и эволюционная филогения лесообразующих хвойных Палеарктики // Минск: Тэхналогія, 1999. - 188 с.
2. Гончаренко Г.Г. Генетическая структура пихты белой в Беловежской пуще и других популяциях северо-восточной части ареала // Весці НАН Беларусі, 2002а. - № 3. - С. 31-37.
3. Гончаренко Г.Г. Геносистематика и эволюционная филогения хвойных Палеарктики. Сообщение III. Геносистематика и филогения елей // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, 2002б. - № 3 (12). - С. 81-115.
4. Гончаренко Г.Г., Кривко В.Г., Потенко В.В., акад. Хотылева Л.В. Эндоспермы *Picea abies* как тест-система для определения темпов мутирования в районах с радиоактивным загрязнением // Докл. АН БССР. - 1991. - Т. 35. - № 4. - С. 365-369.
5. Гончаренко Г. Г., Никонович С.Н., Азявчикова Т.В. Механизмы генного контроля ряда ферментных систем у пихты белой (*Abies alba Mill.*) // Известия Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины. 2002. № 3(12). С. 116-125.
6. Гончаренко Г.Г., Савицкий Б.П. Популяционно-генетические ресурсы пихты белой в Беларуси // Гомель: ИЛ НАН Беларусі, 2000. - 122 с.
7. Гончаренко Г.Г., Силян А.Е. Популяционная и эволюционная генетика сосен Восточной Европы и Сибири // Минск: Тэхналогія, 1997. - 192с.
8. Allendorf F.W., Knudsen K.L., Blake G.M. Frequencies of null alleles at enzyme loci in natural populations of ponderosa and red pine // Genetics. - 1982. - V.100. - P. 497-504.
9. GRIFFITHS ET AL. MODERN GENETIC ANALYSIS // FREEMAN AND COMPANY. N. YORK, 1999. - 675P.
10. Mukai T., Cockerham C.C. Spontaneous mutation rates of isozyme genes in *Drosophila melanogaster* // PNAS, 1977. - V. 74. - №6. - P. 2514-2517.
11. O'Brien S., McIntyre R. Genetics and biochemistry of enzymes and specific proteins of *Drosophila*. In Ashburner, M., and Wright, T. (eds.), *The Genetics and Biology of Drosophila* // Academic Press, New York, 1978. - V.2a. - P.395-551.
12. Tsuno K. Studies on mutation at esterase loci in *Drosophila virilis* I. Spontaneous mutation rate and newly arisen variants // Japanese Journal of Genetics, 1981. - V.56. - P. 155-174.
13. Volker R.A., Schaffer H.E., Mukai T. Spontaneous allozyme mutations in *Drosophila melanogaster*: rate of occurrence and nature of the mutants // Genetics, 1980. - V.94. - P. 961-968.

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ ПРИ ОСТРОМ ЛИМФОБЛАСТНОМ ЛЕЙКОЗЕ И ЛИМФОГРАНУЛЕМАТОЗЕ

Суцевич В.В., Дудинская Р.А.

Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

ESTIMATION OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF CHILDREN AT ACUTE LIMPHOBLASTIC LEUKEMIA. The problem of the work is data of 124 children with acute limphoblastic leukemia and Hodgink's disease after combination treatment. The objective of the work is to detect physical stature of children after cancer therapy in children and comparison of their antropometrical data bafore and after therapy. The posibility of detection of combination therapy's influence on physical stature of children in remission was shown.

Острый лимфобластный лейкоз (ОЛЛ) является преобладающей формой лейкоза и рака у детей. Острые лейкозы распространены повсеместно, в разных странах на их долю приходится от 40 до 90% всех случаев лейкозов, Среднегодовые показатели заболеваемости колеблются от 1,8 до 4,3 на 100000 населения. Мужчины и женщины заболевают с равной частотой. Острые лейкозы встречаются во всех возрастных группах, у детей и стариков их вес наибольший среди всех гемобластозов. У детей до 90% случаев острых лейкозов приходится на ОЛЛ [1,2].

На современном этапе развития режимов химиолучевой терапии детских онкологических заболеваний очень важным компонентом оценки качества жизни излеченных детей является оценка физического развития ребенка. Это помогает не только оценить общее состояние здоровья пациента, вовремя выявить и предупредить последующие эффекты лечения, но и является также важным фактором

выбора лечения и внесения определенных изменений в режим и тактику проводимой терапии.

Целью настоящей работы является оценка влияния химиолучевой терапии на физическое развитие детей, получивших лечение по поводу острого лимфобластного лейкоза и лимфогрануломатоза (ЛГМ). Физическое развитие изучено на примере 124 детей в возрасте от 1 года до 17 лет по базе данных Республиканского научно-практического центра детской онкологии и гематологии. При группировке данных были использованы общепринятые методы в педиатрии, т.е. продолжительность жизни в годах и оценка динамики показателей физического развития по росту, весу и площади поверхности тела. Дети были разделены на группы по нозологиям. В первую вошли дети с диагнозом ОЛЛ (82 человека). Во вторую группу вошли дети с диагнозом ЛГМ (42 человека). Дети, кроме распределения по нозологическим формам болезни, были разделены на группы по времени наблюдения: 0-2 года, 3 года и более 5 лет после окончания медицинского лечения.

Для оценки различий в физическом развитии детей до лечения химиолучевой терапией и после был использован метод оценки физического развития ребенка по центильным таблицам, который позволил более точно и наглядно охарактеризовать линейную диаграмму распределения физических параметров в зависимости от возраста обследованных детей.

Распределение роста в зависимости от возраста у мальчиков с диагнозом ОЛЛ, выявил положительную динамику зависимости площади тела у детей до лечения (величина достоверности аппроксимации (R^2) составила 0,79) и через 0-2 года после терапии ($R^2=0,72$) в сравнении со средним гармоничным развитием ($R^2=0,99$), принятым за стандарт для мальчиков.

При сравнении трендов на момент диагноза и через 0-2 года после терапии по отношению к стандарту, отмечаются различия в физическом состоянии детей до лечения и после. Более динамичное физическое развитие пациентов после терапии свидетельствует о снижении угнетающего действия химиолучевой терапии на растущий организм мальчиков через 0-2 года после лечения по сравнению с их состоянием до лечения.

Через 3 года после лечения картина меняется и основным отклонением от гармоничного развития становится дисгармоничное с избытком массы тела 1-ой степени, переходящей через несколько лет в преобладание резкого дисгармоничного развития с избытком массы тела 2-ой степени, характерный для 36% пациентов. Из этого следует, что дефицит массы тела, наблюдаемый у мальчиков на момент диагноза ОЛЛ со временем переходит в избыток, характеризующийся порой как патологический.

В то же время сравнение тренда на момент диагноза ($R^2=0,80$) и через 3 года после терапии ($R^2=0,76$) выявило превышение площади тела детей после лечения над стандартом на фоне значительного увеличения отклонений от гармоничного развития, связанных с патологическим увеличением массы ребенка, что и обусловило такое увеличение площади тела.

Через 5 лет после лечения ОЛЛ среди мальчиков наблюдается преобладание резкого дисгармоничного развития с избытком массы тела 2-ой степени, равномерно отразившееся на всей группе детей. При этом значительное превышение площади тела излеченных детей над стандартным наблюдается для мальчиков, чей возраст на момент полихимиотерапии составил 5-7 лет, характеризующийся как наиболее неблагоприятный для проведения комбинированной терапии и сложности отдаленных эффектов [2,3]. Таким образом, можно сделать вывод, что в ранние сроки после лечения ОЛЛ у мальчиков наблюдается тенденция к уменьшению количества отклонений от гармоничного развития и снижению их выраженности, что отражается в изменении соотношений отклонений. В группе детей происходит примерное количественное уравнивание между дисгармоничным развитием, связанным с чрезмерным избытком и острым дефицитом массы тела.

На фоне положительной динамики зависимости площади тела у девочек до лечения ($R^2=0,86$) и через 0-2 года после терапии ($R^2=0,77$) наблюдается снижение отклонений от гармоничного развития, связанных с дефицитом массы тела с уровня 26% до 13%. С увеличением среди девочек безрецидивной ремиссии до 5 лет, отмечается значительное преобладание отклонений, связанных с избытком массы тела, которые составляют 39% случаев.

Таким образом, для девочек, получивших терапию по поводу ОЛЛ, характер распределения отклонений от гармоничного развития идентичен характеру распределения для мальчиков. Различия в соотношении гармоничного развития и его отклонений отмечаются в группах детей с безрецидивной ремиссией 5 и более лет, что может быть объяснено возрастными половыми отличиями.

Среди мальчиков с диагнозом ЛГМ, через 0-2 года после лечения наблюдается значительное уменьшение отклонений от гармоничного развития по сравнению с их состоянием на момент диагноза. Одновременно наблюдается и сглаживание отклонений, отраженных в легкой форме (1-я степень процесса). Распределение площади тела в зависимости от возраста для данной группы детей через 0-2 года после лечения соответствует среднему гармоничному развитию ($R^2=0,88$). Через 3 года после лечения преобладающим отклонением от гармоничного развития становится отклонение, связанное с дефицитом массы тела 1 степени. Распределение площади тела от возраста у девочек с диагнозом ЛГМ через 3 и более лет после терапии, положительной динамики не выявил, однако данные результаты могут быть недостоверны из-за маленькой выборки для данной группы детей.

Для группы девочек с безрецидивной ремиссией, составляющей 3 и более лет после терапии, наблюдается процентное увеличение гармоничного развития и преобладание отклонений, связанных с

дефицитом массы тела 1 и 2 степени. Характер расположения линии тренда относительно стандарта для девочек данной группы идентичен группе мальчиков с ремиссией 3 года

Таким образом, можно предположить, что лечение детей с диагнозом ОЛЛ и ЛГМ, включающее в себя облучение и применение цитостатиков, инициирует тенденцию к увеличению гармоничного развития детей (на 19-23% для ОЛЛ и на 16% для ЛГМ), наблюдающуюся на протяжении первых двух лет после лечения. В группе детей происходит примерное количественное уравнивание между дисгармоничным развитием, связанным с чрезмерным избытком и острым дефицитом массы тела.

Последующее наблюдение за пациентами выявляет ухудшение основных антропометрических данных по сравнению с предыдущими исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дурнов Л.А. Старые и новые проблемы детской онкологии // Российский онкологический журнал. - 1998. - №2. - с.4-7.
2. Конопля Н.Е. Лечение ЛГМ у детей с использованием интенсивной полихимиотерапии и редуцированного облучения: Автореф. дисс... канд. мед. наук: Минск, 1996, 16 с.
3. Сачивко Н.В., Жаврид Э.А. Комбинированная терапия ЛГМ у детей // Актуальные проблемы детской онкогематологии. Сб. материалов 1-го съезда детских онкологов-гематологов. 1993, Минск, -с.30-35.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЖИТЕЛЕЙ БЕЛАРУСИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПОСТУПЛЕНИЕМ ЙОДА-131 ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ, И ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Третьякевич С.С.

Белорусская Медицинская Академия Последипломного Образования, г.Минск, Республика Беларусь

RECONSTRUCTION OF PERSONAL THYROID DOSES OF BELARUS INHABITANTS CAUSED BY RADIOIODINE INTAKE AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT AND ESTIMATION OF UNCERTAINTY OF THE OBTAINED RESULTS. The methodology of a reconstruction of personal thyroid doses is based on usage of the data of direct measurements of exposure dose rate above thyroid and data of personal questionnaire. The designed computer program allows to calculate central estimations and uncertainty of the obtained estimations for the cohort subjects of the bilateral Belarus-US scientific project (BelAm) aimed to study of thyroid cancer and other thyroid diseases in Belarus following the Chernobyl accident (1997 - 2002).

Проведение эпидемиологических исследований, определяющих риски возникновения различных патологий ЩЖ, требует надежного определения индивидуальных доз облучения ЩЖ субъектов исследования. Наиболее достоверное определение доз облучения ЩЖ может быть получено с использованием данных прямых измерений мощности экспозиционной дозы (МЭД) над ЩЖ. Однако многократные измерения в течение всего йодного периода имеются только для малого числа жителей Беларуси. Для большинства измеренных людей имеется лишь однократное измерение в течение йодного периода. В связи с этим необходим учет индивидуальных данных о местонахождении человека и поступлении радиоактивного йода в его организм ингаляционным и пероральным путями. Такие индивидуальные данные могут быть получены путем индивидуального опроса субъектов исследования. Располагая данными индивидуального опроса, данными прямых измерений МЭД над ЩЖ, а также данными по радиационной обстановке на территории Беларуси, возможно провести реконструкцию индивидуальных доз облучения ЩЖ субъектов исследования.

Доза внутреннего облучения ЩЖ радиоизотопом ^{131}I за период времени ΔT определяется следующим выражением:

$$D_a = \frac{E_{th}}{m_a} \cdot Q_a, \quad (1)$$

где D_a - доза облучения ЩЖ за период времени ΔT , Гр;

E_{th} - энергия, поглощаемая в ЩЖ на один распада ^{131}I , Дж распад $^{-1}$;

m_a - масса ЩЖ субъекта, кг;

Q_a - количество распадов ^{131}I в ЩЖ субъекта за период времени ΔT , распад;

a - возраст субъекта, используемый в качестве индекса для параметров уравнения (1), полных лет.

Число распадов ^{131}I в ЩЖ определяется содержанием ^{131}I в ЩЖ. Количественной характеристикой, описывающей содержание ^{131}I в ЩЖ в момент времени t , является активность ^{131}I в ЩЖ. В общем случае количество распадов ^{131}I в ЩЖ субъекта за период времени ΔT определяется как интеграл активности ^{131}I в ЩЖ за период времени ΔT :

$$Q_a = \int_0^{\Delta T} A_a(t) dt \quad (2)$$

где $A_a(t)$ – активность ^{131}I в ЩЖ в момент времени t , Бк;

t – переменная интегрирования, отражающая период времени, для которого рассчитывается количество распадов ^{131}I в ЩЖ, с.

Активность ^{131}I в ЩЖ в момент времени t определяется поступлением и удержанием ^{131}I в ЩЖ до момента времени t из выражения:

$$A_a(t) = A_0 \cdot \int_0^t IFm_a(\tau) \cdot RF_a(t - \tau) d\tau, \quad (3)$$

где $IFm_a(\tau)$ – функция, описывающая поступление ^{131}I в ЩЖ в рамках применяемой модели, Бк с⁻¹;

$RF_a(t - \tau)$ – функция удержания ^{131}I из ЩЖ;

t – период времени с момента выпадений ^{131}I в месте проживания субъекта, с;

τ – переменная интегрирования, отражающая время поступления ^{131}I , с.

A_0 – нормировочный коэффициент между содержанием ^{131}I , реально имеющемся в ЩЖ в момент времени t , и содержанием ^{131}I , имеющемся в ЩЖ в момент времени t согласно модельным представлениям.

Определить этот нормировочный коэффициент позволяют данные прямых измерений МЭД над ЩЖ по следующей формуле:

$$A_0 = \frac{A_a(t_m)}{\int_0^{t_m} IFm_a(\tau) \cdot RF_a(t_m - \tau) d\tau} = \frac{CF_a \cdot [P_{th}(t_m) - P_b(t_m)]}{\int_0^{t_m} IFm_a(\tau) \cdot RF_a(t_m - \tau) d\tau}, \quad (4)$$

где CF_a – пересчетный коэффициент от значения мощности дозы над ЩЖ, измеренной прибором, к активности ^{131}I в ЩЖ [1], Бк ч μP^{-1} ;

$P_{th}(t_m)$ – показания прибора над ЩЖ, μP ч⁻¹;

$P_b(t_m)$ – "фоновые" показания прибора, μP ч⁻¹;

t_m – время, прошедшее с начала радиоактивных выпадений, с.

Подставляя выражения (2 – 4) в формулу (1), получим конечную формулу:

$$D_a = \frac{E_a}{m_a} \cdot \frac{CF_a \cdot [P_{th}(t_m) - P_b(t_m)]}{\int_0^{t_m} IFm_a(\tau) \cdot RF_a(t_m - \tau) d\tau} \cdot \int_0^{\Delta T} \int_0^t IFm_a(\tau) \cdot RF_a(t - \tau) d\tau dt, \quad (5)$$

Функция удержания ^{131}I в ЩЖ принимается единой для всех субъектов одной возрастной группы и определяется следующим выражением:

$$RF_a(t) = e^{-\lambda_{tha} \cdot t}, \quad (6)$$

где λ_{tha} – постоянная эффективного выведения ^{131}I из ЩЖ, сут⁻¹;

Возрастно-зависимые значения λ_{tha} и m_a , получены путем линейной интерполяции и интерполяции кубическими сплайнами опорных значений, взятых из работы [2].

Поступление ^{131}I в ЩЖ описывается в соответствии с идеологией работы [3] и разделено на следующие пути:

- ингаляционное поступление;
- поступление с коровьим молоком;
- поступление с зелеными листовыми овощами;
- поступление с молочными продуктами.

Дополнительно в модель добавлено блокирование поступления ^{131}I в ЩЖ из-за проведения йодной профилактики. Параметры, применяемые в модели, и их значения, соответствующие условиям Беларуси, представлены в табл. 1.

Оценка неопределенности результатов расчета индивидуальных доз облучения ЩЖ проводится с помощью метода Монте-Карло. При расчете неопределенностей разыгрывается 1000 историй. В табл. 1 представлены используемые при проведении статистического моделирования параметры модели и соответствующие им типы и параметры распределения.

Таблица 1

Параметры модели и соответствующие им типы и параметры распределения

Параметр	Центральная оценка		Распределение	
			Тип	Параметры
Описание	Символ	Единицы		

Суточные выпадения ^{131}I [4]	$GD(t)$	$\text{кБк м}^{-2} \text{сут}^{-1}$	Вычисляется	Логнормальное	СГО=2.1
Скорость осадения сухих выпадений	V_T	м/сут	864	Логнормальное	СГО=1.6
Эффективная скорость очистки травы	λ_p	сут^{-1}	0.15	Треугольное	0.13-0.17
Урожайность пастбищной травы	Y_T	кг м^{-2}	Региональная зависимость	Треугольное	
Коэффициент задержки	f_{ird}	отн.ед.	Региональная зависимость	Логнормальное	СГО=1.6
Постоянная полураспада ^{131}I	λ_T	сут^{-1}	0.0862	нет	константа

Масса загрязненной почвы на единицу площади пастбища	Y_e	кг м ⁻²	1		треугольное	0.5-1.5
Время выдержки овощей	TC _{vs}	сут	1 (для города)		треугольное	0.5-1.5
Коэффициент кулинарной обработки овощей	PF _v	отн.ед.	0.8		равномерное	0.6-1
Скорость перехода йода из пищи в молоко	λ_b	сут ⁻¹	1.0		треугольное	0.7-1.4
Коэффициент перехода из пищи коровы в молоко	TF _m	сут л ⁻¹	3 10 ⁻³		логнормальное	СГО=2.1
Суточное потребление травы	I _{gr}	кг сут ⁻¹	Региональная зависимость		равномерное	30 – 50
Суточное поступление почвы в организм коровы	I _{er,}	%	1		треугольное	0.2-1.8
Время выдержки частного молока	TC _{mv}	сут	0.25		нет	константа
Время выдержки магазинного молока	TC _{mc}	сут	1.5		равномерное	1-2
Время выдержки молочных продуктов	TC _{mp}	сут	2		равномерное	1.5 - 3.5
Коэффициент кулинарной обработки для молочных продуктов	PF _{mp}	отн.ед.	0.6		равномерное	0.4-0.9
Коэффициент перехода ¹³¹ I из крови в ЩЖ	K _b	отн.ед.	0.3		треугольное	0.2-0.4
Коэффициент перехода ¹³¹ I из воздуха в кровь	K _l	отн.ед.	0.7		треугольное	0.5-0.9
Коэффициент перехода ¹³¹ I из ЖКТ в кровь	K _{lpo}	отн.ед.	1		нет	константа
Интенсивность дыхания	V _{ia}	м ³ сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.4
Суточное потребление листовых овощей	V _{va}	кг сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.4
Суточное потребление частного молока	V _{mas}	л сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.4
Суточное потребление магазинного молока	V _{mas}	л сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.4
Суточное потребление молочных продуктов	V _{mpas}	кг сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.4
Эффективная постоянная полувыведения из ЩЖ	λ_{tha}	сут ⁻¹	Зависит от возраста	от	нормальное	CV = 5%
Масса ЩЖ	m _a	кг	Зависит от возраста	от	логнормальное	СГО = 1.6
Средняя энергия, поглощаемая ЩЖ на один распад	E	Дж расп ⁻¹	3.52 10 ⁻¹⁴		треугольное	3.2-3.84 10 ⁻¹⁴

Для расчета индивидуальных доз облучения ЩЖ радиоизотопом ¹³¹I и неопределенностей полученных оценок разработана компьютерная программа. Суммарный объем программного кода составил более 10-ти тысяч строк. При расчете программа использует данные прямых измерений МЭД над ЩЖ, данные индивидуального опроса и данные по радиационной обстановке на территории Беларуси в начальный период после аварии на ЧАЭС.

Работа компьютерной программы расчета доз облучения ЩЖ разделена на следующие этапы:

1. Выборка из базы данных (БД) индивидуального опроса субъектов, для которых производится расчет дозы. Организация цикла.
2. Выборка из БД прямых измерений МЭД над ЩЖ значения, соответствующего данному субъекту.
3. Выборка индивидуальных характеристик, данных по местопребыванию, по потреблению молока, молочных продуктов и свежих зеленых листовых овощей в период с 26.04.86 по 30.06.86, по проведению

йодной профилактики для каждого субъекта.

4. Выборка данных по радиационной обстановке в местах пребывания субъекта.

5. Решение системы дифференциальных уравнений 1-го порядка, определяющих содержание ^{131}I в ЩЖ, численно, методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

6. Расчет дозы облучения ЩЖ радиоизотопом ^{131}I за 66 дней после аварии на ЧАЭС также производится численно по методу Симпсона (обобщенная формула).

7. При расчете неопределенностей весь цикл повторяется 1000 раз для каждого субъекта. Определение статистических характеристик выборки.

Применение разработанной компьютерной программы к реальным данным опроса субъектов когорты Белорусско-Американского научного Протокола по изучению рака и других заболеваний щитовидной железы в Беларуси после Чернобыльской аварии (1997 – 2002 гг.) позволило получить как центральные оценки доз облучения ЩЖ, так и неопределенности полученных оценок, выраженные в геометрическом стандартном отклонении (ГСО). В качестве входных параметров была использована информация из 3-х баз данных (БД):

1. БД индивидуального анкетного опроса, проведенного во время 1-го скрининга (данные Белорусско-Американского научного Протокола);

2. БД прямых измерений мощности экспозиционной дозы (МЭД) вблизи ЩЖ (данные ИБФ, г. Москва);

3. БД радиационной обстановки на территории Беларуси в 1986 году (данные НИКИ РМиЭ, г. Минск).

Значения центральных оценок доз облучения ЩЖ получены для 11750 субъектов когорты Белорусско-Американского научного Протокола.

Неопределенности полученных центральных значений доз облучения ЩЖ оценены методом статистического моделирования (метод Монте-Карло). Согласно вышеизложенной дозиметрической модели варьировались значения 44-х параметров в соответствии с законами распределения, присвоенными данным параметрам. Для каждого из 11750 субъектов просчитано 1000 историй и получено 1000 значений дозы облучения ЩЖ.

Распределение субъектов когорты в зависимости от геометрического среднего (ГС) выборки из 1000 значений дозы облучения ЩЖ, посчитанных компьютерной программой по данным первичного опроса, представлено в табл. 2 и рисунке 1.

Таблица 2

Распределение субъектов когорты в зависимости от ГС дозы облучения ЩЖ.

Категория	Интервал дозы облучения ЩЖ, Гр			Всего
	≤ 0.3	0.3 – 1.0	> 1	
Вся когорта	5039	3438	3273	11750
ГС дозового интервала, Гр	0.071	0.544	2.287	0.339

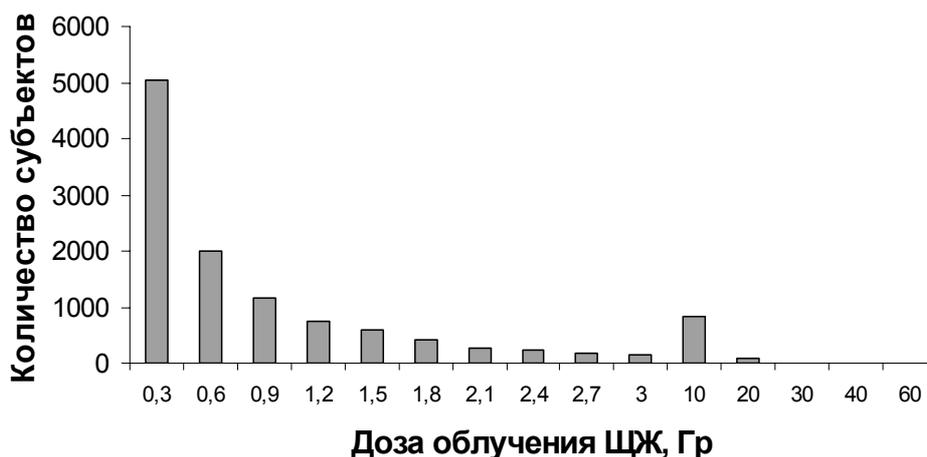


Рис. 1. Распределение дозы облучения ЩЖ для 11750 субъектов когорты.

Распределение субъектов когорты в зависимости от геометрического стандартного отклонения (ГСО), рассчитанного по выборке из 1000 значений дозы облучения ЩЖ, представлено на рисунке 2.

Вид распределения ГСО, полученного для субъектов и показанного на рисунке 2, обусловлен тем, что неопределенности прямых измерений МЭД над ЩЖ, указанные в БД прямых измерений мощности МЭД над ЩЖ имеют только 3 значения ГСО: 1.4, 1.8, 2.3. Из рисунка 2 видно, что для большинства результатов основной вклад в неопределенность оценки дозы облучения ЩЖ вносит неопределенность прямых измерений МЭД над ЩЖ. Остальные параметры вносят небольшую добавку в 0.3 - 0.4.

Для остальной части субъектов, характеризующихся частой сменой местонахождения на территориях с высокими и низкими уровнями радиоактивного загрязнения в течение йодного периода, нерегулярным

потреблением молока и молочных продуктов, неопределенность оценки дозы облучения ЩЖ в большей степени зависит от количества потребляемых продуктов питания и может достигать максимального значения в 3.2.

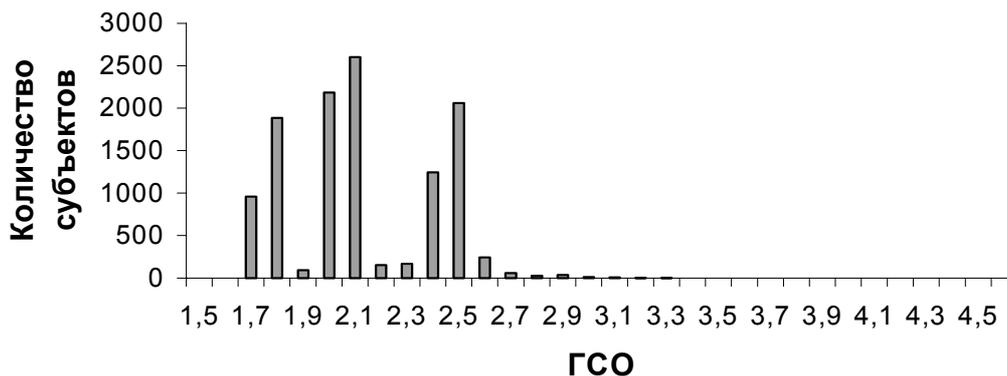


Рис. 2. Распределение ГСО для 11750 субъектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ulanovsky, A.V.; Minenko, V.F.; Korneev, S.V. Influence of measurement geometry on the estimate of ^{131}I activity in the thyroid: Monte Carlo simulation of a detector and a phantom. *Health Phys.* 71:34-41; 1997.
2. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part I: A report of Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection. Publication 56 / International Commission on Radiological Protection. – Oxford: Pergamon Press, 1990. – 122 p.
3. Muller H.; Prohl G. ECOSYS-87: A dynamic model for assessing radiological consequences of nuclear accidents. *Health Phys.* 64:232-252; 1993.
4. Махонько К.П., Козлова Е.Г., Волокитин А.А. Динамика накопления радиойода на почве и реконструкция доз от его излучения на территории, загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиация и риск. – Москва – Обнинск, 1996. – Вып.7. –С.140 – 191.

ЭПР–ДОЗИМЕТРИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ

Финин В.С.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

ESR DOSIMETRY OF ABSORBED DOSE. Techniques for dose reconstruction in tooth enamel, bones and samples of commercial sugar have been developed.

При оценке последствий действия радиации на организм человека основным показателем является величина дозы облучения, полученная пострадавшим. В условиях крупномасштабных аварий зачастую не удается применить классические физические дозиметрические методы, поскольку индивидуальные дозиметры, как правило, у населения отсутствуют. Методы вычисления доз по уровню загрязненности поверхности почвы, продуктов питания, времени пребывания и т. п. весьма разнообразны, и не имеют в настоящее время общепринятой методологии. Ввиду этого оценки доз, выполненные разными группами ученых, заметно различаются. Кроме того, эти методы дают среднюю величину дозы и не учитывают индивидуальных особенностей человека, а также зачастую локальный, неравномерный характер загрязнения.

Наряду с методами физической дозиметрии существуют способы биологической дозиметрии, позволяющие по изменениям в клетках, тканях или органах организма, индуцированным радиацией, определять суммарную дозу облучения всех видов радиации, причем при продолжительном ее воздействии. Общепринятыми в научной литературе (но не практике) методами биологической дозиметрии являются: цитогенетический анализ хромосомных aberrаций (поломок) и метод ЭПР – дозиметрии, в частности, по эмали зубов человека и некоторым другим преимущественно «твердым» тканям. Оба этих метода дают весьма сходные оценки поглощенных доз. Однако метод подсчета хромосомных нарушений существенно более трудоемкий и трудно поддается автоматизации и, естественно, метрологической аттестации.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является метод ЭПР - дозиметрии, позволяющий выявлять свободные радикалы, образованные излучением в кристаллических структурах различных материалов или в других твердых структурах. Первые работы по определению поглощенных доз по эмали зубов появились в 1984 - 1985 гг. Способы восстановления поглощенной дозы по сигналам ЭПР эмали зубов, наиболее полно к настоящему времени проработаны методически, аппаратно и метрологически.

В образцах облученной эмали зубов свободные парамагнитные радикалы, сохраняются до 10 миллионов лет. Происхождение радикалов приписывают либо ион радикалам $\text{CO}_3^{\cdot-}$, либо $-\text{CO}_2^{\cdot-}$. Однако, вопрос об их природе пока не является общепризнанным и продолжает обсуждаться.

В большинстве описанных методик восстановления доз применяют метод добавочного эталонного облучения, что позволяет исключить индивидуальные особенности образцов и одновременно калибровать измеряемую величину. Для разделения спектральных компонент принадлежащих исходным радикалам (фоновый спектр ЭПР) и радиационно - индуцированным применяют различные способы. Наиболее перспективным методическим приемом выделения радиационного сигнала является математическое моделирование сложного спектра ЭПР, представляющего суперпозицию фонового и радиационно обусловленного спектров.

Минимальная поглощенная доза, обнаруживаемая методом ЭПР-дозиметрии эмали, согласно большинству исследователей лежит в пределах 5-10 сГр с погрешностью определения 30-50 %, хотя имеются работы, где описана чувствительность метода порядка одного и менее сантигреев.

Кости животных представляют собой минерализованные ткани, состоящие так же как и зубная эмаль, из гидроксиапатита. В процессе облучения в них идет накопление стабильных ион радикалов той же природы, что и в эмали зубов. В этой связи спектры ЭПР и методики реконструкции поглощенных доз по образцам костей существенно не отличаются от образцов эмали. Однако, если считать минимальной определяемой дозой величину, при которой относительная ошибка равна 50 %, то минимальная определяемая доза по костям в наших экспериментальных условиях составила значение несколько ниже 1 Гр (около 0,85 Гр).

В научной литературе отмечается заметный интерес к радиационной чувствительности углеводов для обеспечения дозиметрии в области средних доз. Это объясняется не только относительной доступностью, широким распространением и достаточной химической гомогенностью, но и интенсивным сигналом ЭПР, его стабильностью и воспроизводимостью с незначительным затуханием во времени.

Были исследованы следующие углеводы: сахароза, фруктоза, декстроза, мальтоза, лактоза, сахар гранулированный, кристаллический и сахарная пудра. Показана хорошая линейность в диапазоне 0,1 – 20 Гр, причем минимальная измеряемая доза – около 5 сГр, а для кристаллического сахара 10 сГр.

Фединг сигналов был не значительным, поскольку сигнал слабо затухал в течение года. Установлено, в что образцы сахара из более чем 20 стран практически не различались по радиочувствительности. Домашний сахар – достаточно чистый, гомогенный на 98-99 % продукт и мало зависит от места производства. Таким образом, для дозиметрии может быть использован любой промышленный продукт независимо от места его изготовления. Следует подчеркнуть, что радиочувствительность радикалов в углеводах практически не зависит от энергии γ - кванта в области энергий 30-1100 кэВ.

Многие лекарственные препараты содержат в качестве наполнителя большое количество углеводов (в том числе сахаров) и могут быть использованы для дозиметрии.

Общеизвестно, что сахар и другие углеводы являются составной частью множества кондитерских изделий. Однако некоторые мультивитамины и лекарства содержат парамагнитные ионы чаще всего - Mn^{2+} и Fe^{3+} , что зачастую затрудняет их использование в дозиметрии. В этой связи следует ожидать, что значения доз, восстанавливаемых с помощью фармсоединений и кондитерских изделий, будет несколько ниже, чем при использовании образцов гомогенного сахара.

На основании проведенных исследований в нашей лаборатории разработаны и внедрены методики определения поглощенной дозы в эмали зубов, костях животных и образцах промышленного сахара.

Основные технические данные разработанных методик:

1. Диапазон измерения поглощенной дозы составляет следующие значения:

– для образцов эмали зубов и промышленного сахара – от 0.1 до 25 Гр;

– для образцов трубчатых костей животных – 1-40 Гр.

2. Предел допускаемой основной относительной погрешности при измерении минимальной дозы не хуже 50%.

3. Время единичного измерения не более 3-х часов с автоматическим изменением времени в зависимости от дозы облучения.

АНАЛИЗ БЕТА-СПЕКТРОВ В СПЕКТРОМЕТРИИ ИЗЛУЧЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Хаджинов Е.М.

Международный государственный экологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

THE ANALYSIS OF BETA-SPECTRUMS IN WHOLE BODY COUNTING. The article presents the latest results of the researching in the way of beta-spectrum analysis. The idea is to divide the «integral» energy spectrum on some intervals, instead of the using the one big window (like it was done in old methodic). Intervals positions depend on the maximum energy of the existing groups of beta-particles. The combination of getting results from all intervals lets us to get more accurate results, than it was before.

Разработка спектрометров, позволяющих определить содержание Sr-90 на фоне других бета-излучающих изотопов (Cs-137, K-40), требует специальной методики для анализа бета-спектра. В процессе создания бета-гамма радиометра (1991г), с блоком детектирования типа ФОСФИЧ [0] была предложена так называемая «оконная» методика (метод энергетических интервалов) [2]. Она основана на соблюдении принципа суперпозиции и использует один энергетический интервал (в диапазоне энергий 0,32..1,6 МэВ [3]) и априори известные значения о содержании гамма-активных радионуклидов. Впоследствии аналогичный алгоритм был использован для определения минимально детектируемой активности, определяемой при помощи разрабатываемого в рамках задания государственной научно-технической программы (ГНТП) «Радиоэкология» экспертного бета-гамма-СИЧ [3].

Согласно работам [1-3], для трехкомпонентной смеси Cs-137, K-40 и Sr-90 является справедливым следующее соотношение:

$$n^{\beta} - n_{\text{тм}}^{\beta} = A_{\text{Sr}} \cdot S_{\text{Sr}}^{\beta} + A_{\text{„s}} \cdot S_{\text{Cs}}^{\beta} + A_{\text{K}} \cdot S_{\text{K}}^{\beta}, \quad (1)$$

где n^{β} - скорость счета импульсов в выбранном энергетическом окне бета-канала МИП от измеряемого образца, с^{-1} ;

$n_{\text{тм}}^{\beta}$ - скорость счета фоновых импульсов, с^{-1} ;

$S_{\text{Cs}}^{\beta}; S_{\text{K}}^{\beta}; S_{\text{Sr}}^{\beta}$ - чувствительности к радионуклидам Cs-137, K-40 и Sr-90, соответственно, $\text{с}^{-1}/\text{Бк}$;

$A_{\text{„s}}; A_{\text{K}}$ - активности радионуклидов Cs-137 и K-40, определенные по результатам измерения в гамма-канале, Бк.

Как было показано нами в работе [4], используемый метод может считаться наиболее эффективным в случае анализа трехкомпонентной смеси Sr-90, Cs-137, K-40. Интерес представляет задача оптимизации «оконной» методики с целью повышения точности и воспроизводимости результатов при работе с меньшими активностями, измеренными за меньшее время.

Предлагается разделить энергетическую шкалу спектрометра согласно граничным энергиям регистрируемых групп бета-частиц от различных источников. Результаты определения активности Sr-90 на каждом из интервалов объединяются как множественные измерения [5] для повышения точности и уменьшения ошибки.

В работе [6] введено понятие интегрального спектра, в каждом канале которого содержится суммарное число отсчетов для частиц, лежащих в диапазоне от граничной энергии канала до бесконечности.

Для указанной выше трехкомпонентной смеси разбиение энергетической шкалы на интервалы производится согласно следующим граничным значениям:

Энергия, кэВ	Изотоп	Выход частиц	Энергия, кэВ	Изотоп	Выход частиц
510	Cs-137	92%	1170	Cs-137	8%
546	Sr-90	100%	1320	K-40	100%
624	Cs-137	(конв. электроны)	2240	Y-90	100%

Экспериментальная проверка проводилась в условиях, аналогичных используемым в работе [4]. Были использованы стандартные образцы радиоактивного загрязнения (СОРЗ) изотопов Cs-137, K-40 и Sr-90 с активностями 4330 Бк, 500 Бк и 173 Бк на пробу, соответственно. Измерения проводились следующим образом: 2 раза по 3600с, 2x1800с, 4x900с, 4x300с. Базовые спектры были получены с использованием моноизотопных СОРЗ с активностями на пробу: 380 Бк (Cs-137), 1000 Бк (K-40) и 1000 Бк (Sr-90). Продолжительность измерения составила 3600 секунд для всех проб.

Для указанных экспериментальных спектров была оценена относительная погрешность определения активности Sr-90, полученная:

- при помощи «оконной» методики [3];
- при выделении нескольких энергетических интервалов (см. выше) на дифференциальном спектре;
- при аналогичном разбиении интегрального спектра.

Относительные погрешности для каждой серии измерений приведены ниже:

Исследуемые методики	3600с	1800с	900с	300с	<i>Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности работы в направлении оптимизации разрабатываемых методик.</i>
1 «Оконная» методика [0]	1.3%	0.7%	0.7%	5.8%	
2 Методика для дифференциальных спектров	0.9%	2.8%	11.9%	3.9%	
3 Методика для интегральных спектров	1.2%	3.4%	7.7%	2.6%	

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка полевого экспресс-анализатора содержания радионуклидов в природных объектах. / Отчет по НИР. Руководитель к.т.н. В.А. Чудаков. Номер гос. регистрации 01910051502 – Минск, 1992. – 150 с.
2. Аншаков О.М., Гуринович В.И., Галко С.И., Чудаков В.А. Обеспечение сходимости низкофоновых радиометрических измерений. // Материалы международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии». – Минск, Триолета, 1999 – с.18.
3. Разработать экспертный бета-гамма-СИЧ. / Отчет по НИР. Руководитель к.т.н. В.А. Чудаков. – Минск, 2000. – 138с.
4. Хаджинов Е.М. Аналитический обзор методов обработки непрерывных распределений. // Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003: экологические проблемы XXI века». – Минск, Триолета, 2003. – с.301.
5. Романцов В.П. Статистические методы обработки данных в экспериментальной ядерной физике. Учебное пособие по курсу «Экспериментальные методы ядерной физики». – Обнинск, ИАТЭ, 1993, 90с.
6. Волков Н.Г., Христофоров В.А., Ушакова Н.П. Методы ядерной спектрометрии: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256с.: ил. ISBN 5-283-03957-9.

МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕПРЕРЫВНЫХ БЕТА-СПЕКТРОВ

Хаджинов Е.М.

Международный государственный экологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

MODELS, USING IN THE ANALYSIS OF CONTINUES BETA-SPECTRUMS. The development of adequate model is one of main problems for applied nuclear physics, spectrometry and radiometry. In the article we describe the most common models, which are using in the analysis of continues beta-spectrums. Samples of usage, comments for positive and negative their sides are attached to the description of each model.

Основной проблемой задач прикладной ядерной физики, спектрометрии и радиометрии, связанных с обработкой и анализом бета-спектров является выбор адекватной модели. Очевидно, что никакая модель не может являться идеальной. По этой причине в каждом конкретном случае требуется нахождение, а возможно и разработка модели, наилучшим образом отвечающей текущим условиям.

Требуется напомнить, что любое моделирование приводит к упрощению исходной задачи, и соответственно, к ошибкам. Последние можно оценить в процессе создания модели и минимизировать за счет наложения ограничений на условия, в которых предполагается данную модель использовать.

Когда параметры эксперимента выходят за рамки модели, ее использование может привести к значительным ошибкам в расчетах и представляется нецелесообразным. Для избежания подобной ситуации в ходе исследований необходимо экспериментально проверить адекватность используемых моделей.

Наиболее простым и достаточно общим подходом к построению моделей многокомпонентных радиометрических измерений является принцип суперпозиции, описанный в работах [1, 2]. Он строится на предположении, что перенос излучения и преобразования в детекторе и электронно-измерительном тракте спектрометра являются линейными операциями по отношению к измеряемым параметрам источников или полей излучения [3]. При этом считают, что процесс измерения является стационарным, т.е. интересующие величины и параметры аппаратуры существенно не изменяются за время измерений [4].

Ошибки данной модели зачастую связаны с погрешностями в расчете мертвого времени спектрометра. Последними можно в значительной мере пренебречь в ходе работы с малыми активностями, но следует обратить внимание при использовании высокоактивных источников.

Все модели, описанные ниже, в той или иной мере основываются на принципе суперпозиции и требуют выполнения следующих условий:

- статистическая независимость измерений в соседних каналах;
- соблюдение принципа суперпозиции для частиц в определенном энергетическом интервале;
- стабильность энергетической шкалы в пределах ширины каналов;
- отсутствие в пробе неизвестных изотопов.

Если скорость счета в энергетическом канале спектрометра достаточно велика, то вероятность регистрации очередного импульса может быть описана распределением Гаусса или Пуассона [5, 6]. При помощи метода максимального правдоподобия [7] находятся такие параметры модели, которые наилучшим образом соответствуют наличию указанных распределений во всех каналах спектрометра.

Следует отметить, что предположение о принадлежности исследуемой плотности распределения какому-либо закону на практике зачастую выполняется лишь приближенно. Метод, который принимает это предположение безоговорочно, может привести к результатам, не имеющим даже приблизительно правильного характера [8]. Таким образом, соответствие экспериментальных данных, полученных по всем каналам, теоретическому закону распределения требует специальной проверки.

Для выполнения указанного условия рекомендуется [9] выделять на энергетической шкале спектрометра области, содержащие более одного канала, на которых производится усреднение измеренных данных. Спектрометр переводится в радиометрический режим работы, что необходимо, в первую очередь, для измерений с малыми активностями и плохой статистикой.

Указанный подход использован при разработке методик для оценки содержания Sr-90 по непрерывным бета-спектрам, полученным на сцинтилляционных спектрометрах (например [10]).

В полулогарифмических координатах правая (высокоэнергетическая) часть непрерывного бета-распределения может быть представлена в виде обратной линейной зависимости [5]. Для многокомпонентного бета-спектра определение граничной энергии каждой из компонент возможно через разложение указанного графика (графика Ферми-Кюри) на ряд линейных составляющих.

Можно последовательно определить наличие и активность радионуклидов, присутствующих в пробе, начиная с наиболее высокоэнергетических. Это требует измерений с хорошей статистикой при высокой стабильности энергетической шкалы спектрометра для определения точки привязки аппроксимирующих прямых к оси абсцисс.

Известно, что регистрируемый спектр несет на себе отпечаток большого количества внешних влияющих факторов [5] и является лишь приближенным отражением некой физической реальности. Распределения влияющих случайных величин зачастую бывают неизвестны. Можно разделить энергетическую шкалу спектрометра согласно граничным энергиям регистрируемых групп бета-частиц от различных источников [1].

Объединение соседних каналов в большие группы и усреднения значений приводит к минимизации ошибок, связанных с нестабильностью шкалы, корреляцией значений в соседних каналах и малой статистической выборкой.

Указанный подход успешно применяется в работах [1, 2] для одновременного определения небольшого количества изотопов. Как было показано нами ранее [11], указанный подход является наиболее эффективным в случае анализа трехкомпонентной смеси Sr-90, Cs-137, K-40 в сравнении с другими описанными в данной работе методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка полевого экспресс-анализатора содержания радионуклидов в природных объектах. / Отчет по НИР. Руководитель к.т.н. В.А. Чудаков. Номер гос. регистрации 01910051502 – Минск, 1992. – 150с.
2. Разработать экспертный бета-гамма-СИЧ. / Отчет по НИР. Руководитель к.т.н. В.А. Чудаков. Номер гос. регистрации 19984044 – Минск, 2000. – 138с.
3. Бурьян В.И., Глаголев В.И., Матвеев В.В. Оптимальные методы обработки информации в многокомпонентной радиометрии. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Аншаков О.М., Гуринович В.И., Галко С.И., Чудаков В.А. Обеспечение сходимости низкофоновых радиометрических измерений. // Материалы международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии». – Минск, Триолета, 1999 – с.18.
5. Волков Н.Г., Христофоров В.А., Ушакова Н.П. Методы ядерной спектрометрии: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256с.: ил. ISBN 5-283-03957-9.
6. Гольданский В.И., Куценко А.В., Подгорецкий М.И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. – Физматгиз, М.: 1954. – 412с.
7. Колемаев В.А. и др. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для экон. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 400с.: ил. ISBN 5-06-001545-9.
8. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. – 384с., ил. ISBN 5-86225-126-X, 5-279-1082-0.
9. Романцов В.П., Черкашин В.А.. Спектрометрия гамма- и бета-излучения. Лабораторный практикум по курсу «Радиационная безопасность ЯЭУ». – Обнинск, ИАТЭ, 1996, - 102с.
10. Методика выполнения спектрометрических измерений содержания бета-излучающих радионуклидов в почвах и озоняемых пробах. / Под. ред. В.В. Ткаченко – ВНИИФТРИ, Обнинск, 1994.
11. Хаджинов Е.М. Аналитический обзор методов обработки непрерывных распределений. // Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003: экологические проблемы XXI века». – Минск, Триолета, 2003. – с.301.

УРОВЕНЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ТОМАТА КАК ПРИЧИНА МУТАГЕНЕЗА

Шилина М.В.

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М.Машерова», г. Витебск, Республика Беларусь

Mutations and recombinations are considered as the main sources of plant genotypic variability conditioning

their adaptive potential.

Мутации и рекомбинации рассматриваются в качестве основных источников генотипической изменчивости растений, обуславливающей их адаптивный потенциал. Несмотря на то, что большинство макромутаций уменьшают приспособленность растений, некоторые из них могут представлять ценный исходный материал, использование которого в селекции позволяет преодолеть отрицательные корреляции между хозяйственно-ценными признаками и получить недостающие геноисточники.

В отношении процесса рекомбинации геном является одновременно реагирующей и контролирующей системой. Установлен факт межхромосомного влияния на частоту кроссинговера инверсий, отдельных хромосом основного набора, В-хромосом и т.д. Обнаружены гены-усилители и гены-супрессоры кроссинговера. Показано влияние мутаций на процесс рекомбинаций (мутации типа *ameiotic*, *asynaptic*, *ps-preresocious centromere deviation*).

Условия минерального питания, при которых выращивали обработанные химическими мутагенами (нитрозометилмочевинной – НММ, этиленимином – ЭИ, 1,4-бис-диазоацетилбутаном – ДАБ) растения F_1 , могут существенно изменить характер расщепления в F_2 по сравнению с контролем, как в сторону уменьшения, так и сторону увеличения числа детерминированных форм. Использование разных мутагенных факторов на фоне низкой калийной обеспеченности резко сдвигает расщепление в F_2 в сторону увеличения числа детерминантных форм, тогда как высокий уровень содержания калия – в сторону уменьшения. Полученные результаты позволяют предполагать увеличение в F_2 числа детерминантных растений при высоком содержании калия в почве, тогда как недостаток этого элемента питания приводит к уменьшению этих форм. Имеющиеся данные о влиянии P, N, Na, SO_4 , Cl, Mg и мутагенных факторов – ЭИ, ИЭП, S^{35} , P^{32} на характер расщепления в F_2 не показывают какой-либо определенной направленности в смещении расщепления. Однако, установлены нарушения независимости наследования несцепленных маркеров в F_2 - достоверное увеличение или уменьшение частоты рекомбинаций (rf) относительно ожидаемого значения 50% (квазисцепление).

Мутагенная обработка (ДАБ, ЭИ, НММ, УФ) кистей гибридов томатов F_1 индуцировала изменения частоты рекомбинаций несцепленных признаков относительно контроля в широком диапазоне. В зависимости от фактора обработки, рассматриваемой пары маркерных локусов (*br j*, *c j*, *ps br*, *ps wt*, *t u*) и комбинации скрещивания наблюдается как восстановление независимости, так и усиление квазисцепления (или квазиотталкивания). Использование в опытах 5-фторурацила и этилметансульфоната (ЭМС) приводило к увеличению $gf_{aw,m-2}$ и $gf_{d,m-2}$ вплоть до восстановления независимости, т.е. к уменьшению отклонения rf от 50%. Обработка семян актиномицином D, аденозином и кинетином усугубляла нарушения независимости – значения rf уменьшались до 35-40%.

Изменения содержания элементов минерального питания (K, P, Mg и др) в субстрате при выращивании растений F_1 приводили к отклонениям частоты рекомбинаций относительно контроля в таком же диапазоне, что и мутагенные воздействия. Это свидетельствует о значительном квазисцеплении у растений томатов между маркером *m-2* хромосомы 6 и маркерами *aw* и *d* хромосомы 2. Отклонения $gf_{aw,m-2}$ и $gf_{d,m-2}$ от 50% примерно в 6-10 раз превосходят их стандартные ошибки. Наблюдается тенденция ослабления квазисцепления между *aw*, *m-2* и *d*, *m-2* в экстремальных условиях внешней среды (под влиянием фактора температуры).

Изменяют частоту рекомбинаций между несцепленными признаками электромагнитные поля УВЧ-диапазона, импульсные электрические поля (ИЭП) высокой напряженности ($E=5 \times 10^5$ В/м) и их комбинирование. Частота рекомбинации может меняться от 38 до 62%. В проведенных экспериментах был выявлен случай перманентного квазисцепления: в 15 различных вариантах наблюдали сильное квазисцепление между маркерами *wt* и *j* хромосом 5 и 11 ($gf_{twj}=24-36\%$ при ожидаемом 50%). Частоты рекомбинаций $gf_{aw,m-2}$ и $gf_{d,m-2}$ в большинстве случаев достоверно ниже уровня независимости ($gf_{aw,m-2}=25-40\%$, $gf_{d,m-2}=30-45\%$). Отклонения $gf_{aw,m-2}$ и $gf_{d,m-2}$ от 50% положительно коррелируют ($R=0,7-0,9\%$), что естественно, поскольку маркеры *aw* и *d* довольно тесно сцеплены. В некоторых случаях при значимом отклонении rf от 50% по одной паре локусов отклонения по другой – незначимы.

Обработка бутонов в стадии мейоза гибридов F_1 томатов раствором ДАБ приводит к существенному увеличению частоты кроссинговера в хромосомах 1 и 6. Наибольшее увеличение частоты кроссинговера в хромосоме 6 наблюдается для первой кисти. Поэтому для селекции целесообразно использовать семена, полученные из плодов первых кистей гибридов F_1 . Частота кроссинговера в хромосоме 1 может быть увеличена при выращивании гибридных растений на субстрате с дефицитом магния.

Выращивание гибридов F_1 в условиях различной обеспеченности азотом, фосфором и калием может приводить к значительному изменению частоты кроссинговера в зоне *aw,d* и *m-2*, с [1]. Отклонение от нормального протекания метаболических процессов в растении может оказать существенное влияние на частоту и характер распределения кроссоверных обменов. За счет экзогенных воздействий на гетерозиготы F_1 удастся увеличить частоту кроссинговера, изменить частоту рекомбинаций маркеров негомологичных хромосом, нарушить либо нормализовать сегрегацию маркеров в F_2 , что приведет к увеличению в расщепляющихся поколениях спектра изменчивости хозяйственно-ценных признаков. При обработке репродуктивных органов томатов на стадии гаметогенеза химическими и физическими факторами получено значительное увеличение по сравнению с контролем (в 5-15 раз) выхода форм, отличающихся

комплексом хозяйственно-ценных признаков. Наибольший выход ценных рекомбинантов отмечен в вариантах, где растения F_1 , обработанные мутагенами, выращивали при недостатке калия и засолении субстрата Na_2SO_4 . В результате обработки растений F_1 химическими мутагенами в последующих поколениях были получены генотипы с новой архитектурой куста, повышенной скороспелостью в широком диапазоне экзогенных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев, «Штиинца», 1980, 590с.

Научное издание

Материалы IV международного симпозиума
«Актуальные проблемы дозиметрии»
23–24 октября 2003 года
Минск, Республика Беларусь

На русском и английском языках.
Публикуется в авторской редакции.

Компьютерная верстка *М. Л. Шимкевич*.
Корректор *О.В. Гуд*.

Сдано в набор 25.10.03 г.
Подписано в печать 30.10.03 г.
Формат
Гарнитура Times.

Усл. печ. л.
Уч.-изд. л.
Тираж 100 экз.