

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ

**Сборник материалов Научно-практической конференции
молодых ученых
23-24 апреля 2002 года**



МИНСК 2002

УДК 614.876:504.056(476)(042.3)

*Национальная академия наук Беларуси
Институт радиобиологии НАН Беларуси*

Сборник материалов научно-практической конференции
молодых ученых

**"ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ"**

23-24 апреля 2002 года

Редакционная коллегия:

Академик Конопля Е.Ф. - председатель;
Лобанок Л.М., Лукша Л.С., Петренёв Д.Р., Хвалец О.Д.

Книга содержит изложение современных представлений, основанных на полученных в работах молодых ученых экспериментальных данных, о механизмах биологических эффектов ионизирующей радиации в малых дозах и особенностях миграции радионуклидов в различных экосистемах. В сборник включены сообщения научных сотрудников и аспирантов Национальной академии наук, учреждений Минздрава Республики Беларусь, сотрудников и студентов высших учебных заведений, а также научных работников России и Казахстана, представленные на научно-практическую конференцию молодых ученых "Фундаментальные и прикладные проблемы радиобиологии и радиоэкологии", Минск, 23-24 апреля 2002 года. Основное внимание в работах данного сборника уделено наиболее актуальным направлениям в исследованиях в области радиационной генетики и биохимии, медико-биологических аспектов действия радиации, а также радиобиологии растений и радиационной экологии.

Научное издание предназначено для биохимиков, генетиков, экологов, медиков и биологов, занимающихся проблемами радиационной биологии и радиоэкологии.

ВВЕДЕНИЕ

За прошедший после Чернобыльской катастрофы период накоплен уникальный в своем роде материал о результатах воздействия ионизирующего излучения в малых дозах на человека, животный и растительный мир, абиотические компоненты природной среды, проведен большой объем работы в области прогноза и динамики радиационно-экологической обстановки, приобретен опыт организации и реализации адекватных мер по снижению отрицательных эффектов радиационного воздействия. Немаловажное значение в научно-исследовательской работе по изучению последствий Чернобыльской катастрофы занимают работы молодых ученых. Вместе с тем, несмотря на определенные успехи, некоторые проблемы, вызванные катастрофой, не только не решены, но и в ряде случаев обострились. Это, прежде всего, касается отдаленных последствий радиоэкологической обстановки на состояние здоровья населения и разработки мер профилактики и коррекции пострадиационных нарушений, предложения новых оригинальных подходов к моделированию поведения радионуклидов в различных экосистемах и реконструкции доз. Основная нагрузка в этом направлении возлагается на молодых ученых, посвящающих свои знания и талант научно-исследовательской работе в сфере радиобиологии и радиоэкологии.

Ощутимый вклад молодого поколения в радиобиологические и радиоэкологические исследования подтверждается материалами, представленными на конференцию молодых ученых, в работе которой примут участие научные сотрудники и аспиранты Национальной академии наук, учреждений Минздрава Республики Беларусь, сотрудники и студенты высших учебных заведений, а также научные работники России и Казахстана. В ходе конференции будут обсуждаться вопросы, касающиеся механизмов биологических эффектов ионизирующей радиации в малых дозах и радиационно-экологической обстановки на живые организмы. Результаты представленных экспериментальных исследований свидетельствуют о пострадиационных нарушениях на различных структурных уровнях - организменном, органном, клеточном и молекулярном. Особое внимание уделено особенностям возникновения и усугубления эффектов при комбинированном действии факторов радиационной и нерадиационной природы. Анализ экспериментальных работ по данной тематике позволяет сформулировать

главный вывод о том, что радиационное воздействие в малых дозах модифицирует нейрогормональные механизмы регуляции, в результате чего снижается устойчивость организма к действию других факторов нерадиационной природы.

Во время конференции будут обсуждены вопросы состояния здоровья населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Особое внимание уделяется вопросам функционального состояния сердечно-сосудистой системы, нарушения функций щитовидной железы и желудочно-кишечного тракта у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях. Обсуждаются вопросы применения антиоксидантных и иммуноадаптогенных комплексов для профилактики пострadiационных нарушений.

В работах молодых исследователей, представленных на конференцию, обсуждаются вопросы по радиационной экологии. Предлагаются оригинальные модели и подходы описания поведения радионуклидов в почве и водных системах, в почвенно-растительном покрове и болотных экосистемах. Рассматриваются особенности переноса радионуклидов посредством лесных пожаров. Обсуждается радиоактивное загрязнение экосистем и миграция радионуклидов на территориях прилегающих к Чернобыльской АЭС и Семипалатинскому полигону.

На конференции в ходе всестороннего обсуждения результатов исследований молодых ученых с участием ведущих радиобиологов и радиоэкологов Республики Беларусь будут определены ближайшие и отдаленные приоритеты в научно-исследовательской работе.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ ПОСРЕДСТВОМ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Адамчиков А.А., Дворник А.М.
Институт леса НАН Беларуси, Гомель

Исследование лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения и перенос радионуклидов с дымовым облаком является весьма трудной научной задачей в связи с многофакторностью и сложностью изучаемого явления. Развитие лесных пожаров тесно связано с лесоводственными характеристиками, закономерностями распределения и миграции радионуклидов, с законами термодинамики и аэродинамики. Экспериментальные исследования пожаров значительно усложнены трудностью измерения пирологических параметров в естественных условиях и скорости осаждения радиоактивных примесей из дымового облака на больших расстояниях от очага пожара. Поэтому одним из эффективных инструментов получения данных о радиационной опасности лесных пожаров является математическое моделирование. Никакая модель не может полностью описать все многообразие пожаров. Поэтому в моделях принимаются предположения и допущения, которые не должны существенно влиять на конечные результаты.

Исходя из вышеизложенного, предлагается концептуальная модель **FORESTFIRE** для описания переноса радионуклидов посредством лесных пожаров. Модель **FORESTFIRE** состоит из следующих блоков:

- исходные данные модели;
- радиоактивное загрязнение ЛГМ;
- пирологические характеристики ЛГМ;
- осаждение радионуклидов из дымового облака.

Схема модели показана на рисунке.

Распределение и перераспределение радионуклидов в лесных биогеоценозах с течением времени, запасы лесных горючих материалов (ЛГМ) в зависимости от типа и возраста леса и их радиоактивное загрязнение рассчитывается с помощью радиоэкологической модели **FORESTLIFE**. Распределение ^{137}Cs по компонентам соснового фитоценоза определяется с помощью коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в древесное растение и их возрастной зависимости.

В качестве пирологической модели использована модель Ротермела (1972). Эта модель была модифицирована в ЛенНИИЛХ [1]. Модель позволяет оценивать скорость распространения фронтальной кромки низового пожара, интенсивность тепловыделения с единицы площади пламенной кромки, условия возникновения и параметры конвективной колонки[2].

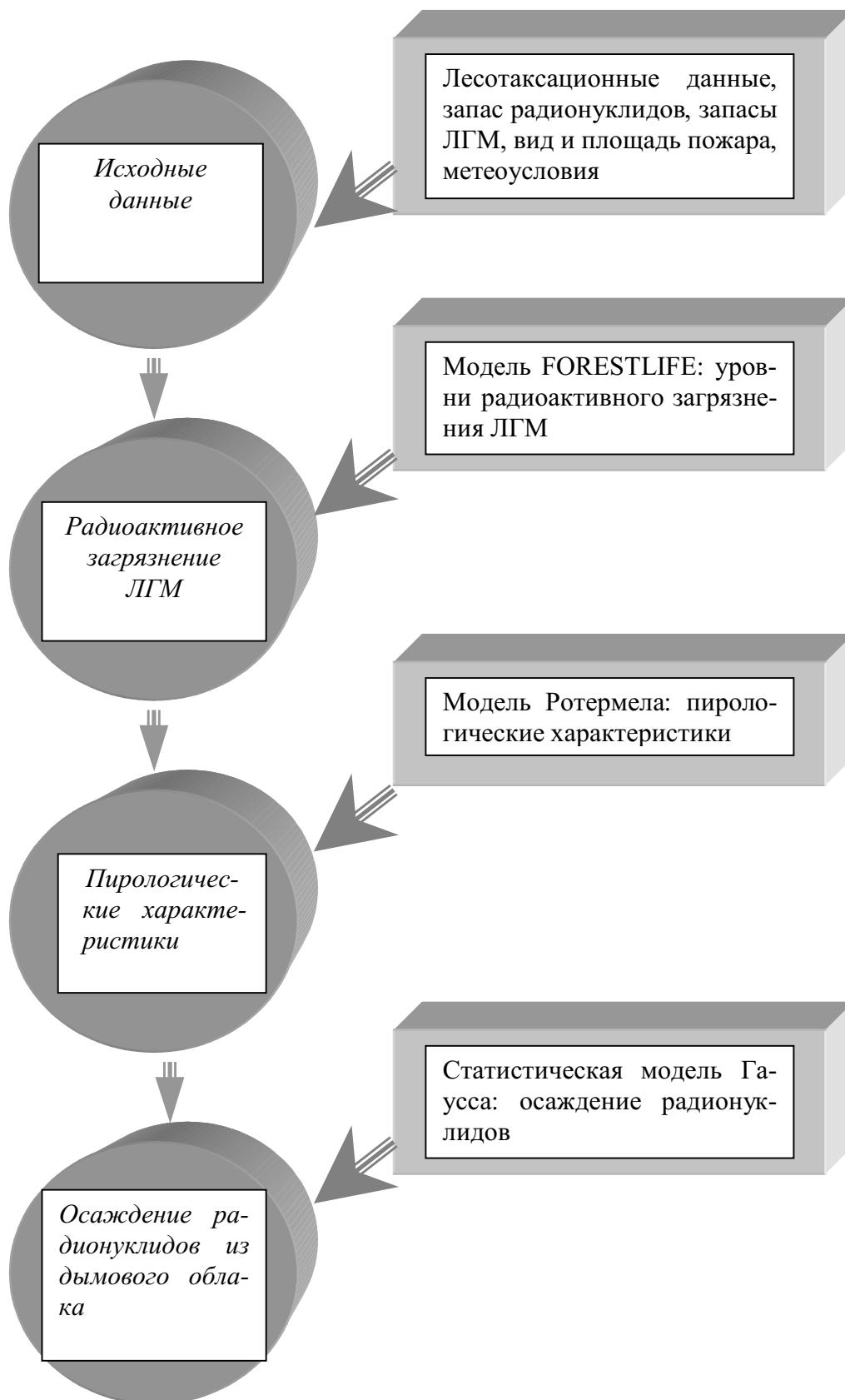


Рисунок. Концептуальная схема модели **FORESTFIRE** для описания переноса радионуклидов посредством лесных пожаров.

Характер распространения дымового облака в атмосфере существенно зависит от скорости ветра и вертикального температурного профиля ат-

мосферы. При практических расчетах условия рассеяния радиоактивной примеси распределяют по категориям устойчивости атмосферы. Для моделирования атмосферной диффузии использована гауссова модель, построенная на статистической теории [3].

В плане изучения переноса радионуклидов в результате лесных пожаров в качестве объектов моделирования были выбраны низовой и верховой типы лесных пожаров. Эти типы пожаров отличаются по составу и запасу ЛГМ, по влагосодержанию ЛГМ, по механизму формирования тепловых потоков, по интенсивности тепловыделения, по процессам переноса радиоактивной примеси с дымовым облаком.

В соответствии с выбранными объектами моделирования были определены параметры модели **FORESTFIRE**.

Исходными данными для моделирования являются макропараметры лесных насаждений, уровень загрязнения почвы, тип пожара, площадь пожара, скорость ветра и температура окружающего воздуха.

В соответствии с максимальной моделью леса, при моделировании считается что, сосняки лишайникового и мшистого типов относятся к 5 классу пожарной опасности и имеют влагосодержание ЛГМ 10%. При горении такого лесного массива температура горения и интенсивность пожара будут максимальны. Объем дыма, образующегося при горении единицы массы воздушно сухой древесины при теоретически необходимом объеме воздуха равен $4,4 \text{ м}^3/\text{кг}$. [4]

Для проверки достоверности модельного описания экспериментальных данных и корректности подбора параметров и методики расчета был проведен натурный огневой эксперимент в 241 квартале Столбунского лесничества Ветковского спецлесхоза. Плотность загрязнения экспериментального участка по ^{137}Cs составила $1711 \text{ кБк}/\text{м}^2$. Сравнение модельных результатов и экспериментальных данных показало, что все сравниваемые значения по критерию Стьюдента ($t > 1.6$) на 95% уровне достоверности не противоречат друг другу.

Таким образом, можно заключить, что в модели **FORESTFIRE** параметры подобраны корректно и методика расчета восстановлена правильно.

Литература.

1. Гусев В.Г., Корчунова И.Ю. // Лесные пожары и борьба с ними. Сборник научных трудов: ЛенНИИЛХ. – Ленинград, 1986.- с.31-51.
2. Гусев В.Г., Коленов Е.В. // Лесные пожары и борьба с ними. Сборник научных трудов: ЛенНИИЛХ. – Ленинград, 1986.- с.54-66.
3. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в атмосфере. // Справочник, Энергоатомиздат. – Москва, 1986. – 224с.
4. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих материалов. – Москва, Химия, 1981. – 272с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАННОГО И РАЗДЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ МЕДНОГО КУПОРОСА И ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ ДРОЗОФИЛЫ

Аксютик Т.В., Печковская А.В., Волчок Н.М.
Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск

Введение. С увеличением техногенного загрязнения окружающей среды физическими и химическими факторами особое значение приобретает изучение комбинированного действия нескольких агентов на биологические объекты. Целью нашей работы было исследование комбинированного и отдельного действия $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ и γ -радиации на генетические процессы в экспериментальных популяциях дрозофилы.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на синтезированной экспериментальной популяции дрозофилы, разделенной на 4 субпопуляции, которые с 1-го по 35-ое поколение подвергались воздействию медного купороса и γ -радиации. В зависимости от фактора воздействия эти популяции обозначили следующим образом: К - контрольная, содержащаяся на стандартной питательной среде, О - популяция, подвергавшаяся γ -облучению в дозе 15 Гр/поколение, С₁ - популяция, содержащаяся на питательной среде с добавлением 1мМ $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, С₂ - популяция, содержащаяся на среде с 1мМ $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ и подвергавшаяся облучению в дозе 15 Гр/поколение. В каждом поколении регистрировались абберантные фенотипы у имаго. Разные фенотипы учитывались отдельно.

Для оценки генетической резистентности выборки по 55 самцов из исследуемых популяций в 35-ом поколении подвергали однократному острому γ -облучению в дозе 40 Гр или воздействию 3мМ $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$. Каждый самец индивидуально скрещивался с одной самкой. Полученные семьи перебрасывались во флаконы со свежей питательной средой. В каждой семье проводился учет количества отложенных яиц, неразвившихся яиц и вылетевших имаго [2]. В популяциях были определены частоты доминантных летальных мутаций (ДЛМ), включающих в себя эмбриональные (ЭЛ), постэмбриональные (ПЭЛ) и суммарные (СЛ) летали.

Результаты и их обсуждение. Во всех поколениях были проанализированы частоты морфозов в экспериментальных популяциях дрозофилы. В исходной популяции они составили у самок $4,65 \pm 0,47\%$, у самцов – $2,87 \pm 0,37\%$. Преобладали в основном крыловые и щетинковые морфозы. Спектр морфогенетической изменчивости мало различался в зависимости от варианта воздействия.

Самым эффективным морфогенетическим фактором у самок в F₆₋₁₆ явилось облучение в дозе 15 Гр на поколение (5,72-5,77%), а начиная с 21-го поколения, и до конца опыта – совместное действие облучения и медного купороса (2,71-2,94%). Необходимо отметить, что за редким исключе-

нием (популяция О в 31-35-м поколениях и популяция Сu в 16-20-м поколениях) частоты абберрантных фенотипов были выше у самок, чем у самцов. Частоты морфозов были наиболее стабильны в контрольной популяции. У самок популяции К разброс этих показателей, за исключением F_{1-5} минимальный - 2,14-2,45%. Частоты морфозов у самцов популяции К изменялись более существенно, чем у самок, но мало отклонялись от среднего значения 1,49%.

Кроме того, в 1-м, 6-м, 12-м и 30-м поколениях проводилась оценка параметров ДЛМ. В популяции О достоверное увеличение показателей ЭЛ и СЛ по сравнению с контролем отмечено в 1-м и 12-м поколениях, а в 30-м поколении обнаружены повышенные частоты ПЭЛ и СЛ. Наибольший мутагенный эффект среди всех популяций в течение эксперимента был получен в популяции CuO. В популяции Cu действие 1мМ $CuSO_4$ не оказало мутагенного эффекта по сравнению с контролем на протяжении всего эксперимента. Таким образом, медный купорос, не обладая мутагенной активностью в исследуемой концентрации, усиливает действие облучения и выступает в качестве модификатора.

Для оценки генетической резистентности выборки самцов из исследуемых популяций в 35-м поколении подвергали однократному острому γ -облучению в дозе 40 Гр или воздействию 3мМ $CuSO_4 \times 5H_2O$. Для выявления эффекта острого воздействия сравнивались показатели ЭЛ, ПЭЛ и СЛ в популяциях до (30-е поколение) и после (35-е поколение) воздействия.

При остром облучении в дозе 40 Гр в популяции CuO показатели ЭЛ, ПЭЛ и СЛ увеличиваются незначительно по сравнению с 30-м поколением. В популяции О частоты ЭЛ и СЛ возрастают в большей степени, чем в популяции CuO ($p < 0,001$), но меньше, чем в контрольной популяции. Следовательно, в популяциях О и CuO сформировалась адаптация к мутагенному действию ионизирующей радиации. При дополнительном облучении в дозе 40 Гр в популяции Cu выявлено достоверное ($p < 0,001$) и более значительное, чем в популяциях О и CuO, увеличение всех показателей ДЛМ по сравнению с 30-м поколением ($p < 0,001$), что может свидетельствовать об отсутствии резистентности популяции Cu к облучению.

При дополнительном однократном воздействии 3мМ $CuSO_4$ в популяциях Cu и CuO обнаружено достоверное снижение ЭЛ, ПЭЛ и СЛ по сравнению с таковыми в 30-м поколении при тех же воздействиях и с контролем ($p < 0,001$), что свидетельствует о формировании адаптации к действию $CuSO_4$ в популяциях, содержавшихся в течение 35 поколений на питательной среде с добавлением соли Cu. При этом, как было показано в случае с острым облучением, популяция Cu не является резистентной к мутагенному действию радиации в дозе 40 Гр. Следовательно, в популяции Cu сформировалась адаптация к действию медного купороса, имеющая специфический характер. Необходимо отметить, что популяция CuO является более адаптированной к действию 3мМ $CuSO_4$, чем популяция Cu.

При однократном воздействии 3мМ CuSO_4 в популяциях О и К были выявлены практически одинаковые показатели ДЛМ, хотя в 30-м поколении популяция О имела более высокий уровень мутирования. Частоты ПЭЛ и СЛ в ней были достоверно выше ($p < 0,001$), чем в контроле. После обработки 3мМ CuSO_4 в контроле все показатели ДЛМ достоверно возросли по сравнению с 30-м поколением, а в популяции О достоверно снизились. Данные результаты могут указывать на формирование адаптации у популяции О к действию повышенной концентрации CuSO_4 . Следовательно, в популяции О под действием хронического облучения сформировалась адаптация, имеющая неспецифический характер. Эти результаты согласуются с литературными данными о неспецифическом характере адаптации к действию облучения у дрозофилы [1,3,4].

При сравнении ответа на воздействие 3мМ CuSO_4 популяций CuO и О очевидно, что популяция CuO является более резистентной к действию медного купороса, чем популяция О. Так, в популяции CuO частота ЭЛ под действием более высоких концентраций меди снизилась в 4,2 раза, ПЭЛ – в 2,0 раза, а СЛ – в 2,3 раза по сравнению с 30-м поколением. В популяции О показатели ПЭЛ снизились в 1,7 раза, СЛ – в 1,3 раза, а ЭЛ возросли в 2,2 раза в тех же условиях. Сравнивая ответ популяций Cu и О на дополнительное воздействие 3мМ CuSO_4 с ответом контрольной популяции, было показано, что популяция О является менее резистентной. Популяция CuO оказалась самой резистентной как к действию повышенных концентраций меди, так и к острому облучению в дозе 40 Гр по сравнению с другими изученными опытными популяциями.

На основании полученных экспериментальных данных можно предположить, что пути формирования резистентности к действию двух этих факторов у дрозофилы являются различными, обеспечиваются, вероятно, несколькими путями, и эффекты их могут частично суммироваться или перекрываться. При этом механизм формирования резистентности к действию меди является более специфичным, а к действию облучения более общим. При этом в цепи преобразований, приводящих к формированию резистентности к действию облучения, могут происходить сходные или способные «маскировать» действие меди события, приводящие к возникновению неспецифической адаптации.

Литература.

1. Глушкова И.В., Моссэ И.Б., Анощенко И.П. и др. // Науч.-практ. конф. по радиац. гигиене: Матер. конф. Киев, 2000. - С.361-368.
2. Литвинова Е.М.// Проблемы генетики в исследованиях на дрозофиле. Новосибирск., Сибир. отд. - 1977. - С.19-61.
3. Моссэ И.Б. Радиация и наследственность: Генетические аспекты противорадиационной защиты. Мн.: Университетское. - 1990. – 208с.
4. Nothel H., Strese B.// Mutat. Res. - 1982. - V.103. ¹1. - P.87-90.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДОЗЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЦА И ЕГО РЕГУЛЯЦИЮ

Антоненко А.Н.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. Заболевания сердечно-сосудистой системы по-прежнему являются основной причиной смертности населения большинства развитых стран мира. Данная проблема актуальна и для Беларуси, особенно в регионах, пострадавших от аварии на ЧАЭС. Большая часть сердечно-сосудистых заболеваний приходится на ишемическую болезнь сердца, инфаркты миокарда, вегето-сосудистые дистонии. Рост числа заболеваний системы кровообращения у населения из загрязненных радионуклидами районов требует тщательного анализа и проведения экспериментальных исследований с целью выяснения причинно-следственных отношений. Существующие научные представления о закономерностях и механизмах действия облучения в малых дозах являются весьма неполными. Биологические эффекты, вызываемые пролонгированным облучением, как оказалось, могут значительно отличаться от эффектов, вызываемых однократными дозовыми нагрузками. Цель настоящей работы - исследование влияния γ -излучения с различной мощностью дозы на функциональное состояние сердца и его нейрогормональную регуляцию.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на изолированном по Лангендорфу сердце белых крыс-самок зрелого возраста. Животных подвергали внешнему острому (мощность дозы 9×10^{-4} Гр/с) и пролонгированному (мощность дозы $2,8 \times 10^{-7}$ Гр/с) облучениям γ -квантами в дозе 1,0 Гр и брали в опыт на 10-е, 30-е и 90-е сутки после радиационного воздействия. Регистрировали и анализировали частоту сокращений сердца, максимальное систолическое давление в левом желудочке, максимальные скорости его нарастания и падения. При изучении периферических механизмов нейрогормональной регуляции функции сердца осуществляли активацию М-холинорецепторов карбахолом (10^{-9} - 10^{-6} М), α -адренорецепторов - мезатоном (5×10^{-7} - 10^{-5} М) и β -адренорецепторов - изопреналином (10^{-9} - 10^{-7} М).

Результаты и их обсуждение. Внешнее облучение животных снижало максимальное внутрижелудочковое давление, максимальные скорости его нарастания и падения, в среднем, на 10-15%. Время проявления радиационных эффектов зависело от мощности дозы: после острого облучения изменения сократительной функции наступали в ближайшие сроки пострадиационного периода (10-е сутки), после пролонгированного - в отдаленные (90-е сутки). Снижение сократительной функции сердца после внешнего облучения организма может быть связано с изменением струк-

турно-функционального состояния саркоплазматических мембран в целом, и систем ионного транспорта в частности [1]. При этом нарушаются Ca^{2+} -высвобождающая и Ca^{2+} -поглощающая функции саркоплазматического ретикулула [2], который регулирует уровень и кинетику ионов Са в саркоплазме. Возникающее уменьшение концентрации Ca^{2+} в клетке влечет за собой снижение активности сократительных белков и, следовательно, сократимости миокарда.

Стимуляция М-холинергических рецепторов карбахолином уменьшала частоту, силу и скорость сокращений сердца. Острое и пролонгированное облучения не изменяли хронотропную реакцию миокарда на М-холинергическую стимуляцию на протяжении всего периода исследований, однако снижали инотропный ответ сердца на действие карбахолина. Независимо от мощности дозы наибольшие изменения отмечались на 10-е сутки пострадиационного периода, при этом после острого облучения эффекты были более выражены, чем после пролонгированного. Восстановление инотропного ответа сердца на действие карбахолина происходило на 90-е сутки после острого облучения и на 30-е после пролонгированного. Пострадиационные изменения функционального ответа сердца на стимуляцию М-холинергических рецепторов могут быть обусловлены уменьшением их количества [3]. Подобная модификация холинергической регуляции наблюдается также при естественном старении организма.

Исследования α -адренергического звена регуляции выявили отрицательное хронотропное и положительное инотропное действия мезатона на изолированное сердце. α -Адреноагонист уменьшал ЧСС и, наоборот, увеличивал показатели инотропной функции. Внешнее воздействие ионизирующей радиации модифицировало α -адренергическую регуляцию функции сердца. Острое облучение вызывало снижение хронотропной и инотропной реакций миокарда на действие мезатона, наибольшие различия отмечались на 30-е сутки пострадиационного периода. После пролонгированного облучения хронотропный ответ сердца не изменялся, однако инотропный ответ увеличивался в течение 3 месяцев. Что касается механизмов подобных изменений, то, возможно, это связано с изменением чувствительности α_1 -адренергических рецепторов миокарда. В литературе имеются данные как об увеличении, так и об уменьшении количества и (или) сродства этого типа рецепторов к агонистам после локального облучения сердца, а также после внешнего общего облучения организма [4]. По-видимому, чувствительность α -адренорецепторов сердца после облучения организма в малых дозах может волнообразно изменяться, при этом характер изменений определяется дозой, мощностью облучения и длительностью пострадиационного периода.

Что касается β -адренергической регуляции биомеханической функции сердца, то β -адреноагонист изопреналин вызывал ярко выраженные положительные хронотропный и инотропный эффекты. Функциональный

ответ сердца на стимуляцию β -адренорецепторов у облученных с различной мощностью дозы животных снижался на протяжении 3 месяцев пострадиационного периода, однако после острого облучения эффекты были более выражены, чем после пролонгированного. Снижение хронотропного и инотропного ответов сердца на β -адренергическую стимуляцию после облучения может быть обусловлено уменьшением плотности β -адренорецепторов, их сродства к агонистам, а также гормонстимулируемой активности аденилатциклазы и, соответственно, синтеза цАМФ в миокарде [5].

Таким образом, внешнее воздействие γ -излучения в относительно малых дозах снижает биомеханическую функцию сердца, модифицирует ее нейрогормональную регуляцию. Время проявления пострадиационных эффектов и степень их выраженности зависят от мощности дозы облучения.

Литература.

1. Голощапов А.Н., Кислова И.В., Бурлакова Е.Б. // Механизмы действия сверхмалых доз: Тез. докл. 2-го междунар. симп, Москва, 23-26 мая 1995 г.- М.,1995.- С.19.
2. Хижняк С.В., Войцицкий В.М., Кучеренко Н.Е. // Укр. биохим. ж.- 1991.-Т.63,№3.- С.113-117.
3. Липшиц Р.У., Кратинова М.А. // Радиобиология.- 1989.- Т.29, Вып.1.- С.123-125.
4. Лобанок Л.М., Малыхина А.П. // Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС.- 1998.- № 2.- С.26-35.
5. Лобанок Л.М., Кириенков А.Е., Герасимович Н.В. // Радиационная биология. Радиозащита. - 1993.- Т.33, №1.- С.484-488.

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СЕМЕННИКИ И ЭПИДИДИМИСЫ КРЫС

Артеменко О.В.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. Проблема биологического действия электромагнитных излучений (ЭМИ) различного диапазона является актуальной, что обусловлено активным использованием на производстве и в быту различных установок и приборов, генерирующих магнитные поля. Электромагнитные поля (ЭМП) обладают определенной биологической активностью, и при длительном воздействии могут вызывать нарушения обмена веществ,

функций нервной, сердечно-сосудистой и других систем. В то же время кратковременные воздействия магнитных полей в некоторых диапазонах являются физиотерапевтическим фактором и применяются для лечения различных заболеваний.

Известно, что репродуктивная система человека и животных чувствительна к действию различных факторов. Данные литературы свидетельствуют о неоднозначном влиянии (как негативном, так и стимулирующем) магнитных полей на ее состояние [1, 2].

Представлялось интересным изучить некоторые морфофункциональные показатели эпидидимисов крыс, а также активность некоторых ферментов гликолиза и цикла Кребса в ткани семенника после воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона.

Материалы и методы исследований. Эксперименты проводились на половозрелых крысах-самцах массой $280 \pm 3,8$ г (исходный возраст 4 мес). Облучение проводили на установке ЭМИ при частоте радиоволн 39,5 ГГц (длина волны 7,5 мм), плотности потока энергии $0,0029$ мВт/см², времени экспозиции 1 час (однократно).

На 1, 10, 30, и 120 сут после действия ЭМИ животных декапитировали, извлекали семенники с придатками (эпидидимисами), которые взвешивали. Проводили подсчет количества сперматозоидов, выделенных из эпидидимиса [3]. Семенники освобождали от туники и кровеносных сосудов и получали 10% гомогенат ткани, из которого выделяли митохондриальную фракцию методом дифференциального центрифугирования в 0,25 М сахарозе на трис-буфере (рН 7,4) при 12000 g в течение 15 мин, в которой определяли активность СДГ (КФ 1.3.99.1) [4]. В цитоплазматической фракции ткани семенника определяли общую активность ЛДГ (КФ 1.1.1.27) [5]. Содержание белка анализировали по Лоури. Контролем служили животные аналогичного возраста. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что относительная масса эпидидимисов крыс после однократного воздействия ЭМИ миллиметрового диапазона в течение часа имела тенденцию к некоторому увеличению во все сроки исследования. Достоверное увеличение относительной массы придатков семенников животных отмечается на 1 (на 7,6%) и 30 (на 14,1%) сут эксперимента. На 1 и 10 сут наблюдается увеличение количества сперматозоидов в органе на 10,6 и 20,1% соответственно по сравнению с контролем (табл. 1). Вероятно, это обусловлено тем, что под влиянием ЭМИ миллиметрового диапазона на организм животных происходит умеренная стимуляция процесса сперматогенеза в извитых семенных канальцах, которая выражается в увеличении числа зрелых половых клеток в придатках семенников в течение всего эксперимента.

Таблица 1.

Влияние электромагнитного излучения на некоторые морфофункциональные показатели эпидидимиса крыс

Серии опытов	Относительная масса органа, %		Количество сперматозоидов на 1 г ткани, $\times 10^6$	
	$\bar{x} \pm S_x$	%	$\bar{x} \pm S_x$	%
1 сут				
1) контроль	0,145 \pm 0,001	100,0	16,49 \pm 2,11	100,0
2) ЭМИ	0,156 \pm 0,001*	107,6	18,23 \pm 1,59	110,6
10 сут				
1) контроль	0,196 \pm 0,001	100,0	13,01 \pm 0,73	100,0
2) ЭМИ	0,200 \pm 0,006	102,0	15,63 \pm 1,61	120,1
30 сут				
1) контроль	0,142 \pm 0,005	100,0	13,61 \pm 1,27	100,0
2) ЭМИ	0,162 \pm 0,006*	114,2	14,24 \pm 0,71	104,6
120 сут				
1) контроль	0,167 \pm 0,001	100,0	18,28 \pm 0,45	100,0
2) ЭМИ	0,162 \pm 0,003	97,0	19,32 \pm 0,76	105,7

Здесь и далее *- достоверные изменения при $p < 0,05$

ЭМИ не приводило к изменениям активности ЛДГ в ткани семенника крыс во все сроки исследований, что, по-видимому, отражает устойчивость гликолиза к данному воздействию (табл. 2).

Таблица 2.

Влияние электромагнитного излучения на активность ЛДГ и СДГ в ткани семенника крыс

Серии опытов	Общая активность ЛДГ, мкмоль ПВК/ мг белка/мин		Активность СДГ, мкг формазана/мг белка/мин	
	$\bar{x} \pm S_x$	%	$\bar{x} \pm S_x$	%
1 сут				
1) контроль	0,022 \pm 0,001	100,0	4,97 \pm 0,28	100,0
2) ЭМИ	0,021 \pm 0,004	95,5	3,60 \pm 0,50*	77,2
10 сут				
1) контроль	0,029 \pm 0,001	100,0	4,13 \pm 0,19	100,0
2) ЭМИ	0,028 \pm 0,001	96,6	4,34 \pm 0,24	105,1
30 сут				
1) контроль	0,030 \pm 0,001	100,0	3,92 \pm 0,39	100,0
2) ЭМИ	0,031 \pm 0,002	103,3	4,58 \pm 0,36	116,8
120 сут				
1) контроль	0,039 \pm 0,001	100,0	4,31 \pm 0,27	100,0
2) ЭМИ	0,040 \pm 0,002	101,0	4,61 \pm 0,14	106,9

На 1 сут после действия электромагнитного поля происходило снижение активности СДГ на 22,8% по отношению к контролю. Подобное угнетение в начале эксперимента одного из важнейших ферментов цикла трикарбоновых кислот не приводило к каким-либо нарушениям энергетического обмена в последующие сроки, а к 30 сут активность сукцинатдегидрогеназной реакции в ткани семенника крыс увеличивалась на 16,8% по сравнению с контролем, однако в этом случае она не носила достоверного характера (табл. 2).

Таким образом, результаты морфологических и биохимических исследований свидетельствуют о слабо выраженном действии электромагнитных полей диапазона 39,5 ГГц на некоторые морфологические показатели придатков семенников и энергетический обмен в ткани семенника животных.

Литература.

1. Дышловой В.Д., Пилявская С.М., Козярин И.П., Швайко И.И. // Врач. дело. – 1987. — N 1. – С. 115-117.
2. Удинцев Н.А., Хлынин С.М. Влияние магнитных полей на семенники. Томск, 1980. 297 с.
3. Евдокимов В.В., Коденцова В.М. и др. // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 1997. — Т. 23, N 5. – С. 524.
4. Kun E., Abood L.G. // Science. – 1949. – Vol. 109. – P.144.
5. Sevela M., Tovarek J. // Europ. Symp. Med. Enzymol., 1960. P. 447.

ПОВЫШЕНИЕ РАДИОУСТОЙЧИВОСТИ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ

Артемук Е.Г., Шурхай С.Ф.

Брестский госуниверситет им.А.С.Пушкина, Отдел проблем Полесья НАНБ, г.Брест.

Введение. Действие радиации на живые организмы сводится в первую очередь к возникновению реакционноспособных «свободных радикалов» и цепному свободнорадикальному перекисному окислению органических соединений, среди которых наиболее лабильными являются липиды, содержащие ненасыщенные жирные кислоты. В результате ПОЛ (перекисного окисления липидов) образуются различные перекиси, гидроперекиси, альдегиды, кетоны и др. [1]. Свободные радикалы и продукты ПОЛ вызывают изменения и повреждения таких важных биомолекул, как липиды, белки, ферменты и нуклеиновые кислоты. Повреждающий эффект ПОЛ состоит в том, что свободные радикалы и липидные перекиси взаимодействуют с SH- и NH₂-группами указанных биомолекул с образованием так

называемых оснований Шиффа. Очень важная роль в этих реакциях полимеризации и поликонденсации (образование «сшивок» между молекулами) принадлежит малоновому диальдегиду (МДА) – одному из конечных продуктов ПОЛ. В результате этих реакций изменяются и совсем теряются присущие биомолекулам функции [1]. Поэтому важным показателем повреждающего воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на живые организмы является содержание оснований Шиффа, образующихся во фракциях липидов, белков и нуклеиновых кислот.

В связи с аварией на Чернобыльской АЭС возникла необходимость поиска новых пищевых радиопротекторов, которые обладали бы следующими свойствами: длительным радиозащитным действием, возможностью радиационной защиты от различных видов ионизирующих излучений и уменьшали бы биологический период полувыведения из организма радионуклидов [2]. Такие противорадиационные средства по мнению большинства исследователей должны обладать антиоксидантной, адаптогенной и иммуномодулирующей активностью. Этим требованиям наиболее полно отвечают вещества природного происхождения, которые содержатся в растениях, животных и грибах [3].

Основной целью наших исследований являлось поиск дешевых, доступных и высокоэффективных природных антиоксидантов на базе лекарственных растений (ЛР), с помощью которых можно было бы повышать жизнеспособность и радиоустойчивость семян культурных растений и других организмов.

Материалы и методы исследования. Для исследования использовали семена люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) сорта «Миртан», пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.) сорта «Сигма», ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) сорта «Прима». Проращивание семян проводили на фильтровальной бумаге, а подсчет энергии прорастания и всхожести – согласно ГОСТ 12038-96. В качестве природного антиоксиданта использовали водный экстракт крапивы двудомной (*Urtica Dioica* L.) [4]. Водный экстракт крапивы двудомной получали дистиллированной водой из предварительно измельченного на механической мельнице растительного сырья при соотношении навеска : вода – 1:100 на кипящей водяной бане в течение 30 минут при перемешивании. Водный отвар (экстракт) охлаждали, фильтровали и использовали в опытах с семенами культурных растений при определенном (оптимальном) разведении для каждой культуры. γ -облучению кобальтом-60 подвергали как исходные сухие семена, так и семена, увлажненные на холоду (+4°C) до 40%-ной влажности дистиллированной водой (контроль) и водным экстрактом крапивы двудомной или 0,02 М раствором тиосульфата натрия. Дозы облучения выбирали такими, которые даже в сухих семенах вызывали заметное снижение энергии прорастания и всхожести. После γ -облучения влажные семена высушивали ак-

тивным вентилярованием при оптимальной температуре 40°C до конечной влажности 12-15%.

ПОЛ в семенах, подвергнутых воздействию ионизирующего излучения, определяли по накоплению МДА и шиффовых оснований, конъюгированных с суммарными белками. Количество МДА определяли по реакции с 2-тиобар-битуровой кислотой. Определение оснований Шиффа, конъюгированных с белками, проводили флуоресцентным методом [5] с возбуждением свечения при $\lambda = 360$ нм на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама». Суммарные белки из семян экстрагировали 0,1н NaOH [5]. Содержание оснований Шиффа выражали в относительных единицах флуоресценции на единицу количества белка. Количество белка определяли по методу Лоури.

Результаты и их обсуждение. Как известно, при воздействии ионизирующих излучений на живые организмы в тканях активируется ПОЛ, продукты которого вызывают повреждение биомолекул, мембран и надмолекулярных структур [1]. При поглощенной дозе 75 Гр энергия прорастания и всхожесть сухих семян люпина «Миртан» снижались соответственно с 66 до 28 и с 67 до 30%, а содержание оснований Шиффа увеличивалось с 26,4 до 28,2 относительных единиц на мг белка. В тканях облученных семян возрастало и содержание МДА (с 83,4 до 93,6 нМоль/г абсолютно сухой массы семян). Семена люпина, увлажненные до 40% дистиллированной водой (контроль) после поглощенной дозы 75 Гр имели наименьшие энергию прорастания и всхожесть (25 и 29%) и наибольшее содержание МДА (116,3 нМоль/г абсолютно сухой массы семян) и оснований Шиффа (34,1 относительных единиц на мг белка). Если же семена люпина перед γ -облучением (75 Гр) увлажнялись до 40% вместо дистиллированной воды (контроль) растворами водного экстракта крапивы двудомной или тиосульфата натрия (0,02 М р-р), их жизнеспособность существенно повышалась. Так, после увлажнения семян люпина водным экстрактом крапивы всхожесть семян по сравнению с контролем увеличивалась с 29 до 47% при одновременном снижении содержания оснований Шиффа с 34,1 до 28,5 относительных единиц на мг белка и МДА с 116,3 до 106,9 нМоль/г абсолютно сухой массы семян, т.е. водный экстракт крапивы проявлял сильный антиоксидантный эффект. Более слабое антиоксидантное действие на семена люпина оказывал сильный восстановитель тиосульфат натрия (0,02 М р-р).

Пшеница и ячмень оказались более радиоустойчивыми, чем люпин. Снижение энергии прорастания и всхожести у семян пшеницы наблюдалось при поглощенной дозе 100 Гр, а ячменя – при 150 Гр. Однако при таких дозах в тканях этих семян увеличивалось содержание оснований Шиффа (у пшеницы с 111,4 до 143,6 и у ячменя с 81,7 до 114,1 относительных единиц на мг белка). В тканях облученных семян пшеницы возрастало и содержание МДА (с 93,7 до 101,8 нМоль/г абсолютно сухой мас-

сы семян). Обработка семян пшеницы перед γ -облучением (75 Гр) водным экстрактом крапивы или 0,02 М раствором тиосульфата натрия приводило к повышению жизнеспособности семян (всхожесть была выше чем у контрольных семян соответственно на 4 и 5 %) и снижению содержания МДА (ингибированию ПОЛ).

Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность повышения радиоустойчивости и жизнеспособности семян люпина, пшеницы и ячменя с помощью природных антиоксидантов (водного экстракта крапивы двудомной), которые ингибируют ПОЛ и защищают белки и другие биомолекулы от повреждений.

Литература.

1. Абрамова Ж.И., Оксенгендлер Г.И. Человек и противокислительные вещества. Л., 1985. - С. 3-186.
2. Артемук Е.Г., Шурхай С.Ф., Катулина Т.А., Шурхай Н.Я. // Материалы Международной научно-практической конференции «Фауна и флора Прибужья и сопредельных территорий на рубеже XXI столетия». Брест.- 2000.-С. 169-170.
3. Кевра М.К. Растения против радиации. Мн., 1993.
4. Николайчук Л.В., Шурхай С.Ф., Мощук П.А., Нечаева Т.С., Катулина Т.А. // Сб. науч. тр. фак. естествознания. Брест.- 1993. - Вып.1.- С. 50-56.
6. Шурхай С.Ф., Воробей А.В., Болодон В.Н. // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. навук.- 1996.- № 2.- С. 88-91.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ КОЛХИЦИНОМ ОСТРОМОРДЫХ ЛЯГУШЕК, ОБИТАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ

Афонин В.Ю.

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси

Введение. Известно, что колхицин, разрушающий микротробошки и останавливающий клетки на стадии метафазы, вызывает гибель лимфоидных и некоторых других типов клеток. По многим показателям эта форма гибели аналогична наблюдаемой при действии облучения и таких лимфолитических агентов, как гидрокортизон и алкилирующие соединения, факторов дифференцировки [1]. Введение гидрокортизона животным также может сопровождаться выраженным перераспределением лимфоцитарных популяций между центральными лимфоидными органами и периферической кровью [2]. К формированию определенного соотношения субпопуляций клеток в кроветворных тканях приводит и хроническое облучение.

Так, нами была отмечена у остромордых лягушек зависимость числа клеток с различными признаками дифференцировки и гибели от уровня накопления ^{137}Cs [3, 4].

Материалы и методы исследований. Остромордые лягушки (*Rana arvalis*) были отловлены в окрестностях д. Бабчин Хойникского р-на Гомельской обл. (территория Полесского государственного радиационно-экологического заповедника – ПГРЭЗ), а также в окрестностях д. Ратомка Миснского р-на (контрольная территория, сопоставимая по уровню хозяйственной деятельности с районами Гомельской области).

Учет лейкоцитов с признаками апоптоза (фрагментация ядра и пикноз) и уровни лейкоцитов с микроядрами проводили на мазках костного мозга и селезенки лягушек. Содержание ^{137}Cs в организме животных определяли радиоспектрометрическим методом на гамма-спектрометре с одним кристалл-сцинтиллятором NaI(Tl) диаметром 150 мм и высотой 50 мм и многоканальным анализатором АМА-03Ф.

Результаты и их обсуждение. Анализ препаратов костного мозга и селезенки амфибий (табл.1) после внутрибрюшинного введения колхицина (10 мг/кг) показал увеличение ($P < 0,05$) уровней клеток с признаками пикноза, характеризующего интерфазную гибель во всех анализируемых тканях.

Таблица 1
Уровень клеток с признаками апоптоза в различных тканях остромордых лягушек

№ п/п	Место и время отлова (^{137}Cs кБк/кг)	Кол-во животных	% клеток с признаками апоптоза в костном мозге		% клеток с признаками апоптоза в селезенке	
			пикноз	фрагм. ядра	пикноз	фрагм. ядра
до введения колхицина						
1	д.Ратомка-лето (<0,1)	9	0,32±0,10	1,71±0,34	0,27±0,07	1,34±0,45
2	д.Ратомка-осень(<0,1)	26	0,11±0,04	3,43±1,00	0,04±0,08	0,44±0,11
3	д.Бабчин-осень(>2,0)	30	0,28±0,06	4,57±0,84	0,16±0,07	0,63±0,14
через 24 часа после введения колхицина (10мг/кг)						
5	д.Ратомка-лето (<0,1)	9	0,77±0,20	1,94±0,54	0,66±0,26	0,96±0,21
6	д.Ратомка-осень(<0,1)	10	1,34±0,76	5,86±1,96	0,54±0,19	2,97±1,07
7	д.Бабчин-осень(>2,0)	10	0,76±0,18	8,45±2,55	0,61±0,22	2,42±0,78
			$P_{1-2} < 0,05$	$P_{1-2} < 0,05$	$P_{1-2} < 0,05$	$P_{1-2} < 0,05$
			$P_{1-5} < 0,05$	$P_{3-7} < 0,05$	$P_{1-5} < 0,05$	$P_{2-6} < 0,05$
			$P_{2-6} < 0,05$		$P_{2-6} < 0,05$	$P_{3-7} < 0,05$
			$P_{3-7} < 0,05$		$P_{3-7} < 0,05$	

Представленные данные (табл.1) указывают на необходимость учета времени отлова животных и типа анализируемой ткани. Так, если уровень пикнотических клеток у животных, отловленных в окрестностях д. Ратомка, уменьшается к осени во всех тканях, то для клеток с фрагментацией яд-

ра можно отметить разнонаправленные тенденции в формировании летних и осенних показателей по этому признаку повреждения клеток в костном мозге и селезенке (табл. 1).

Увеличение к осени уровня лейкоцитов с фрагментацией ядра в костном мозге можно объяснить характерным усилением для данного времени года и ткани процессов пролиферации, дифференцировки и гибели клеток нейтрофильного ряда [4]. Увеличение уровней лейкоцитов с фрагментацией ядра в костном мозге и селезенке у осенних лягушек после введения колхицина указывает на то, что реакция гетерогенных клеточных популяций формируется клетками характерными для анализируемой ткани в данное время.

Одной из причин отсутствия различий по числу клеток с признаками апоптоза между осенними животными с разными уровнями накопления радионуклидов (табл. 1) можно объяснить различиями по числу клеток с другими признаками дифференцировки и гибели. Однако, при индукции апоптоза колхицином у лягушек, обитающих на загрязненных радионуклидами территориях отмечены пониженные уровни клеток, гибнущих по интерфазному типу (пикноз). Такая картина наблюдалась нами в костном мозге и при дополнительном остром облучении [5]. Так, у животных с высоким накоплением радионуклидов, через 7,5 ч после облучения (2 Гр) уровень лейкоцитов с поврежденной мембраной был ниже ($P < 0,03$), чем у контрольных животных.

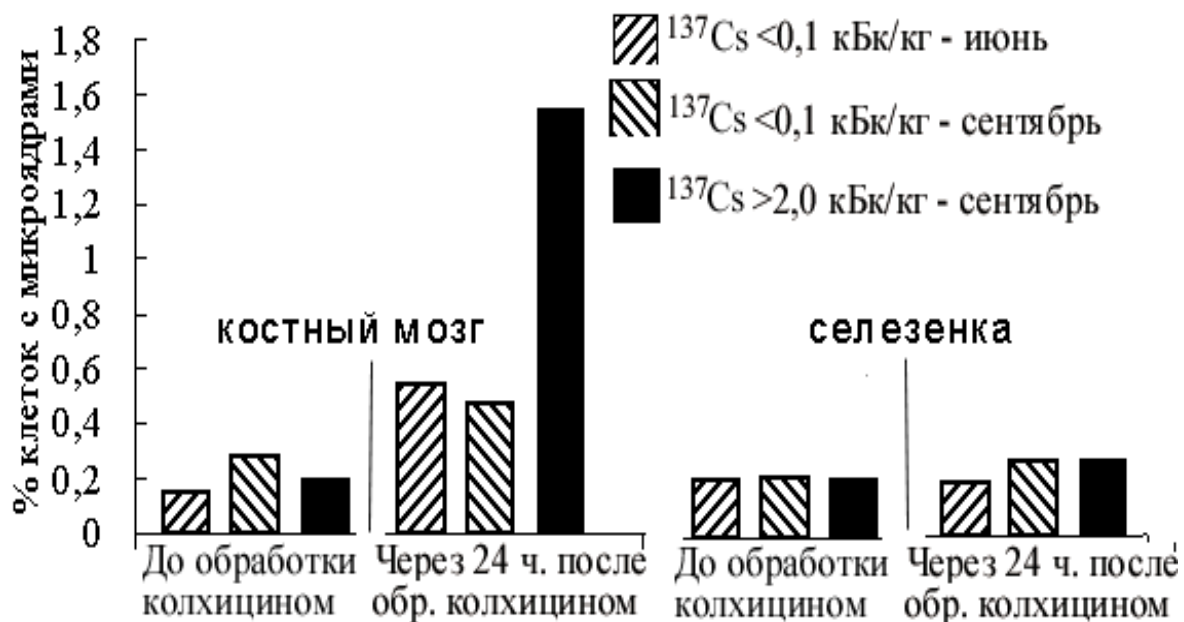


Рис. 1. Уровни лейкоцитов с микроядрами в различных тканях остромордых лягушек через 24 часа действия колхицина (10 мг/кг).

Такие различия между животными в соотношении субпопуляций клеток, характеризующиеся определенной реакцией на индукцию апопто-

за, могут являться причиной формирования наблюдаемых уровней клеток с цитогенетическими повреждениями (рис. 1). В костном мозге лягушек уровень клеток с микроядрами может увеличиваться ($P < 0,05$) при усилении процессов гибели, связанной, как с сезонными особенностями животных, так и с индукцией апоптоза колхицином.

Литература.

1. Афанасьев В.Н., Король Б.А., Матылевич Н.П. и др. / Цитология. - 1988.- Т.30, № 9.- С. 1108-1116.
2. Афонин В.Ю. // Вести НАН Б. Сер.биол.наук. 2001. № 3, С. 35-38
3. Афонин В.Ю., Киреенко К.М., Войтович А.М., // Мат.межд.конф.,посвящ.100-летию со дня рождения Н.В. Тимофеева-Ресовского (17-18окт 2000г.) Минск 2000. С.177-179.
4. Горышина Е.Н. // Цитология.-1980.- Т. 20, №7.- С. 765-773
5. Афонин В.Ю., Войтович А.М., Елисеева К.Г. // Вести НАН Б. Сер.биол.наук. 1999. № 4, С.131-132

СООТНОШЕНИЕ УРОВНЕЙ КЛЕТОК С РАЗЛИЧНЫМИ ПРИЗНАКАМИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДНК В ТКАНЯХ РЫЖИХ ПОЛЕВОК, ОБИТАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ

Афонин В.Ю.*, Елаков А.Л.**, Осипов А.Н.**

**Институт генетики и цитологии НАН Беларуси,*

***Московское государственное предприятие - объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды (МосНПО «Радон»).*

Введение. Цитогенетическая нестабильность у животных может возникать вследствие действия разных факторов. Поэтому подтверждение ее связи с проживанием в условиях хронического облучения требует различных подходов. Так, в клеточных линиях и клетках линейных животных с дефектами в гене p53 наблюдается увеличение числа aberrаций хромосом [1], которые являются результатом отсутствия гибели части клеток с нерепарированными повреждениями ДНК. С другой стороны, после радиационного облучения в культуре клеток периферической крови больше клеток с микроядрами во фракции естественных киллеров (CD3-/CD56+; NK), чем фракции Т-лимфоцитов, что объясняется большей чувствительностью последних к апоптозу [2]. Это указывает на то, что в гетерогенной популяции уровень апоптических клеток может формироваться за счет одной субпопуляции, а уровень клеток с aberrациями хромосом за счет другой.

Материалы и методы исследований. Рыжие полевки были отловлены на территории Белорусского государственного биосферного заповед-

ника (БГБЗ – условно контрольная территория), на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) и на территории хранилища радиоактивных отходов (ХРАО) Сергиево-Посадского филиала МосНПО «Радон».

Уровни лейкоцитов с признаками апоптоза (маргинация, конденсация и фрагментация ядра, апоптотические тела, пикноз) и уровни лейкоцитов с микроядрами оценивались на мазках костного мозга, тимуса и селезенки рыжих полевок. Уровень (однонитевых) ОР ДНК при инкубации клеток селезенки с H_2O_2 оценивали методом детергентного осаждения, модифицированным для определения ДНК на флуориметрическом анализаторе FL-2110 фирмы «Solar» (Беларусь). Анализ каждого животного проводился отдельно по всем рассматриваемым признакам повреждения генетического материала.

Результаты и их обсуждение. Анализ уровней клеток с микроядрами и признаками апоптоза в костном мозге в трех различных выборках показал увеличение числа лейкоцитов с цитогенетическими повреждениями и падение уровня апоптозных лейкоцитов (табл. 1). При этом наблюдается обратная связь между средними значениями указанных признаков. При рассмотрении уровней клеток с различными признаками повреждения ядер в тимусе отмечается другая картина. У животных из загрязненных биотопов по сравнению с контрольными животными наблюдается увеличение уровней или клеток с микроядрами, или клеток с признаками апоптоза, что также указывает на обратную связь между средними значениями (табл. 1). Однако, при изучении связи между индивидуальными показателями, была установлена положительная корреляция между уровнями клеток с микроядрами и апоптозными клетками в костном мозге ($r = 0,53$ $P < 0,01$) и тимусе ($r = 0,76$ $P < 0,01$) животных, отловленных на загрязненных радионуклидами территориях. В костном мозге и тимусе контрольных животных (БГБЗ) такой связи не обнаружено.

Таблица 1

Апоптоз и цитогенетические повреждения в тканях рыжих полевок						
№ п/п	Место отлова	Кол-во животных	% клеток с признаками апоптоза на исслед. клетку		% клеток с микроядрами на исслед. клетку	
			в костном мозге	в тимусе	в костном мозге	в тимусе
1	ХРАО	5	0,07±0,05	1,04±0,20	0,40±0,04	0,44±0,13
2	ПГРЭЗ	20	0,26±0,05	1,41±0,09	0,24±0,05	0,10±0,02
3	БГБЗ (контроль)	12	0,51±0,10	0,79±0,06	0,09±0,03	0,08±0,02
			$P_{1-3} < 0,01$ $P_{2-3} < 0,02$	$P_{2-3} < 0,01$ $P_{2-3} > 0,05$	$P_{1-3} < 0,05$ $P_{2-3} < 0,05$	$P_{1-3} < 0,05$ $P_{2-3} > 0,05$

Интересным является факт наличия в тимусе определенных соотношений между уровнями клеток с различными типами цитогенетических повреждений. У контрольных животных отмечается прямая связь ($r = 0,47$ при $P > 0,05$) между процентом тимоцитов с абберрантными анафазами ($1,80 \pm 0,60$) и уровнем тимоцитов с микроядрами. У рыжих полевок, отловленных на территории ПГРЭЗ, процент абберрантных анафаз ($3,90 \pm 0,60$) выше ($P < 0,02$), чем у контрольных животных, а связь между уровнями клеток с различными типами цитогенетических повреждений обратная ($r_2 = - 0,55$ при $P > 0,05$). Прямая связь наблюдается между уровнями абберрантных анафаз и апоптозных клеток тимуса как у животных БГБЗ ($r = 0,72$ при $P < 0,05$), так и у животных ПГРЭЗ ($r = 0,64$ при $P < 0,05$).

Такой сложный характер связи между признаками повреждения ядер лейкоцитов в различных тканях можно связать с различием в составе клеток разных субпопуляций, отличающихся по чувствительности к тестам на апоптоз и абберрации хромосом. Изменения в соотношении клеток разного типа может формироваться за счет перераспределения клеток между кроветворными тканями [3], большой вклад в которое вносят индивидуальные различия, биологические ритмы и уровни накопления радионуклидов. Выявлять различную реакцию гетерогенных клеточных популяций кроветворных тканей разных групп животных позволяет дополнительное цитотоксическое воздействие, например H_2O_2 .

Таблица 2

Связь между исходными цитологическими показателями, характеризующими повреждение ядер лейкоцитов селезенки и тимуса, и уровнем однонитевых разрывов ДНК после воздействия H_2O_2 на клетки селезенки

Концентрация H_2O_2	ОР ДНК в клетках селезенки	исходные уровни лейкоцитов с микроядрами и признаками апоптоза	
		в селезенке $1,77 \pm 0,43$ %	в тимусе $1,48 \pm 0,30$ %
Без H_2O_2	$10,83 \pm 0,84$	$r = 0,01$	$r = 0,42$
$0,5$ мМ/мл	$12,93 \pm 1,08$	$r = 0,41$	$r = 0,90$ при $P < 0,05$
5 мМ/мл	$17,57 \pm 1,87$	$r = 0,83$ при $P < 0,05$	$r = 0,81$

Нами не было установлено корреляции между исходными индивидуальными уровнями ОР ДНК в лимфоцитах селезенки и уровнями клеток с признаками повреждения ядра в различных гемопоэтических тканях животных из загрязненных биотопов (табл.2). В то же время, анализ индивидуальных различий в чувствительности клеток селезенки рыжих полевок к дополнительному воздействию H_2O_2 позволяет выявить возможную взаимосвязь между уровнями клеток с различными признаками повреждения ядра и уровнем ОР ДНК в этих клетках. Положительная корреляция проявляется уже при воздействии H_2O_2 в концентрации $0,5$ мМ/мл, ведущей

к увеличению уровня ОР ДНК в определенных субпопуляциях клеток селезенки. Численность этих клеток для каждого животного индивидуальна.

Литература.

1. Мазурик В.К. Михайлов В.Ф. // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2001.- Т.41, вып.3.- С. 272-289.
2. Louagic H., Phillipe J., Vral A. et al. // Rev. Assoc. Belge technolog. Lab – 1998, Vol.25, N2.- L.113-118, 123-126
3. Шибкова Д.З., Ефимова Н.В., Аклеев А.В. – Мед. Радиол. и Рад. безопасность, 2000. –№5, С.21-26

АЦЭНКА РАДЫЯПРАТЭКТЫЎНЫХ УЛАСЦІВАСЦЯЎ ПАНТЭНОЛА НА МАДЭЛІ РАДЫЯЦЫЙНАГА ПАШКОДЖАННЯ АНАГЕННЫХ ФАЛІКУЛАЎ ВІБРЫС ПАЦУКОЎ

Бараноўская А.Б.

Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт, г. Гродна

Уводзіны. У апошнія гады ў сувязі з неспрыяльным радыяэкалагічным становішчам, якое склалася на значнай частцы тэрыторыі Беларусі, узрасла неабходнасць пошуку сродкаў абароны арганізма чалавека ад уздзеяння хронічнага нізкадозавага апраменьвання. Адным з перспектывных прэпаратаў для стварэння лячэбна-прафілактычных сродкаў такога тыпу з'яўляецца пантатэнавая кіслата (ПАК) [3]. Рознабаковая біялагічная актыўнасць гэтага рэчыва ў асноўным рэалізуецца праз удзел у сінтэзе кафермента ацэтылявання СоА, які з'яўляецца кафактарам у дзесятках ферментатыўных рэакцый арганізма [2]. Сёння актыўна вывучаецца адно з ксенабіятычных вытворных ПАК – пантэнол (ПЛ), які мае малую таксічнасць, лёгка трансфармуецца ў пантатэнат у арганізме і не саступае натуральнай вітаміннай форме па сваёй біялагічнай актыўнасці [1]. Паказана здольнасць пантэнола нармалізаваць паказчыкі крыві і ферментэмію, выкліканыя малымі дозамі апраменьвання [5]. У якасці асноўнага механізму радыяабарончага дзеяння гэтага прэпарата даследчыкі вылучаюць яго здольнасць запабягаць парушэнню перакіснага акіслення ліпідаў біялагічных мембран [4].

Мэтай дадзенай працы было вывучэнне здольнасці пантэнола абараняць генетычны апарат клетак актыўна праліферуючай тканкі на мадэлі радыяцыйнага пашкоджання матрыкса анагенных фалікулаў вібрыс (ФВ) пацукоў.

Матэрыялы і метады даследаванняў. Даследаванне было выканана на 28 белых непародзістых пацуках-самцах масай 160-210 г, якія ўтрымліваліся на агульным рацыёне віварыя. З мэтай сінхранізацыі ФВ у

анагенным стане ўсе вібрысы на правым баку морды пацука выскубвалі за 3 тыдня да апраменьвання.

Усіх жывёл падзялілі на 6 групаў па 4-5 пацукоў у кожнай: 1-я кантрольная група – фіз. раствор і «фальшывае апраменьванне»; 2-я кантрольная група – фіз. раствор і рэнтгенаўскае апраменьванне (РА); 3-я, 4-я, 5-я і 6-я (вопытныя) групы – пантэнол у дозе 100 мг/кг падскурна аднаразова за 3, 6, 12 і 24 гадзіны да РА адпаведна. Пацукам апраменьвалі правы бок морды на рэнтгенаўскім апарате РУМ-21 (сіла тока 2 мА, напружаньне 60 кВ; фільтр 1,1 АІ; магутнасць дозы 0,0295 Гр/сек.; дыяметр тубуса 1,5 см; адлегласць крыніца-паверхня 10 см) у дозе 1,5 Гр.

Забор ФВ найбольшага памеру ажыццяўлялі праз 6 гадзін пасля РА. Матэрыял фіксавалі па Бродскаму, абязводжвалі, залівалі ў парафін. Атрымлівалі серыйныя папярочныя зрэзы ФВ таўшчынёй 7-8 мкм. На зрэзах у зоне матрыкса падлічвалі колькасць мітатычных фігур і апаптатычных клетак, а затым выводзілі мітатычны і апаптатычны індэксы (МІ і АІ).

Вынікі і іх абмеркаванне. Колькасныя даныя аб уплыве прафілактычнага ўвядзення пантэнола на ўзровень пострадыяцыйных МІ і АІ ў матрыксе анагенных ФВ прадстаўлены ў Табл.1.

Табліца 1.

МІ і АІ ў матрыксе ФВ праз 6 гадзін пасля апраменьвання ў дозе 1,5 Гр у залежнасці ад тэрміну прафілактычнага ўвядзення пантэнола

№ групы	Апісанне групы	Мітатычны індэкс, ‰	Апаптатычны індэкс, ‰
1-я кантр.	фіз. раствор і «фальшывае апраменьванне»	32,94 ± 1,338**	0,31 ± 0,163**
2-я кантр.	фіз. раствор і РА	10,41 ± 2,434*	6,39 ± 1,425*
3	пантэнол за 3 гадз. да РА	11,48 ± 4,315*	1,92 ± 0,678**
4	пантэнол за 6 гадз. да РА	11,48 ± 2,626*	1,87 ± 0,677**
5	пантэнол за 12 гадз. да РА	13,47 ± 3,912*	3,54 ± 1,178
6	пантэнол за 24 гадз. да РА	14,34 ± 6,685	2,03 ± 0,903**

* - $p < 0,05$ у параўнанні з 1-й кантрольнай групай; ** - $p < 0,05$ у параўнанні з 2-й кантрольнай групай

Вынікі паказалі, што ў жывёлаў усіх груп, якія перад апраменьваннем атрымлівалі пантэнол, МІ даставерна не адрозніваўся ад паказчыка па 2-й кантрольнай групе, жывёлы якой перад РА атрымлівалі фіз. раствор. Аднак, разам з гэтым, у групе пацукоў, якія атрымалі пантэнол за 24 гадз. да РА, МІ не меў даставернага адрознення і ад паказчыка па неапрамененай групе.

Што датычыцца АІ клетак матрыкса анагеннага ФВ праз 6 гадзін пасля апраменьвання, то назіраліся значныя ваганні гэтага параметра ў залежнасці ад тэрміну ўвядзення пантэнола. АІ па ўсіх вопытных групах даставерна не адрозніваўся ад такога па групе неапрамененых жывёл. Але ў

параўнанні з групай апрамененых неабароненых жывёл (2-я кантрольная група) даставерна больш нізкі паказчык постпрамянёвай клеткавай смерці ў матрыксе ВФ вібрыс назіраўся толькі пры ўвядзенні пантэнола за 3, 6 і 24 гадзіны да РА.

Апошняе можна патлумачыць асаблівасцямі ўнутрыарганізма абмена ПАК. Па даным адмыслоўцаў [2], пры ўвядзенні адносна вялікіх дозаў папярэднікаў СоА ва ўмовах яго зыходна нармальнага ўзроўню ў арганізме жывёлаў назіраецца хвалепадобнае змяненне ўтрымання СоА ў клетках. Гэта звязана са з'явай цыклічнага рэтраінгібіравання сінтэзу СоА з яго папярэднікаў на фоне працяглага паступлення апошніх з падскурнага дэпо. Так, пры падскурным увядзенні пацукам пантатэната кальцыя ўтрыманне СоА ў печані гэтых жывёл было істотна падвышаным праз 6 і 24 гадзіны пасля ўвядзення прэпарата, а праз 12 гадзін было бліжкім да кантрольных лічбаў [2].

Такім чынам, прафілактычнае ўвядзенне пантэнола слаба ўплывала на працэс постпрамянёвай затрымкі мітатычнага дзялення трыхацытаў матрыкса ВФ вібрыс, але эфектыўна запабягала апапатычнай гібелі часткі апрамененых клетак. Апошні эфект залежаў ад тэрміну ўвядзення прэпарата.

Улічваючы, што пусковым механізмам апапатычных працэсаў у клетке з'яўляецца пашкоджанне яе ДНК, можна меркаваць, што антыапаптозныя ўласцівасці пантэнола абумоўлены яго здольнасцю абараняць генетычны апарат актыўна праліферуючых клетак. Прычым дадзеная ўласцівасць ПЛ верагодна апамярцавана яго ўдзелам у сінтэзе СоА.

Літаратура.

1. Дорофеев Б.Ф., Мойсеёнок А.Г. // Пантенол и другие производные пантотеновой кислоты: биохимия, фармакология и медицинское применение. Материалы международного симпозиума, Гродно, 3-5 июня 1998 г. / Институт Биохимии НАН Беларуси, Министерство по ЧС РБ. – Гродно, 1998. - С. 57-62.).
2. Мойсеёнок А.Г. Пантотеновая кислота: биохимия и применение витамина – Мн.: Наука и техника, 1980. - 264 с.
3. Мойсеёнок А.Г // Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды: Тез. докл. междуна. научн. конф., Минск, 16-17 апр. 1998 г. – Минск, 1998. – С. 172.
4. Слышенок В.С., Войтчак Л. // Пантенол и другие производные пантотеновой кислоты: биохимия, фармакология и медицинское применение. Материалы международного симпозиума, Гродно, 3-5 июня 1998 г. / Институт Биохимии НАН Беларуси, Министерство по ЧС РБ. – Гродно, 1998. - С.193-198.

5. Требухина Р.В., Петушок В.Г., Петушок Н.Э. и др. // Пантенол и другие производные пантотеновой кислоты: биохимия, фармакология и медицинское применение. Материалы международного симпозиума, Гродно, 3-5 июня 1998 г. / Институт Биохимии НАН Беларуси, Министерство по ЧС РБ. – Гродно, 1998. - С.202-207.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ТКАНИ ПЕЧЕНИ КРЫС ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Буловацкая И.В.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС привела к радиоактивному загрязнению окружающей среды, следствием чего явилось увеличение контингента лиц и объектов окружающей среды, подвергающихся постоянному низкоинтенсивному облучению в малых дозах. Влияние хронического лучевого воздействия на организм изучалось преимущественно на радиочувствительных тканях, характеризующихся высокой пролиферацией. В меньшей степени исследованы эффекты длительного радиационного воздействия в тканях, клетки которых активно не делятся. Среди них особое место принадлежит печени, в которой происходят интенсивные метаболические процессы, связанные с детоксикацией продуктов распада и энергетическим обменом. Для оценки влияния хронического низкоинтенсивного облучения на ткань печени исследовали процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), которые чувствительны к различным воздействиям. Накопление в клетке продуктов свободнорадикального окисления, оказывает повреждающее действие на компоненты клеточной мембраны, белки и нуклеиновые кислоты. Кроме того, нуклеиновые кислоты являются основной мишенью для действия ионизирующего излучения к клетке. Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы было изучение содержания РНК и ДНК, а также первичных (диеновые и триеновые конъюгаты) и конечного (МДА) продуктов ПОЛ в ткани печени крыс в различные сроки после внешнего хронического облучения в суммарных дозах 0,25; 0,5 и 1,0 Гр.

Материалы и методы исследований. В опытах были использованы белые крысы-самцы стадного разведения (исходный возраст 1 мес, масса $48,2 \pm 0,9$ г), которые находились на стандартном пищевом рационе вивария. Животных облучали круглосуточно на установке «Гаммарид 192/120» (источник γ -лучей ^{137}Cs , мощность дозы 3,03 сГр/сут) до достижения суммарных доз 0,25; 0,5 и 1,0 Гр. Эксперименты проводили спустя 1, 30 и 90 сут после завершения радиационного воздействия. К каждой серии опытов выполняли контрольные исследования на крысах аналогичного возраста.

Животных декапитировали, выделяли печень, в 10 % гомогенате которой определяли содержание РНК и ДНК [1], диеновых и триеновых конъюгатов [2] и МДА [3]. Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Хроническое облучение в минимальной дозе 0,25 Гр не оказывало существенного влияния на содержание диеновых конъюгатов и МДА в ткани печени крыс на всех этапах исследования. В то же время на 1 сут после облучения в указанной дозе концентрация триеновых конъюгатов в изучаемой ткани достоверно снижалась (86,4% по сравнению с контролем), с последующей нормализацией этого показателя в отдаленном периоде, а на 30 сут наблюдалось уменьшение содержания РНК ($p < 0,05$), и к 90 сут выявлялась тенденция к снижению содержания нуклеиновых кислот (табл.).

Сразу после прекращения длительного облучения в суммарной дозе 0,5 Гр было установлено достоверное увеличение уровня нуклеиновых кислот в изучаемой ткани крыс (ДНК – до 120,8%, а РНК – до 110%), что, вероятно, свидетельствовало о некоторой активизации пролиферации клеток печени, которая в норме находится на относительно низком уровне. В последующие сроки пострадиационного периода при указанной дозе содержание нуклеиновых кислот в ткани печени существенно не отличалось от показателей у интактных животных. Отклонения в концентрации первичных продуктов реакций ПОЛ в этой ткани не выявлялись во все сроки исследования. Спустя 30 и 90 сут после радиационного воздействия в дозе 0,5 Гр обнаружено существенное накопление конечного продукта ПОЛ – МДА (158,0 и 138,7% от уровня контроля, соответственно).

При достижении дозы хронического облучения 1,0 Гр выявлено достоверное снижение содержания триеновых конъюгатов до 82,7% через 90 сут после радиационного воздействия, а начиная с 30 сут отмечалось накопление МДА в изучаемой ткани (131,5% по сравнению с контролем при $p < 0,05$), которое сохранялось на повышенном уровне вплоть до окончания эксперимента.

Сравнительный анализ полученных данных о влиянии длительного низкоинтенсивного облучения на ткань печени крыс в зависимости от дозы показал, что при 0,25 Гр не обнаружено изменений в системе ПОЛ и содержании нуклеиновых кислот, за исключением снижения концентрации триеновых конъюгатов на 1 сут. Наиболее значительные отклонения изучаемых показателей наблюдались при достижении суммарной дозы 0,5 Гр. Начальная реакция ткани печени при указанном воздействии выражалась в усилении биосинтетических процессов – росте содержания РНК и ДНК. В то же время на раннем этапе пострадиационного периода (дозы 0,5 и 1,0 Гр) не выявлялось интенсификации процессов ПОЛ в условиях сохранения реакции антиоксидантной системы. Данные литературы об усилении антиоксидантной активности в тканях животных после облучения в малых до-

зах, а также о повышении активности ферментов, инактивирующих свободные радикалы и перекиси, таких как каталаза, редуктаза окисленной формы глутатиона, подтверждают вышеизложенное [4]. В отдаленные сроки (30 и 90 сут) интенсифицировалось свободнорадикальное окисление, о чем свидетельствует накопление МДА.

Таблица

Содержание РНК и ДНК в ткани печени крыс на 1, 30 и 90 сут после хронического облучения в дозах 0,25; 0,5 и 1,0 Гр

Доза		РНК, мг/г		ДНК, мг/г	
		$x \pm Sx$	%	$x \pm Sx$	%
1 сут					
0,25 Гр	к	$5,78 \pm 0,19$	100,0	$3,72 \pm 0,10$	100,0
	оп	$6,18 \pm 0,23$	106,9	$3,77 \pm 0,13$	101,3
0,50 Гр	к	$5,01 \pm 0,07$	100,0	$3,85 \pm 0,15$	100,0
	оп	$5,56 \pm 0,11^*$	110,0	$4,65 \pm 0,20^*$	120,8
1,00 Гр	к	$4,87 \pm 0,05$	100,0	$3,44 \pm 0,06$	100,0
	оп	$5,10 \pm 0,05$	104,7	$3,36 \pm 0,09$	97,7
30 сут					
0,25 Гр	к	$4,99 \pm 0,07$	100,0	$3,39 \pm 0,10$	100,0
	оп	$4,49 \pm 0,08^*$	90,0	$3,62 \pm 0,10$	106,8
0,50 Гр	к	$4,46 \pm 0,03$	100,0	$3,91 \pm 0,07$	100,0
	оп	$4,61 \pm 0,04$	103,4	$4,25 \pm 0,02$	108,4
1,00 Гр	к	$4,53 \pm 0,08$	100,0	$3,49 \pm 0,07$	100,0
	оп	$4,59 \pm 0,14$	101,3	$3,57 \pm 0,12$	103,2
90 сут					
0,25 Гр	к	$4,40 \pm 0,37$	100,0	$2,79 \pm 0,35$	100,0
	оп	$3,85 \pm 0,12$	87,5	$2,47 \pm 0,12$	88,5
0,50 Гр	к	$4,65 \pm 0,06$	100,0	$3,59 \pm 0,07$	100,0
	оп	$4,78 \pm 0,06$	102,8	$3,40 \pm 0,03$	96,1
1,00 Гр	к	$5,30 \pm 0,07$	100,0	$3,40 \pm 0,11$	100,0
	оп	$5,12 \pm 0,05$	96,6	$3,22 \pm 0,22$	94,7

* - достоверные изменения при $p < 0,05$

Таким образом, несмотря на относительную радиочувствительность ткани печени, полученные данные свидетельствуют о том, что действие длительного облучения с низкой мощностью дозы (3,03 сГр/сут) приводит к изменению ее морфофункционального состояния, сохраняющегося и в отдаленном периоде.

Литература.

1. Трудолобова М.Г. // Современные методы в биохимии / под. ред. В.А. Ореховича. – М.: Медицина, 1977. – 392 с.
2. Стальная И.Д. // Там же. – С. 63.
3. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. // Там же. – С. 66.
4. Барабой В.А., Орел В.Э., Карнух М.М. Перекисное окисление и радиация. – Киев: Навук. думка, 1991. – 256 с.

ПРОБЛЕМА МАЛЫХ АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Бурак В.Н.

*Пинский консультативно-диагностический центр Комчernобыля,
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. При анализе общей заболеваемости детей и подростков, состоящих на учете в Белорусском Государственном регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции, за период с 1988 по 1998 гг. выявлен ее рост на 65.4% [2]. Этот факт необходимо осмыслить также с учетом сведений о том, что в Республике Беларусь с 1994 по 1998 гг. снизились показатели первичной заболеваемости по большинству классов болезней, в частности, по классу болезней системы кровообращения – на 27.4% [2]. Для результативного обобщения фактической ситуации и разработки действенных профилактических мероприятий необходим критический анализ состояния проблемы, при котором научная оценка радиоэкологических последствий включает как молекулярно-клеточные уровни, так и уровень целостного организма [2, 3, 4].

В частности, в процессе обследования детей, подвергающихся хроническому низкодозовому радиационному воздействию, установлены особенности реактивности системы кровообращения и выделены патогенетические механизмы нарушения гемодинамического гомеостаза [1]. Одним из основных механизмов функциональной недостаточности тонуса артериальных сосудов у детей и подростков 4-16-летнего возраста является сниженная активность симпатoadреналовой системы [1]. Кстати, активность этой системы в значительной степени определяется функциональным состоянием щитовидной железы, которая оказалась одним из наиболее ранних органов эндокринной системы в условиях радионуклидного загрязнения территорий Республики Беларусь.

Как отразилась экологически неблагоприятная ситуация, сложившаяся в Белорусском Полесье после Чернобыльской катастрофы, на таком жизненно важном органе как сердце? Изменился ли удельный вес аномалий развития сердца у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях? Насколько информативно применение ультразвукового обследования сердца для выявления тонких структурно-функциональных отклонений в системе кровообращения? Ответ на эти и ряд других вопросов явился основой для проведения настоящего исследования.

Материалы и методы исследований. В 2001 году проведено ультразвуковое исследование сердца у 959 детей и подростков, проживающих в

различных населенных пунктах Белорусского Полесья. К моменту обследования плотность радиоактивного загрязнения в населенных пунктах по Cs-137 составила от менее чем 1 Ки/км^2 до $1-5 \text{ Ки/км}^2$ и более. Для диагностики использовались ультразвуковые системы фирмы Aloka Co. Ltd. (Япония).

Следует отметить, что ультразвуковое исследование сердца (которое внедрено в Пинском консультативно-диагностическом центре Комчernoбыля в качестве одной из базовых диагностических процедур) является одним из основных методов оценки экоструктуры сердца, сократительной способности миокарда, внутрисердечной гемодинамики. В процессе исследования возможно определение размеров желудочков и предсердий сердца, оценка состояния венечных сосудов, толщины стенок желудочков, строения клапанного аппарата и т.д. Итак, метод ультразвукового исследования сердца был выбран целенаправленно для выявления у детей и подростков возможных отклонений от нормальной эхоанатомии сердца.

Результаты и их обсуждение. Акцент в процессе обследования был сделан на выявлении малых аномалий развития сердца. Под малыми аномалиями развития сердца понимают врожденные тонкие изменения архитектоники сердца и сосудов. К таким структурным изменениям относят: дополнительные хорды и трабекулы левого желудочка сердца, открытое овальное окно, удлинённый Евстахийев клапан, нарушение распределения хорд к створкам митрального клапана, пролапс митрального клапана, пролапс трикуспидального клапана, аневризмы межпредсердной перегородки, функционально узкая или широкая аорта, идиопатическое расширение легочной артерии, асимметрия створок аортального клапана, дополнительные группы папиллярных мышц, аномальное расположение папиллярных мышц и т.д.

При исследовании в Пинском консультативно-диагностическом центре Комчernoбыля детей и подростков наиболее часто среди разнообразных малых аномалий развития сердца выявлялись дополнительные аномально расположенные хорды в полости левого желудочка. При эхокардиоскопии дополнительные хорды в полости левого желудочка визуализировались как эхопозитивные линейные образования, соединяющие противоположные стенки левого желудочка или папиллярные мышцы со свободной стенкой левого желудочка или с межжелудочковой перегородкой. Дополнительные хорды в полости левого желудочка располагались в различных его отделах (базальном, среднем, апикальном) и могли быть представлены как поодиночке, так и группами, включающими несколько хорд. В 2001 году из 959 обследованных детей разного возраста дополнительные хорды в полости левого желудочка были обнаружены у 240 человек (в 25% случаев).

Как правило дополнительные хорды в полости левого желудочка не приводят к грубым нарушениям функций сердечно-сосудистой системы,

но могут быть одной из причин формирования систолических шумов, выявляемых при аускультации сердца, а также одним из факторов, ведущих к нарушению ритма сердца (что проявляется, например, в возникновении синдрома ранней реполяризации желудочков сердца или в появлении экстрасистолий неясной этиологии).

Согласно литературным сведениям, одной из причин возникновения малых аномалий развития сердца является дисплазия соединительной ткани сердца. Ряд малых аномалий развития сердца могут иметь дисэмбриогенетический характер. В таком случае нельзя исключить вероятности, что в условиях аномальной радиоэкологической обстановки в Белорусском Полесье формируются дополнительные тератогенные факторы, способные оказать негативное влияние на развитие эмбриона и плода в период внутриутробного развития. Поскольку до 2-3 месяцев внутриутробного развития организм находится под влиянием гормонов, которые вырабатываются в основном в организме матери и в плаценте, то необходимо принять во внимание и то, что в первые месяцы антенатального развития, дифференциация тканей эмбриона, а затем и плода во многом определяется регуляторными факторами, которые поступают с плацентарной кровью от матери. В этой ситуации важно учитывать здоровье беременной женщины и те изменения, которые произошли в ее организме в условиях проживания в экологически неблагоприятном регионе, для проведения научно обоснованного прогноза последствий действия неблагоприятных факторов на организм эмбриона и плода в период антенатального развития.

Вышеизложенные факты о малых аномалиях развития сердца у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь, являются основой для разработки целенаправленной программы исследований, направленной на выяснение статистически установленной связи между действием разнообразных экологически неблагоприятных факторов на организм человека и возникновением малых аномалий развития сердца.

Автор выражает благодарность профессору В.А. Кульчицкому за помощь в обсуждении полученных результатов.

Исследование выполнено в инициативной форме в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Изучение влияния на организм человека и животных природных и техногенных факторов окружающей среды (Экология и адаптация)» на 2001-2005 гг

Литература.

1. Аринчин А.Н. // Здоровоохранение. – 1999. - №2. С. 9-13.
2. Ломать Л.Н., Неумержицкий В.А., Малахова И.В., Карницкий Г.Г., Гальбурт Г.Н., Кулинкина В.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. - 2000. - №1. С.12-28.

3. Миненко В.Ф., Дроздович В.В., Третьякевич С.С., Улановский А.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационный бюллетень. – 1996 - №4. С. 50-65.
4. Shigematsu I. (Eds.) // Effects of A-Bomb Radiation on the Human Body. Tokyo: Harwood Academic Publishers, Bukodo Co., 1995.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАЗИДИФФУЗИОННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ

Важинский А.Г.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. В результате аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть территории Республики подверглась радиоактивному загрязнению. Отсутствие достаточно точной информации о движущих силах и характере процессов миграции радионуклидов в почвах затрудняет решение ряда практических задач, одна из которых - прогноз глубины проникновения радиоактивных веществ в почву за определенное время.

С возникновением проблемы глобального загрязнения радиоактивными изотопами природной среды в результате наземных ядерных испытаний вопросу миграции техногенных радионуклидов в почвах было посвящено множество работ, в ряде которых рассматривалась возможность построения математических моделей наблюдаемых процессов [1-4]. Один из подходов, получивший широкое распространение для описания распределения радионуклидов по почвенному профилю — квазидиффузионный [1-3,5].

Цель работы состояла в том, чтобы оценить применимость квазидиффузионного подхода для описания миграции цезия-137 в почве в природных условиях, используя накопленные экспериментальные данные о вертикальном распределении этого радионуклида по профилю почв на контрольных участках 30-км зоны Чернобыльской АЭС и прилегающих к ней загрязненных территорий.

Материалы и методы исследования. Отбор проб по профилю почв производили слоями толщиной 1 см (до глубины 10 см) и 5 см (на глубине от 10 до 25 см), площадью 144 см² специальным пробоотборником, обеспечивающим несмешивание слоев.

Содержание цезия-137 в образцах определяли методом гамма-спектрометрии с использованием спектрометра AFORA LP4900B, оснащенного германий-литиевым полупроводниковым детектором. Для расчета параметров вертикальной миграции цезия-137 использовали результаты гамма-спектрометрического анализа почвенных слоев, полученные для дерново-подзолистых песчаных почв на участках постоянного

наблюдения «Крюки», «Лесок» (30-км зона ЧАЭС) и «Ломачи» (50 км к северу от ЧАЭС).

В основе квазидиффузионного подхода лежат следующие допущения: вертикальное перемещение цезия-137 в почве, имеющее недиффузионную (или частично диффузионную) природу рассматривается как квазидиффузионный процесс, при этом решения уравнения диффузии, относящиеся к однородной среде, применяются к неоднородной по глубине почве [3].

Если графически представить вертикальное распределение радиоцезия в указанных почвах в координатах $\ln(q)=f(x^2)$, где $\ln(q)$ - относительное содержание цезия-137 в слое глубиной x (см), то полученный профиль будет иметь два прямолинейных участка. Первый из них соответствует медленному, второй - быстрому типу переноса радионуклида. Уравнение, приближенно описывающее процесс миграции в этом случае принимает следующий вид [5]:

$$q(x,t) = \frac{q_0 \cdot a}{(\pi \cdot M_1 \cdot t)^{1/2}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot M_1 \cdot t}\right) + \frac{q_0 \cdot b}{(\pi \cdot M_2 \cdot t)^{1/2}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot M_2 \cdot t}\right)$$

где: $q(x,t)$ -количество радионуклида в момент времени t на глубине x ; q_0 - первоначальное количество нуклида, выпавшее на поверхность почвы в момент времени t_0 ; M_1 и M_2 - значения коэффициентов миграции при медленном и быстром типе переноса; a и b - доли медленной и быстрой компоненты миграции; t - время, прошедшее с момента попадания радионуклида на поверхность почвы (t_0). При этом каждому из двух типов вертикального переноса радионуклида соответствует одна из двух составляющих в уравнении.

Коэффициенты медленной и быстрой компонент миграции цезия-137 по профилю изученных почв были рассчитаны с применением вычислительной техники и статистического пакета Origin 6.0.

Результаты и обсуждение. Результаты расчета коэффициентов миграции представлены в таблице.

Из приведенных данных следует, что с течением времени наблюдается устойчивое увеличение коэффициентов медленной компоненты миграции цезия-137 для всех изученных почв. Различия в значениях других величин (процентный вклад медленной компоненты, коэффициенты быстрой компоненты миграции) не являются статистически значимыми.

Большие погрешности в значениях коэффициентов быстрой компоненты миграции могут быть объяснены недостаточным количеством экспериментальных данных на участке с быстрым типом вертикального переноса цезия-137 (нет информации о содержании радионуклида на глубине > 25 см).

Коэффициенты вертикальной миграции цезия-137 в почвах, рассчитанные на основе квазидиффузионной модели.

Год отбора пробы	Медленная компонента миграции		Быстрая компонента миграции
	Значение коэффициента, см ² /год	Вклад компоненты, %	Значение коэффициента, см ² /год
«Крюки», дерново-подзолистая песчаная			
1989	0,13±0,03	91±2	12±2
1990	0,36±0,07	93±2	8±2
1992	0,43±0,04	94±1	10±3
«Лесок», дерново-подзолистая песчаная			
1989	0,09±0,02	93±1	10±2
1992	0,10±0,01	94±1	12±2
1995	0,19±0,02	95±1	14±7
«Ломачи», дерново-подзолистая песчаная			
1989	0,06±0,03	83±5	9±2
1990	0,11±0,04	86±4	9±2
1992	0,18±0,04	90±2	7±2
1995	0,21±0,03	91±2	8±3

Наблюдаемое изменение коэффициентов медленной миграции указывает на неадекватность модели реально протекающим в течение времени наблюдения процессам в почве. Еще один недостаток модели заключается в том, что миграция цезия-137 в почвах с высоким содержанием органического вещества не может быть корректно описана уравнением квазидиффузии.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что несмотря на недостатки, указанная модель достаточно корректно описывает вертикальное распределение цезия-137 по профилю дерново-подзолистых почв в каждом конкретном случае. Вследствие этого возможно использование коэффициентов миграции для количественного сопоставления скорости вертикального переноса радиоцезия в почвах такого типа (при условии одинакового времени, прошедшего с момента выпадения радионуклида). Прогноз же поведения цезия-137 в указанных почвах на основе описанной выше модели миграции будет недостоверным.

Литература.

1. Константинов И.Е., Скотникова О.Г., Солдаева Л.С. и др. // Почвоведение. - 1974. - №5. - С. 54-58.
2. Прохоров В.М. // Информ. бюл. Радиобиология. – 1966. - №9. - С. 46-52.
3. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. физико-химические механизмы и моделирование. М.: «Энергоиздат», 1981, 98 с.

4. Пегоев А.Н., Фридман Ш.Д.// Почвоведение. – 1978. - № 8. - С. 77-81.
5. Шагалова Э.Д., Павлоцкая Ф.И., Мазурова М.Д.// Почвоведение. – 1986. - № 10. - С. 114-121.

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ КРЫС НА ИНДУЦИРУЕМЫЕ УФ-СВЕТОМ ПОВРЕЖДЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ХРУСТАЛИКОВ ГЛАЗ ЖИВОТНЫХ

¹Василевич И.Б., ¹ Пинчук С.В., ¹ Вадецкая Т.Н., ²Климко Н.К.

¹ *Институт фотобиологии,* ² *Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. Этиология катаракты связана со свободнорадикальным окислением компонентов хрусталика [1], поэтому риск развития этого заболевания возрастает при действии на организм γ -излучения, УФ-света и других факторов, инициирующих окислительные реакции в биосистемах. В результате таких реакций в хрусталике глаза происходит снижение содержания восстановленного глутатиона, окисление липидов, аминокислотных остатков и SH-групп белков, образование хромофоров-фотосенсибилизаторов [1,2,3]. Неизбежным следствием таких изменений является нарушение функциональных свойств компонентов хрусталика и его помутнение. Особый интерес представляет изучение сочетанного действия на хрусталик нескольких повреждающих факторов, поскольку в реальной ситуации хрусталик глаза подвержен влиянию ряда неблагоприятных воздействий, что необходимо учитывать для адекватной оценки их катарактогенной активности. Целью данной работы было изучение влияния γ -облучения животных на устойчивость их хрусталиков к последующему действию УФ-света. Для этого мы исследовали УФ-индуцируемое окисление глутатиона, белков и липидов в хрусталиках, выделенных из глаз контрольных и γ -облученных животных, а также из γ -облученных *in vitro* глаз.

Материалы и методы исследований. В экспериментах использовались хрусталики глаз 8-10 месячных самцов белых беспородных крыс. Облучение животных осуществляли в двух вариантах: хроническое γ -облучение на установке «Гаммарид» в течение 78 дней в суммарной дозе 0,95 Гр; пребывание крыс в течение месяца в радиационно-загрязненном районе (территория Припятского заповедника, суммарная доза внешнего и внутреннего облучения - 1,25 Бэр). Гамма облучение глаз *in vitro* проводили на лабораторной гамма-установке для микробиологических и биохимических исследований ЛБМ- γ -1М (¹³⁷Cs), в дозе 50 Гр, при мощности дозы 6,7 Гр/мин. Изолированные хрусталики освещали излучением ртутной лампы HQ-125 в диапазоне длин волн 280-380 нм (P=65 Вт/м²), выделяемом светофильтром УФС-5. Глутатион в гомогенатах хрусталика определяли по методу Седлака, продукты перекисного окисления липидов - по

ТБК-тесту. Содержание белка в гомогенатах оценивали по методу Лоури. Спектры флуоресценции целого хрусталика измеряли с использованием флуориметра, собранного на базе двух монохроматоров МСД-1. Хрусталик фиксировали у передней стенки кварцевой кюветы тефлоновой пластиной.

Результаты и их обсуждение. Ионизирующая радиация обладает высокой активностью в инициации окислительных реакций в хрусталиках. Величина радиационно-индуцируемых повреждений определяется дозой, мощностью дозы облучения и временем после воздействия [2]. Хроническое облучение животных (1 Гр) не вызывает значительных изменений в хрусталиках, выделенных из глаз крыс на 10 сутки после воздействия: отмечается лишь некоторое увеличение (на 5-10%) интенсивности флуоресценции в видимой области спектра и содержания восстановленного глутатиона по сравнению с хрусталиками контрольных животных. Достоверных различий в содержании сульфгидрильных групп белков и ТБК-активных продуктов окисления липидов не выявлено (табл.).

Таблица.

Интенсивность флуоресценции ($I_{\text{фл}}$, отн. ед.; $\lambda_{\text{возб}}=365$ нм, $\lambda_{\text{рег}}=435$ нм), содержание восстановленного глутатиона ([Г-SH], нмоль/мг белка), сульфгидрильных групп белков ([SH-гр.], нмоль/мг белка) и ТБК-активных продуктов ([ТБК-пр.], отн.ед.) в хрусталиках глаз контрольных (1,2), подвергнутых хроническому облучению в дозе 1 Гр (3,4) животных, а также в хрусталиках глаз облученных *in vitro* в дозе 50 Гр (5,6). В образцах 2,4,6 изолированные хрусталики перед измерением подвергали УФ-освещению (30 мин).

Параметры	1	2	3	4	5	6
	Конт.	Конт.+УФ	1 Гр	1 Гр+УФ	50 Гр	50 Гр+УФ
$I_{\text{фл}}$	1,0±0,02	1,40±0,04	1,07±0,03	1,70±0,07	0,95±0,03	1,50±0,08
[Г-SH]	8,0±0,1	6,60±0,15	8,6±0,2	5,3±0,2	7,0±0,2	4,2±0,3
[SH-гр.]	90±3	87±4	89±2	84±2	89±3	83±2
[ТБК-пр.]	1,0±0,1	1,2±0,2	1,1±0,2	1,5±0,2	1,2±0,1	1,6±0,2

При освещении УФ-светом изолированных хрусталиков наблюдаются изменения содержания восстановленного глутатиона (снижение на 17%) и интенсивности флуоресценции в видимой области спектра (увеличение на 40%). Приведенные данные согласуются с имеющимися в литературе, согласно которым изменение содержания глутатиона и образование флуоресцирующих в видимой области спектра флуорофоров являются одними из наиболее чувствительных параметров, свидетельствующих о протекании процессов свободнорадикального окисления в хрусталике [1,2]. УФ-освещение хрусталиков глаз γ -облученных крыс приводит к значительно большим повреждениям их компонентов по сравнению с хрусталиками контрольных животных. Так, содержание глутатиона в хрусталиках облученных крыс после УФ-освещения снижается на 38%, а количество ТБК-продуктов увеличивается на 36%. Фотоиндуцированное увеличение

интенсивности флуоресценции в видимой области спектра также больше (58%) в хрусталиках животных, подвергнутых радиационному воздействию. В отличие от контрольных, в хрусталиках облученных животных наблюдается фотоокисление белковых SH-групп (таблица). Схожее, но менее выраженное усиление УФ-индуцируемого окисления компонентов проявляется и на хрусталиках крыс содержащихся в радиационно-загрязненном районе. Полученные данные свидетельствуют, что радиационное воздействие на организм животных приводит к снижению устойчивости хрусталиков глаз к УФ-индуцированным повреждениям. Вероятнее всего, это является следствием действия ионизирующего излучения непосредственно на хрусталик. Это подтверждается наличием увеличения фотоокисления глутатиона, накопления ТБК-продуктов и флуоресцирующих в видимой области спектра соединений в хрусталиках, выделенных из глаз, подвергнутых облучению *in vitro* (таблица).

В основе влияния радиационного воздействия на чувствительность хрусталиков к УФ-освещению может лежать несколько причин. Основной причиной, видимо, является радиационно-индуцированное снижение антиоксидантной защиты хрусталика. Об этом свидетельствует изменение содержания восстановленного глутатиона в хрусталиках облученных животных по сравнению с контрольными. Увеличение содержания глутатиона в хрусталиках облученных животных вероятнее всего связано с компенсаторным синтезом антиоксиданта в ответ на окислительный стресс, а снижение в хрусталиках облученных *in vitro* глаз – с радиационно-индуцированным окислением. Кроме того, мы обнаружили, что фотоиндуцированное снижение содержания восстановленного глутатиона и накопление ТБК-продуктов в хрусталиках γ -облученных животных значительно уменьшается в присутствии 50 мкМ экзогенного α -токоферола. Усиление фотоповреждений компонентов хрусталика может быть также связано с радиационно-индуцированными конформационными изменениями биомолекул, поскольку свободнорадикальные процессы являются конформационно-зависимыми.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о выраженном увеличении УФ-индуцированных повреждений компонентов хрусталиков глаз крыс после радиационного воздействия как на целый организм животного, так и в системе *in vitro*. Следует отметить, что и радиационно- и фотоиндуцируемые повреждения компонентов хрусталиков усиливаются в присутствии техногенных загрязнителей окружающей среды, в частности галогенорганических соединений [2,3]. Это может являться одной из причин роста катаракт у жителей радиационно-загрязненных районов республики [4].

Литература.

1. Владимиров Ю.А., Азизова О.А., Деев А.И. и др. //Итоги науки и техники. Сер. Биофизика.- 1991.- Т.29.- 249с.

2. Шуканова Н.А., Пинчук С.В., Вадецкая Т.Н., Воробей А.В. //Сб.: Биологически активные соединения в регуляции метаболического гомеостаза: Материалы междунар. науч. конф..-Гродно:ГрГУ, 2000.- Ч.2, с.309-313.
3. Пинчук С.В., Воробей А.В. //Сб.: Материалы Третьего съезда фото-биологов России. Воронеж, 2001 г., С.159-160.
4. Бирич Т.А., Чекина Ю.А., Марченко Л.Н., Иванова В.Ф. // Тезисы докладов междунар. науч. конф. «Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивного загрязнения среды». Минск.- 1998.- с.17.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ПАРАМЕТРЫ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТКАНЕЙ

Вернер А.И., Коваль А.Н., Сергеенко С.М., Голуб Г.В.,
Шишкин А.Г.*, Адамчиков А.В.**

*Гомельский государственный медицинский институт,
*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
**Институт леса НАН Беларуси. (г. Гомель).*

Введение. Известно, что во время аварии на ЧАЭС произошел выброс продуктов ядерного деления, среди которых важное значение в радиоактивном заражении местности имеют долгоживущие изотопы цезия [1]. С 1991 г. темп снижения суммарной плотности загрязнения почвы год от года уменьшался. По мере распада короткоживущих ^{144}Ce и ^{106}Ru основную роль в загрязнении стал играть ^{137}Cs . Другой долгоживущий радионуклид ^{90}Sr хотя и обнаруживается за пределами 30-км зоны, однако в значительно меньших количествах, чем цезий. Соотношение между ^{90}Sr и ^{137}Cs по мере удаления от ЧАЭС постепенно увеличивается и за пределами 30-км зоны составляет более 10 [2].

Обзор литературы по данному вопросу показывает, что до сих пор изучение внутреннего облучения человека и животных ^{137}Cs проводилось с химическими соединениями последнего, в то время как население, проживающее на загрязнённых территориях, получает дозовую нагрузку большей частью за счёт инкорпорации радиоцезия, поступающего из пищевых продуктов. На это указывают клинико-эпидемиологические данные в зонах периодического радиационного контроля, свидетельствующие о снижении индекса здоровья популяции и росте заболеваний различных нозологических групп (А.Е. Океанов, 1996-2000г.), формировании феномена антропо-экологического утомления (В.П. Казначеев, 1999г.).

Как известно, грибы обладают высокими коэффициентами перехода радионуклидов из почвы в тело миксомицета, однако в интерпретации

дальнейшей пищевой цепочки в силу различия методических подходов у исследовательских групп имеются серьезные разночтения [4].

Цель проведенных радиобиологических экспериментов - изучение динамики накопления в организме белых крыс радионуклидов ^{137}Cs , содержащихся в сушеных грибах с удельной активностью по исследуемому радионуклиду 1300 кБк/кг и поиск реперных маркеров воздействия последнего (в концепции сверхмалых доз, предложенной проф. Е.Б. Бурлаковой).

Материалы и методы исследований. Инкорпорацию ^{137}Cs моделировали путем скармливания грибов самцам беспородных белых крыс в течение 7, 24 и 60 суток, что привело к накоплению в организме животных радионуклида цезия в количестве 1250, 1500 (60-суточное поступление), 10 000 и 17 000 (60-суточное поступление) Бк/кг соответственно. Проведенная реконструкция полученной дозы составила для 7 сут – 21 мкЗв, для 24 сут – исследования не проведены, для 60 сут – 169 мкЗв и 1942 мкЗв. Контрольная группа животных получала стандартный рацион вивария.

Анализ кривых накопления выявил зависимость накопленной активности от продолжительности инкорпорации, которая описывалась уравнением – $Y=948,6\text{Ln}(x)-313,36$ (программа Statistica).

В подопытных группах животных исследовали параметры митохондриального окисления фрагментов миокарда, скелетной мускулатуры, печени и почек полярографическим методом с использованием закрытого платинового электрода Кларка (А.И. Грицук, 1995).

Результаты и их обсуждение. При краткосрочном поступлении ^{137}Cs до уровня удельной активности животных 1250 Бк/кг (21 мкЗв) происходило увеличение скорости дыхания на эндогенных субстратах в ткани миокарда на 65% и в скелетных мышцах на 40%. Этот же параметр в ткани печени уменьшился на 20%. Более длительное поступление ^{137}Cs в организм до удельной активности животных 1500 Бк/кг (169 мкЗв) сопровождалось уменьшением эндогенного дыхания миокарда на 21%. При удельной активности животных 17000 Бк/кг произошло уменьшение эндогенного дыхания миокарда на 19% при некотором возрастании на 17% в скелетных мышцах.

Изучение интенсивности эндогенного дыхания, а также примененный ингибиторный анализ убедительно показали наличие разобщения в системе окислительного фосфорилирования (ОФ), что позволяет объяснить механизм усиления дыхательной активности митохондрий миокарда животных. Выявленное разобщение ОФ в кардиомиоцитах, по нашему мнению, является для части описываемой популяции одним из кардинальных признаков митохондриальной стадии апоптоза, выступающего в данном случае не столько исключительным негативным фактором, но и выполняющим адаптивную функцию, избавляя клетки от избытка радиационноиндуцированных активных форм кислорода.

Поиск маркеров раннего повреждения малыми и сверхмалыми дозами и интенсивностями (как при внешнем облучении, так и при инкорпорации) в условиях влияния и других отягчающих факторов (гипокинезия, гипертермия, интоксикации различной природы и т.д.) требуют совершенно иного методологического подхода с применением нетривиальных высокочувствительных методов. Незначительные успехи в этом направлении уже есть, что нашло отражение в ряде публикаций В.Г. Петина и соавт. (1999). Нам представляется возможным использовать фрактальный подход, значимость которого в фундаментальной кардиологии уже была отмечена А.Л. Goldberger (1987, 1988). Сокращение резерва частот клеточного ритма, в частности белкового синтеза (крайне энергоемкого по своему характеру), при различной патологии сердца можно оценивать по различным параметрам. В опубликованных исследованиях Л.Л. Литинской и соавт. [3] и V.Y. Brodsky et al. [5] были изучены ритм рН и АТФ, однако тесных корреляций выявлено не было. Тем не менее, поиск других внутриклеточных пейсмекеров должен быть продолжен.

Полученные данные подтверждают высокую чувствительность показателей тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования тканей (G. Nadson et al. (1926), Ю.В. Евтодиенко и соавт. (2000) и др.) к действию такого антропогенного фактора как ^{137}Cs , что позволяет использовать их как маркеры ранних повреждений при сверхмалом радиационном воздействии.

Литература.

1. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справ. изд. под ред. В. А. Филова. - Л.: Энергоатомиздат, 1990.- С. 63- 69.
2. Лес. Человек. Чернобыль / Под общ. ред. акад. НАНБ В.А. Ипатьева. - Гомель, 1999. - 454 с.
3. Литинская Л.Л., Векслер А.М., Нечаева Н.В. и соавт. // Цитология. - 1982. - Т. 24. - С. 1215-1222.
4. Осанов Д.П., Лихтарев И.А. Дозиметрия излучений инкорпорированных радиоактивных веществ. - М.: Атомиздат, 1977. - 199 с.
5. Brodsky V.Y., Nechaeva N.V., Zvezdina N.D. et al. // Cell. Biol. Intern. - 2000. - V. 24. - P. 211-222.

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ДЕСТРУКЦИИ ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ АМИНОКИСЛОТ В РАЗБАВЛЕННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Врублевская О.Н.

Научно-исследовательский институт физико-химических проблем БГУ, г. Минск

Введение. Исключительная важность аминокислот (АК) и их производных в процессах метаболизма сделала их предметом многочисленных исследований специалистов, работающих в различных областях естествознания, в том числе и радиобиологов. К настоящему времени довольно подробно изучены радиационно-иницированные превращения АК в сухом состоянии и в водных растворах [1,2], последнее особенно важно, так как содержание воды в клетках живых организмов составляет 70-75% и, следовательно, в первом приближении клетку можно считать водной системой [3]. Для большинства АК определены конечные продукты радиационно-индуцированной деструкции, установлены основные закономерности накопления продуктов радиолиза. Показано, что радиолизу всех АК, вне зависимости от их строения свойственен процесс дезаминирования. При радиолизе алифатических АК дезаминирование вносит наибольший вклад в процесс радиационно-индуцированной деструкции в сравнении с другими АК. Усложнение строения боковой цепи АК ведет к уменьшению вероятности деструкции АК за счет процесса дезаминирования. Радиолиз гидроксилсодержащих АК малоизучен, литературные данные противоречивы и не позволяют выявить влияние гидроксильной группы в боковой цепи АК на их радиационную устойчивость.

Целью данной работы являлось выяснение влияния гидроксильной группы на устойчивость АК при радиолизе в водных растворах.

Материалы и методы исследований. В работе исследовали водные растворы АК α -аланина (α -Ala) и β -аланина (β -Ala), серина (Ser), треонина (Thr) при комнатной температуре, все АК фирмы «Sigma». Растворы готовили на бидистиллированной воде, концентрация растворов АК составляла $5 \cdot 10^{-4}$ М. Растворенный кислород удаляли продувкой ампул с раствором аргоном высокой чистоты в течение 60 мин. Запаянные в ампулы образцы облучали на γ -установке с источником ^{137}Cs (мощность дозы 0,35 Гр/с). Интервал используемых доз составлял 0,1-1,1 кГр. Анализ АК и NH_3 проводили на стандартном аминокислотном анализаторе Т-339 (Mukrotechna Praha).

Результаты и их обсуждение. В таблице представлены радиационно-химические выходы разложения АК Gr и образования аммиака $\text{G}(\text{NH}_3)$ в деаэрированных разбавленных водных растворах АК. Сопоставление величин Gr и $\text{G}(\text{NH}_3)$ свидетельствует о том, что для изученных АК дезаминирование является основным процессом радиолиза. Так, для α - и

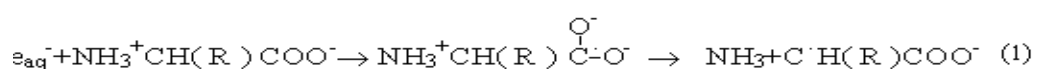
β -Ala выход образования аммиака составляет 41%, для Ser и Thr 80% от Gr. Наименьшие радиационно-химические выходы образования аммиака и разложения исходной АК получены для β -аланина.

Таблица.

Радиационно-химические выходы (молекула/100эВ) образования аммиака $G(\text{NH}_3)$ и разложения АК Gr в водных растворах АКс концентрацией $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л, в зависимости от условий облучения

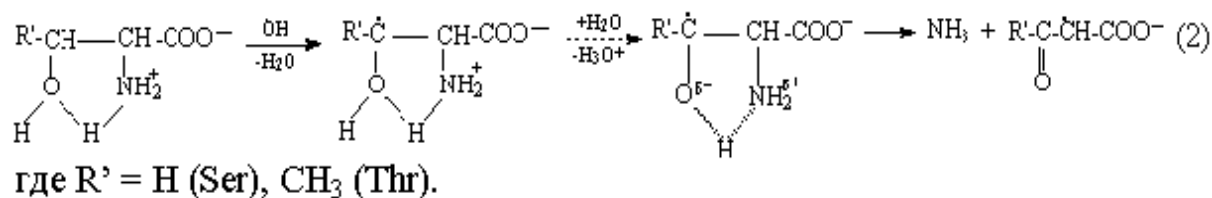
АК	Деаэрированные растворы		Растворы, насыщенные кислородом	
	Gr	$G(\text{NH}_3)$	Gr	$G(\text{NH}_3)$
β -Ala	$1,08 \pm 0,10$	$0,46 \pm 0,04$	$1,47 \pm 0,16$	$0,60 \pm 0,07$
α -Ala	$1,64 \pm 0,20$	$0,63 \pm 0,12$	$1,87 \pm 0,14$	$0,94 \pm 0,06$
Ser	$2,30 \pm 0,18$	$1,77 \pm 0,10$	$1,88 \pm 0,21$	$0,85 \pm 0,15$
Thr	$2,62 \pm 0,38$	$2,08 \pm 0,20$	$2,18 \pm 0,15$	$0,70 \pm 0,07$

Как известно [1,2], элиминирование аммиака при радиоллизе АК происходит, в результате взаимодействия исходных веществ с e_{aq} и радикалом УН (восстановительное и окислительное дезаминирование). В работах [1,2] показано, что случае АК у которых аминогруппа находится в β -положении по отношению к карбоксильной группе восстановительное дезаминирование не осуществляется. Таким образом, образование аммиака при радиоллизе β -Ala осуществляется только по окислительному пути: в результате диспропорционирования радикалов $\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{CH}_2\text{COO}$ образуется имин, который гидролизуется элиминируя аммиак. В случае α -Ala Gr и $G(\text{NH}_3)$ больше, чем для β -Ala в 1,5 и в 1,4 раза соответственно. Как известно [1,2], для АК, у которых при α -углеродном атоме по отношению к карбоксильной группе находится аминогруппа, осуществляется восстановительное дезаминирование и увеличение выходов образования аммиака и разложения исходной АК в α -Ala связано именно с реализацией реакции:



Как свидетельствуют приведенные в табл. 1 данные, Gr для Ser и Thr больше, чем для α -Ala, в 1,4 и 1,6 раза соответственно, выход образования NH_3 для Ser в 2,8 раза, а для Thr в 3,3 раза выше, чем для α -Ala. Увеличение выходов разложения Ser и Thr обусловлено, главным образом, интенсификацией процесса дезаминирования. По-видимому, наличие в АК гидроксильных групп обуславливает возможность существования дополнительного пути дезаминирования гидроксилсодержащих АК при их радиоллизе. Известно [4], что распад радикальных интермедиатов ряда бифункциональных соединений, имеющих в функциональных группах подвижные атомы водорода, в том числе и аминспиртов, осуществляется по гомолитическому механизму с одновременным разрывом двух вицинальных по отношению к радикальному центру связей через пятичленное цик-

лическое переходное состояние. Данные, представленные в работе [5], свидетельствуют, что изначально молекулы Ser и Thr находятся в замкнутой конформации, закрепленной водородной связью, с учетом этого факта и по аналогии с аминспиртами, дезаминирование Ser и Thr в водных растворах, вероятно, идет по реакции:



Эффективность процесса радиационно-индуцированного разложения АК зависит от ряда факторов: концентрации облучаемого раствора, pH, присутствия кислорода и других акцепторов радикальных продуктов радиолитического разложения воды. Анализ приведенных в таблице 1 данных показывает, что в случае α - и β -аланина как Gr, так и G(NH₃), в присутствии кислорода больше, чем в деаэрированных растворах. В случае гидроксилсодержащих АК наличие O₂ в облучаемом растворе подавляет разложение АК и образование аммиака, причем для α -Ala, Ser и Thr Gr и G(NH₃) становятся примерно одинаковыми. Как известно [1,2], в насыщенных кислородом растворах e_{aq}⁻ взаимодействует с растворенным кислородом, образуя неакционноспособный по отношению к АК анион-радикал O₂⁻, и в таких растворах превращения АК обусловлены, главным образом, реакциями с УН радикалом. Сопоставление Gr и G(NH₃) в насыщенных кислородом растворах для всех изученных нами АК свидетельствует о том, что в таких условиях дезаминирование вносит меньший вклад в процесс разрушения АК в сравнении с деаэрированными растворами. Так, для β -Ala G(NH₃) составляет 40% от Gr, для α -Ala – 50%, для Ser и Thr – 45% и 33% соответственно. По-видимому, подавление процесса дезаминирования Ser и Thr в насыщенных кислородом растворах связано с подавлением реакции фрагментации (2), при этом с большей вероятностью протекает процесс окисления боковой цепи АК с образованием кетоаминокислоты. Для Thr выход образования кетоаминокислоты в насыщенном кислородом растворе составил 0.5 молекула/100эВ, в деаэрированном растворе такой продукт обнаружен не был.

Таким образом, введение в боковую цепь АК гидроксильных групп уменьшает радиационную устойчивость АК за счет интенсификации процесса дезаминирования. Насыщение кислородом облучаемых растворов серина и треонина ведет к подавлению деструкции АК, поскольку мономолекулярная фрагментация, в результате которой образуется аммиак, ингибируется кислородом.

Литература.

1. Garrison W. M. Current Topics in Radiation Reseach // Ed M. Ebert and A.Howard.-N.Y.-1968.-P.48-108.
2. Von Sonntag C. The Chemical Basis of Radiation Biology // Taylor and Francis, London.- 1987.-С.489.
3. Ленинджер А.Л. Основы биохимии.- М.: Мир.-1985, 3 тома.
4. Петряев Е.П., Шадыро О.И. Радиационная химия бифункциональных органических соединений.-Минск.: Изд-во Университетское.- 1986.С.165.
5. Rauk A., Yu D., Armstrong D.A. // J. Am. Chem. Soc.-1997.-V.119.-P.208-218.

ЦЕЗИЙ-137 В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОЙМЫ Р.СОЖ

Глаз А.С.

Институт геологических наук НАН Беларуси, г.Минск

В настоящее время, особенно после аварии на Чернобыльской АЭС, большое внимание уделяется распределению в ландшафтах цезия-137 – основного радиообразующего элемента – в ряде ландшафтов Беларуси, его миграции с водным и ветровым переносами, растительностью и с инфильтрацией в почвенном покрове. При исследованиях по радиогеохимии ландшафтов особым объектом выступает речная долина. Именно она является не только основной ареной миграции радиоизотопов, но и важным геохимическим барьером. Отложения и воды речной долины несут информацию о строении, составе и процессах не только в самих долинах, но и на водосборных территориях [1,2]. Одним из таких объектов выступает пойма р.Сож. Здесь в результате чернобыльской катастрофы сформировались зоны первичного аномального и вторичного загрязнений – рассеяния от радиоактивных аномалий. Это дает уникальную возможность для изучения его миграции.

В ходе работы были обобщены результаты полевых исследований в период 1996-2000 гг. и охватили долину Сожа от границы Беларуси до впадения в р.Днепр. Отбор проб осуществлялся по наиболее представительным местам, с учетом фациальных условий речного осадконакопления и пойменного почвообразования. Отбирались наилки, дернина, гумусовый и нижележащие горизонты почв, донные осадки реки и стариц. Замеры Cs-137 производились на приборе РУГ-91М «Адани».

В пределах долины р. Сож выделяются аномальные зоны первичного радиоактивного загрязнения в районе д.Веприн, г.п.Корма – дд.Струмень, Себровичи, г.Ветка, от которых потоки рассеяния радиоизотопа имеют различный характер.

Распределение радиоизотопа в пойме обусловлено сносом с радиоактивных аномалий, процессами вторичного перераспределения материала русловыми и паводковыми водами. За время, прошедшее после аварии, основная концентрация радиоизотопа по-прежнему приурочена к верхним почвенным горизонтам. Основное содержание радиоцезия приходится на луговую дернину и гумусовый горизонт с резким снижением его концентрации вниз по почвенному разрезу. Глубина миграции изотопа зависит от мощности дернины, состава слагающих пород и особенностей инфильтрации вод. Так, для прирусловой поймы Cs-137 отмечается на глубинах до 0,4-0,5 м, что обусловлено активным инфильтрационным режимом, слабым развитием дернины и маломощным гумусовым горизонтом; на центральной пойме, из-за плотной луговой дернины, мощного гумусового и иллювиального горизонтов, ослабленной инфильтрации вод – лишь до глубин 0,1-0,2 м.

На рассматриваемой территории цезий-137 находится в основном в фиксированной форме [3,4]. Процесс вертикальной миграции радиоизотопа связан с переносом в составе мелкодисперсных нерастворимых частиц, находившихся в радиоактивных выпадениях до попадания в почву, или образовавшихся при взаимодействии выпавших радионуклидов с компонентами почвенного комплекса. В песчаных и супесчаных отложениях отмечается вклад обменной формы.

Рассматривая геохимические барьеры для Cs-137 в пойменных отложениях, можно сказать, что исходным барьером в основном выступают наилковые осадки, геохимические барьерные свойства которых формируются в период переноса речной взвеси, ее садки и погребения наилка. Наилки являются источником для аккумуляции изотопа в пойменных растениях, гумусовом горизонте почв, в торфяных массивах поймы [5].

Характеризуя пространственное распределение радиоизотопа в прирусловой, центральной и прибортовой пойме, следует учитывать особенности его миграции: в прирусловой пойме отмечается его интенсивный привнос и вынос, преобладание в дернине (A_0) относительно гумусового горизонта (A_1); для центральной поймы характерен относительно слабый промывной режим, заглубление изотопа и концентрации в гумусовом горизонте, нередко накопление связано с первичным выпадением; в прибортовой пойме содержание Cs-137 зависит от уровня паводковых вод, геоморфологии земной поверхности, уровня радиоактивности на прилегающих водосборных территориях. Необходимо учитывать гидрологический режим, состав аллювия и другие условия в каждом отдельном случае.

В верхнем течении Сожа поведение Cs-137 связано с влиянием Вепринской радиоактивной аномалии, где характерна ситуация, когда радиоактивные осадки перекрываются речным материалом с территории, не подвергшейся чернобыльскому загрязнению. Здесь отмечаются небольшие значения Cs-137 на центральной пойме ($A_0 - 11,9 \cdot 10^{-9}$ и $A_1 - 14,9 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг)

и минимальные на прирусловой (A_0 – не обн. и $A_1 = 0,5 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг) относительно прибортовой ($A_0 = 73,8 \cdot 10^{-9}$ и $A_1 = 2,4 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг) поймы. На пойме близ д.Веприн концентрации Cs-137 остаются высокими $(166-491) \cdot 10^{-9}$ Ки/кг.

В среднем течении р.Сож пересекает Кормянскую (Струменскую) аномалию, где отмечается максимальное содержание радиоцезия на центральной пойме ($A_0 = 678,0 \cdot 10^{-9}$ и $A_1 = 761,0 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг) и далее постепенное снижение содержания радиоизотопа по мере удаления от аномалии. Для притеррасной поймы такое снижение менее выражено. В прирусловой пойме прослеживается некоторое нивелирование содержания Cs-137 в луговой дернине и гумусовом горизонте почв.

В пределах влияния Ветковской радиоактивной аномалии максимальные значения Cs-137 приурочены к центральной пойме ($A_0 = 248,0 \cdot 10^{-9}$ и $A_1 = 274,3 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг) и прибортовой (255,1 и 26,2 соответственно). Прирусловая пойма имеет хорошую промываемость и низкие содержания радиоизотопа ($A_0 = 21,4 \cdot 10^{-9}$ и $A_1 = 22,2 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг). Отмечается снос Cs-137 с указанной аномалии на участок ниже по течению, который фактически слабо или не подвергся первичному загрязнению. Содержание изотопа близ аномалии в дернине – $21,4 \cdot 10^{-9}$, в гумусовом горизонте – $22,2 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг, а для территории ниже по течению – 33,6 и 13,4 соответственно. Для центральной поймы этот показатель составляет $248,0 \cdot 10^{-9}$ и $274,3 \cdot 10^{-9}$ в первом случае и $9,9 \cdot 10^{-9}$ и $2,0 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг во втором случае.

Выявлены следующие особенности распределения Cs-137 на пойме: приуроченность его высоких или повышенных концентраций к илам стариц; к понижениям рельефа центральной, притеррасной и прирусловой поймы; тенденция роста концентраций в илах стариц по направлению к действующему руслу; зависимость от фазы паводка; самоочищения пойменных участков, где накапливаются радиоизотопы, идет медленно. Эти закономерности имеют значение для эколого-радиогеохимической оценки поймы и ведения мониторинговых наблюдений: выделение старичных водоемов, как наиболее действенных аккумуляторов-ловушек радиоизотопов; учет понижений в рельефе, как накопителей наилок.

Таким образом, распределение Cs-137 в пойме р.Сож подчинено следующим закономерностям и особенностям: а) изотоп находится в основном в фиксированной форме с максимальным накоплением в луговой дернине и гумусовым горизонте; б) минимальные значения концентраций приурочены к прирусловой пойме вне зависимости от близости аномальной зоны; в) повышенные значения приурочены к центральной пойме, особенно в местах первичного чернобыльского загрязнения; г) отмечается перекрытие радиоактивных осадков менее радиоактивными, а также снос радиоизотопов и вторичное накопление на территории низовьев Сожа. Вышеописанные материалы используются для эколого-радиогеохимической оценки и районирования сожской долины, имеют

значение в решении задач безопасного проживания населения и оптимального природопользования на радиоактивно загрязненных территориях.

Литература.

1. Кузнецов В.А. Радиогеохимия речных долин. – 1997. – 332 с.
2. Кузнецов В.А., Генералова В.А., Оношко М.П. и др. Техногенные радиоактивные изотопы в ландшафтах Беларуси. – 2000. – 192 с.
3. Петряев Е.П., Овсянникова С.В., Любкина И.Я., Рубинчик С.Я. // Весці АН БССР. Сер. фіз.-энерг. навук. – 1990. – № 4. – С.65-69.
4. Петряев Е.П., Овсянникова С.В., Рубинчик С.Я. и др. // Весці АН БССР. Сер. фіз.-энерг. навук. – 1990. - № 4. – С.48-55.
5. Кузнецов В.А. // Літасфера. – 1998. - № 8. – С.27-33.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Горецкая Н.А, Котова Е.В.

Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова

Введение. Согласно клиническим и эпидемиологическим исследованиям, проведенным в последнее время, в РБ наблюдается значительное увеличение заболеваемости различными нозологиями среди населения, проживающего в районах с неблагоприятными экологическими условиями, усугубленными радионуклидным загрязнением. Экологическая ситуация, сложившаяся в Республике после аварии на ЧАЭС, характеризуется отрицательным влиянием на становление и реализацию репродуктивной функции в различные возрастные периоды [1].

Дети и подростки будут составлять основную часть репродуктивного населения Беларуси первой половины 21-го века. В связи с этим, особую тревогу вызывает их состояние здоровья как группы риска, у которой эндокринная система наиболее чувствительна к неблагоприятным воздействиям окружающей среды и обеспечивает координацию функциональных блоков организма в их реакции на внешнее воздействие. Анализ ее состояния представляет актуальный и прогностический интерес.

Подростки 14-15 лет, проживающие на территориях, загрязненных радионуклидами, испытали в пренатальный либо в постнатальный периоды влияние выпадения ^{131}I , что могло послужить причиной возникновения изменений в состоянии эндокринной системы. Длительное проживание в условиях хронического воздействия малых доз радиации может привести к

изменениям функционального состояния стресс-модулирующих систем организма и быть причиной отдаленных клинических последствий.

Одним из проявлений стрессорной реакции организма является усиленный синтез и секреция адренокортикотропного гормона (АКТГ), содержание которого в период стрессорной реакции постоянно поддерживается выше нормы и стимулирует синтез кортизола [2].

Изучение отдельных звеньев эндокринной системы: гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС), осуществлялось путем измерения концентраций АКТГ и кортизола в сыворотке крови.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования были подростки из г. Чечерска Гомельской области (загрязнение по ^{137}Cs 7×10^{10} Бк/м²) и из г. Гродно (промышленный центр, загрязнение по ^{137}Cs отсутствует). Для выявления вклада радиационного фактора в развитие отклонений функционирования эндокринной системы в качестве контролей были выбраны подростки из г. Гродно, проживающие на территории лесопарка Волы, что позволило исключить влияние техногенного загрязнения промышленного центра на состояние здоровья исследуемых подростков.

Проведенный анализ корреляционной зависимости между содержанием АКТГ и кортизола в крови и возрастом исследуемых подростков выявил слабую связь (коэффициент корреляции 0,2-0,3) поэтому подростки 8–14 лет не дробились на более мелкие возрастные группы.

Таблица

Концентрация гормонов АКТГ и кортизола в сыворотке крови подростков, проживающих в различных экологических условиях РБ ($S \pm p$)

	г. Гродно		г. Чечерск	
	девочки	мальчики	девочки	мальчики
Кортизол нмоль/л	677,1±170,0 n=15	685,0±137,7 n=10	976,2±257,8 n=15	998,4±272,5 n=10
АКТГ пг/л	122,8±61,9 n=15	119,9±46,0 n=10	53,3±19,2 n=15	59,3±20,5 n=10
кортизол/ АКТГ	7,3±3,7	6,3±1,8	19,6±5,7*	17,7±3,3*

Примечание: *- достоверность различий по сравнению с контролем ($P < 0,05$).

Скрининг клинических тестов на содержание кортизола в сыворотке крови, представленных в таблице, выявил тенденцию к увеличению уровня этого гормона у подростков г. Чечерск независимо от пола, что могло быть вызвано естественной реакцией организма на повышение секреции АКТГ вследствие проживания в условиях постоянного стрессорного воздействия на загрязненных территориях. Поэтому для всех групп подростков был проведен анализ уровня АКТГ, который является гормоном, отвечающим за регуляцию стероидогенеза.

Концентрация АКТГ в крови подростков, проживающих в г. Чечерск, оказалась ниже почти в 2 раза по сравнению с исследуемым гормо-

ном у подростков из г. Гродно, но достоверных различий не выявлено из-за широких индивидуальных разбросов и, как следствие, большой средней ошибки. Для более глубокой и однозначной интерпретации полученных данных нами был использован метод дискриминантного анализа.

Применение дискриминантного анализа по диагностическому комплексу двух показателей (кортизол, АКТГ) позволило обнаружить достаточно выраженные различия в состоянии ГГНС у подростков из г. Чечерск и г. Гродно. Обнаружены достоверные различия в сторону увеличения (диагностическая специфичность=0.98, диагностическая чувствительность=0.97) концентрации по комплексу изучаемых показателей у мальчиков и соответственно (диагностическая специфичность=0.94, диагностическая чувствительность = 0.84) у девочек, проживающих в г. Чечерск по сравнению с комплексом показателей у подростков из г. Гродно.

Учитывая тенденции изменения изучаемых гормонов, для всех исследуемых групп был также рассчитан коэффициент кортизол/АКТГ, который показывает количественное выражение дисбаланса ГГНС у подростков, проживающих на загрязненной территории [3]. Как видно из таблицы, достоверные различия значений коэффициента кортизол/АКТГ обнаружены у всех подростков 8-14 лет из г. Чечерск (мальчики и девочки) по сравнению со значениями коэффициента для детей из г. Гродно.

Полученные результаты могут свидетельствовать о неадекватном ответе стероидпродуцирующих тканей на гормональные сигналы, стимулированные неспецифическим стрессорным воздействием. Устойчивый дисбаланс гормонов при длительном воздействии стрессорных факторов может быть источником ряда патологических процессов. Длительное проживание в условиях хронического воздействия малых доз радиации может привести к изменениям функционального состояния стрессомодулирующих систем организма и быть причиной отдаленных клинических последствий воздействия ионизирующего излучения.

Литература.

1. Лосева Г.Д., Крюкова А.А., Фурс С.Л., Лавриненко Г.В.// Здравоохранение. – 1996. - №8. С.10-14.
2. Балаболкин М.И.// Эндокринология.- М.:Медицина.- 1989.
3. Петренко С.В, Зайцев В.А., Дудинская Р.А. //В кн. «Научно-практические аспекты здоровья населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях».- 1991.- Минск.- С.114-115.

ЛИПОПОЛИСАХАРИД *E. COLI* МОДУЛИРУЕТ ЭФФЕКТЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА МЕХАНИЗМЫ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОГО БАЛАНСА В ПЕЧЕНИ БЕЛЫХ КРЫС

Давыдовский А.Г.

Институт физиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. Характер процессов свободно-радикального перекисного окисления липидов (ПОЛ) и состояние механизмов антиоксидантной системы (АОС) играют важную роль в реализации клеточных, тканевых и системных биоэффектов техногенных электромагнитных полей (ЭМП) [1]. Длительное влияние техногенных ЭМП на организм человека и животных часто провоцирует развитие вялотекущих бактериальных инфекций, интенсификацию ПОЛ, дисбаланс антиоксидантных механизмов в различных тканях и органах. Часто складывается ситуация, когда техногенные ЭМП воздействуют на организм на фоне вялотекущего хронического воспалительного процесса, вызванного бактериальной инфекцией. Липополисахариды (ЛПС), являющиеся компонентами стенок бактериальных клеток, инициируют развитие воспалительной реакции и острофазного ответа, гиперпродукцию провоспалительных цитокинов, модифицирующих биологические эффекты ионизирующей радиации. Можно предположить, что бактериальные ЛПС способны оказывать модулирующие влияния при действии ЭМП и других неионизирующих излучений. Значительный интерес вызывает роль бактериальных ЛПС в модификации влияния промышленных ЭМП на процессы ПОЛ и функциональную активность АОС в печени, которая имеет важнейшее значение для поддержания системного прооксидантно-антиоксидантного баланса (ПАБ) организма [2]. В связи с этим предпринято исследование показателей ПОЛ и АОС в печени белых крыс при комбинированном длительном воздействии ЭМП и ЛПС *E. coli*.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено в условиях натурального эксперимента с использованием 4-х групп экспериментальных животных: 1) - контроль, 2) - ЛПС, 3) - ЭМП, 4) – (ЭМП + ЛПС). Экспериментальные животные (белые беспородные крысы-самцы, n = 8) в течение по 4 часа ежедневно, пять дней в неделю, на протяжении одного месяца подвергались воздействию ЭМП, генерируемых высоковольтной линией электропередач и характеризующихся индукцией от 800 до 1200 нТ. Ежедневно однократно накануне экспозиции к ЭМП животным внутрибрюшинно вводили ЛПС *E. coli* по 25 мкг/кг. В конце эксперимента животных забивали декапитацией. Методом дифференциального центрифугирования выделяли митохондриальную и постмитохондриальную фракции печени, в которых определяли содержание продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-РП), окисляемость липи-

дов по накоплению ТБК-РП при индуцированном Fe^{2+} -аскорбат-зависимом ПОЛ [3], резерв липидов для перекисного окисления [4], каталазную активность [5] и содержание общих сульфгидрильных групп (SH-групп). Белок определяли по методу Лоури.

Результаты и их обсуждение. Многократное введение ЛПС *E.coli* вызывает снижение интенсивности ПОЛ на 11,1% и каталазной активности на 25,3 % при повышении содержания общих SH-групп на 36,6%. Тогда как для длительного воздействия ЭМП выявлена тенденция к снижению интенсивности ПОЛ на 18,1% ($P>0,05$), а окисляемости липидов в системе индуцированного ПОЛ - на 34,6% и РЛПО - на 51% в постмитохондриальной фракции печени. При этом активность каталазы снижается на 37,2%, но на 51,2% возрастает концентрация общих SH-групп (таблица). Таким образом, как хроническое введение ЛПС *E. coli*, так и длительное воздействие промышленных ЭМП сопровождается снижением каталазной активности при значительном возрастании содержания общих SH-групп в постмитохондриальной фракции печени. По-видимому, под влиянием ЭМП происходит изменение липидного состава постмитохондриальной фракции печени в сторону преобладания липидов, более резистентных к ПОЛ, таких как фосфатидилхолин, сфингомиелин, холестерин, кардиолипин [2].

Хроническое введение ЛПС *E. coli* вызывает увеличение окисляемости липидов на 53,8% при возрастании РЛПО на 38%, а также увеличение каталазной активности на 23,1% при снижении содержания общих SH-групп на 57,5% в митохондриальной фракции печени. В то же время, длительное воздействие ЭМП стимулирует спонтанное ПОЛ на 87,7% и повышает окисляемость липидов на 181,2% при снижении РЛПО на 36% . При этом каталазная активность возрастает на 46,5%, а уровень общих SH-групп - на 47,3% . Комбинированное воздействие ЛПС *E. coli* и техногенных ЭМП приводит к повышению интенсивности спонтанного ПОЛ на 30,2%, а окисляемости липидов - на 68,1% в митохондриальной фракции печени. При этом происходит снижение РЛПО на 34,7% и уровня общих SH-групп на 48,2% на фоне повышения каталазной активности на 44,9% (таблица).

Установлено, что длительное введение ЛПС *E. coli* потенцирует эффект ЭМП, повышая уровень общих SH-групп в постмитохондриальной фракции на 87,8% при снижении их содержания в митохондриальной фракции печени на 48,2%.

Анализ полученных результатов указывает на модифицирующее влияние ЛПС *E. coli* на процессы ПОЛ и механизмы АОС в печени в условиях длительного воздействия техногенных ЭМП.

Таблица.

Состояние ПОЛ и компонентов АОС в митохондриальной и постмитохондриальной фракциях печени белых крыс.

Экспериментальные группы (n = 8)	Спонтанное ПОЛ, ТБК-РП (пкмоль/мг белка)	Индуцированное ПОЛ, ТБК-РП (пкмоль/мг белка)	Резерв липидов для перекисного окисления (РЛПО)	Активность каталазы (мкмоль H ₂ O ₂ /мин/мг белка)	Общие SH-группы (мкмоль/мг белка)
Постмитохондриальная фракция					
1.	171 ± 52	272 ± 48	0,728±0.082	293±35	4,1±0,5
2.	152 ± 11	256 ± 15	0,688±0,017	219±27*	5,6±0,6*
3.	140 ± 37	178 ± 58	0,357±0,093*	184±18**	6,2±0,17**
4.	197 ± 16	340 ± 43	0,715±0.025	245±16	7,7±0,33*
Митохондриальная фракция					
1.	709±56	850±52	0,242±0,068	381±46	3,53±0,67
2.	898±156	1307±123*	0,150±0,038	469±82	1,5±0,27*
3.	1331±182*	2390±216**	0,155±0,063	558±41*	5,2±0,27*
4.	923±89*	1429±150*	0,158±0,025	552±32*	1,83±0,17*

Примечание: * - P>0,05; ** - P>0,01.

При этом наблюдается существенное повышение каталазной активности и концентрации общих SH-групп в митохондриальной фракции печени. Экспериментальные данные свидетельствуют, что ЭМП при изолированном и совместном с ЛПС *E. coli* воздействии оказывают противоположные влияния на интенсивность ПОЛ, окисляемость липидов, РЛПО и каталазную активность в митохондриальной и постмитохондриальной фракциях печени. Кроме того, по-видимому, прооксидантные и антиоксидантные механизмы в различных компартментах клеток печени характеризуются различной направленностью изменений под влиянием внешних техногенных ЭМП.

Выводы.

1) Длительное введение ЛПС *E. coli* в дозе 25 мкг/кг модифицирует эффекты ЭМП на процессы ПОЛ и механизмы АОС в печени, способствует нормализации системного ПАБ организма.

2) Прооксидантные и антиоксидантные механизмы митохондрий печени высокочувствительны к воздействию ЭМП.

3) ЭМП оказывают разнонаправленные эффекты на активность ПОЛ и каталазную активность в митохондриальной и постмитохондриальной фракциях печени.

Литература.

1. Lacy-Hulbert A., Metcalf J.C., Hesketh R. // The FASEB Journal. – 1998. – Vol. 12. – P. 395 – 420.
2. Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Гуревич С.М. и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. - 1996. - Том 36, Вып. 4. – С. 610 – 631.
3. Drapper H.H., Squires E.J., Mahmoodi H., Wu J., Agarwal S., Hadley M.W. // Free Radic. Biol. Med. - 1993. - Vol. 15. N 2. - P. 353- 363.
4. Давыдовский А.Г. // Сборник статей конференции «Функциональная роль монооксида азота и пуринов», Минск, 13 – 14 сентября 2001 г. Мн., Бизнесофсет. 2001 – С. 48 – 51.
5. Aebi H. // Meth. Enzymology. - 1984. - Vol.5. N1. - P. 121-126.

РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА НЕРВНУЮ ТКАНЬ (ГИПОТЕЗА)

Давыдовский А.Г.

Институт физиологии НАН Беларуси, Минск

Амплитудно-модулированные электромагнитные и магнитные поля (ЭМП, МП) в зависимости от частоты, индукции и продолжительности воздействия модулируют биоритмы головного мозга, процессы восприятия, кратковременной и долговременной памяти, механизмы эмоциональных реакций, формирования условных рефлексов, обучения, нейромедиаторной регуляции. ЭМП и МП регулируют пролиферацию, дифференцировку, апоптоз клеток нервной ткани у млекопитающих. Импульсные ЭМП частотой 50 – 60 Гц при кратковременном воздействии способны активировать, а при продолжительном воздействии – угнетать холинергические, дофаминергические и серотонинергические нейромедиаторные системы головного мозга у высших млекопитающих [1].

В то же время антиоксиданты (АО) – ловушки свободных радикалов - блокируют биоэффекты ЭМП радиочастотного диапазона [2]. В присутствии L-аргинина (донора NO) и NADPH₂ скорость продукции cGMP возрастает от 21-22 нмоль/мин/г ткани (контроль) до 25-26 нмоль/мин/г ткани (ЭМП-облучение) в образцах гомогенатов мозжечка крыс. Отмена NADPH₂ и L-аргинина, внесение EDTA, метиленового синего (ингибитора гуанилатциклазы) или ингибитора NO-синтазы N^G-метил-L-аргинин или метиловый эфир N(ω)-нитро-L-аргинина вызывает снижение скорости продукции cGMP до уровня 6, 7, 10 - 12, 5 - 9 нмоль/мин/г ткани, соответственно. При этом любые экспозиции ЭМП (10 МГц) не влияют на продукцию cGMP [3]. Эти факты указывают на участие свободно-

радикальных форм кислорода (АФК) и азота (АФА) в реализации биоэффектов ЭМП радиочастотного диапазона в ткани головного мозга.

Можно предположить, что АФК и АФА, такие как $O_2^{\cdot-}$, 1O_2 , H_2O_2 , NO^{\cdot} , $ONOO^-$, $HOCl$, играют сигнально-регуляторную роль в клетках нервной ткани при действии ЭМП и МП. Возможно, вклад различных свободно-радикальных АФК и АФА в конечный биоэффект ЭМП и МП зависит от их частоты, интенсивности и продолжительности действия. Особую роль в регуляции структурно-функциональных свойств клеточных мембран и мембранозависимых белков могут играть процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) и липидно-радикальные циклы (ЛРЦ), протекающие в клеточных мембранах с участием металлов переменной валентности (Fe, Cu, Mn), а также Zn и сопровождающиеся образованием свободных липидных (L \cdot), липоксильных (LO \cdot) и липиднопероксильных (LOO \cdot) радикалов [4]. При этом АО (тиоредоксин, α -токоферол, Zn $^{2+}$ -содержащие препараты N-ацетилцистеин, восстановленный глутатион (GSH) глутатион-S-трансферазы (ГТ), глутатионпероксидазы (ГП), супероксиддисмутазы (СОД), каталаза и различные ловушки свободных радикалов), блокируют биоэффекты ЭМП и МП в нервной ткани. Возможно, эффекты АО зависят от их дозы и характеристик воздействующих ЭМП и МП.

Кроме того, ЭМП и МП могут передавать свою энергию как непосредственно, так и опосредовано через свободно-радикальные механизмы на электронно-энергетические системы птеридинзависимых Fe $^{2+}$ -содержащих монооксигеназ, катализирующих гидроксилирование фенилаланина, тирозина и триптофана с образованием, а также Cu $^{2+}$ -содержащего фермента – дофамин- β -гидроксилазы, моноаминоксидаз, осуществляющих биосинтез и распад промежуточных и конечных молекулярных факторов моноаминергической регуляции в ткани головного мозга. Кроме того, металлопротеины - цитохром P450-зависимые монооксигеназы, цитохромы a, a3, c, c1, b, b5 и флавопротеины, электронно-транспортных систем (ЭТС) митохондрий и эндоплазматического ретикулума и других органоидов, а также NO-синтаза и нитрит-редуктаза, Mn- и Cu,Zn-зависимые СОД и, возможно, селенопротеины ГТ, ГП, другие ферменты цикла метаболизма GSH участвуют в продукции и детоксикации свободных радикалов, обеспечивая ПОЛ в мембранах и окислительную модификацию мембранозависимых и внутриклеточных белков, а также редокс-контроль функционально-метаболического состояния клеток нервной ткани.

Таким образом, свободно-радикальные АФК, АФА и интермедиаты ЛРЦ образуют универсальный молекулярный динамический механизм преобразования энергии ЭМП и МП в энергию молекулярных перестроек в клеточных мембранах и молекулах мембранозависимых белков – рецепторов, ферментов, ионных каналов и компонентов внутриклеточной сиг-

нальной трансдукции, многие из которых являются редокс- и пероксили-пид-зависимыми в клетках нервной ткани. К ним, в частности относятся: биосинтез, качественный и количественный состав нейромедиаторов (моноаминов) в синаптических везикулах; контролируемые цАМР-, цГМР-, кальций/кальмодулин-зависимая, а также α -, β_1 -, β_2 -, γ -, δ -, η -, μ -, θ -изоформы протеинкиназ семейства С, тирозинкиназы, тирозинфосфатазы, которые фосфорилируют GABA_A-, GABA_B- и GABA_C-рецепторы в ткани головного мозга; синаптическая передача и функции синаптических везикул (захват и сохранение нейротрансмиттера, взаимодействие с цитоскелетом, стыковка и Ca²⁺-зависимое слияние синаптических везикул с преинаптической мембраной); структурно-функциональные свойства белков синаптических везикул – синапсина, синоптофизина I (p38-I) и II (p38-II) и белков синаптосекретосомных комплексов; формирование лиганд-рецепторных комплексов; мембранная проницаемость, трансмембранный перенос ионов Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, трансмембранный потенциал митохондрий ($\Delta\Psi$); активация факторов генной транскрипции AP-1 и группы NF- κ B/Rel, контролирующей экспрессию генов раннего ответа c-fos, c-myc, c-jun, c-ras, а также антиоксидантных ферментов Cu,Zn- и Mn-зависимых СОД, металлотioneинов, матриксных металлопротеаз, предшественника β -амилоидного белка, пресинелинов-1 и -2, провоспалительных цитокинов TNF- α , IL-6, интерлейкинов семейства IL-1 и TGF семейства β ; активность каспаз 1,2,3,4,5,6,8,9 и 10, Ca²⁺/Mg²⁺-эндонуклеаз и поли-(АДФ-рибозил)-полимеразы, контролирующей каскад событий апоптоза; регуляция баланса экспрессии проапоптотических белков Fas (APO1, CD95), bax, bad, bcl-X, ced-2, Apof-1 и антиапоптотических: bcl-2, bcl-X-L, ced-9, p53, а также p21, 14-3-3 σ , KILLER/DR5, p85, PI3K, циклина G, PAG608; функционирование электронтранспортных систем митохондрий и эндоплазматического ретикулума, гликолиз и окислительное фосфорилирование. Низкоинтенсивные ЭМП стимулируют тирозиновую протеинкиназу ВТК из Src-семейства, которая активирует фосфолипазу-C γ 2 (PL-C γ 2).

Таким образом, в качестве дополнения к трем основным физико-химическим теориям взаимодействия ЭМП и МП с молекулярно-клеточными структурами - ионной, мембранной и дипольной - может быть предложена гипотеза свободно-радикального механизма реализации биоэффектов ЭМП и МП в нервной ткани. Согласно ей, ЭМП и МП способны изменять:

(а) интенсивность и направленность реакций, протекающих через стадию переноса электрона ион-радикальных и свободно-радикальных процессов ПОЛ и ЛРЦ путем переориентации спинов свободных радикалов, уже присутствующих в клетках [1];

(б) электронно-энергетические характеристики металлов переменной валентности (Cu, Fe, Mn, Zn) в свободной форме и, как следствие, их реакционную способность в Фентоновских реакциях распада H_2O_2 и LOOH, а также в подобной им реакции декомпозиции пероксинитрита $ONOO^-$;

(в) функциональную активность ЭТС митохондрий и других органоидов [4] путем модификации квантово-электронных свойств металл-зависимых белков – цитохромов, гидроксидаз, флавопротеинов, NO-синтаз и нитрит-редуктаз, Mn-зависимой и Cu, Zn-зависимой СОД, селенопротеинов ГТ, ГП и других.

Такие изменения сопровождаются альтерациями продукции свободно-радикальных АФК и АФА, ПОЛ и окислительной модификации белков, изменениями физико-химических свойств клеточных мембран и функционально-метаболических свойств клеток нервной ткани.

Литература.

1. Lacy-Hulbert A., Metcalf J.C., Hesketh R. // The FASEB Journal. – 1998. – Vol. 12. – P. 395 – 420.
2. Lai H., Singh N.P. // Bioelectromagnetics. – 1997. – Vol.18, N6. – P. 446-454
3. Miura M., Takayama K., Okada J. // J. Physiol. – 1993. – Vol. 461. –P. 513-524.
4. Дмитриев Л.Ф. // Биологические мембраны. – 2000. – Том. 17, N 5. – С. 519 – 530.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МОДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИГРАЦИИ ^{137}CS В ТИПИЧНЫХ ПОЧВАХ

Дорожок И.Н.

Институт радиобиологии НАНБ

Построение реалистических прогнозов доз облучения населения и переноса радионуклидов из почвы в растения требует знания динамики миграционного поведения радионуклидов в почве. При этом интерес представляет не только изменение со временем средней скорости миграции радионуклида в почвенном профиле, но также и динамика скорости очищения различных слоев почвы, среди которых наиболее важными являются верхние слои, дающие основной вклад в формирование дозы облучения и перенос радионуклидов в растения. Отметим, что изменение миграции радионуклидов может быть связано, в частности, с изменением соотношения их физико-химических форм в слоях почвы, обусловленным взаимодействием частиц радиоактивных выпадений с почвенным комплексом.

В этой связи в настоящей работе в рамках однопараметрической квазидиффузионной модели выполнялся анализ данных за 1989-1998гг. по распределению ^{137}Cs в почвенном профиле шести реперов, расположенных на территории Полесского государственного радиэкологического заповедника (ПГРЗ): Крюки, Лесок (дерново-подзолистая почва), Нежихов-1(дерновая почва), Кулажин, Радин(торфяно-глеявая почва) и Нежихов-2(торфяно-болотная почва).

Согласно результатам, средние за рассматриваемый период значения коэффициента диффузии $D_{\text{ср}}$ для реперов Крюки, Лесок, Нежихов-1, Кулажин, Радин, Нежихов-2 равняется 0,33; 0,3; 0,21; 3,69; 1,13; 3,20 $\text{см}^2/\text{год}$, соответственно. Среднеквадратичное отклонение коэффициентов диффузии D , рассчитанных на основании распределений ^{137}Cs в дерновых и торфяных почвах, составляет 0,23 и 1,21, соответственно.

Проведенный анализ поведения коэффициента диффузии D показывает отсутствие статистически значимого изменения его значений для дерновых почв за рассматриваемые годы. Для торфяных почв результаты показывают тенденцию к уменьшению значений величины D с течением времени. Наиболее сильное уменьшение коэффициента диффузии наблюдается для репера Кулажин, статистическая значимость полученного результата составляет $\sim 0,05$. Для реперов Радин и Нежихов-2 наблюдаемая тенденция к уменьшению D проявляется менее явно.

С использованием полученных средних значений коэффициента диффузии проведены прогностические расчеты распределения ^{137}Cs в почвенном профиле рассматриваемых реперов. Результаты показывают, что на торфяных почвах к 2006г. относительное содержание ^{137}Cs в слое 0-5см уменьшится по сравнению с последним годом измерений в среднем на 34%; на дерновых почвах, уменьшение составит $\sim 7\%$.

Учитывая наблюдаемую тенденцию в поведении коэффициента диффузии для торфяных почв, были проведены расчеты распределения ^{137}Cs в почвенном профиле в предположении изменения D с течением времени. Результаты показывают, что наибольшее различие между прогнозами, рассчитанными при использовании постоянного и переменного коэффициента диффузии, ожидается для репера Кулажин($\sim 20\%$), где наблюдается самая высокая скорость миграции.

Помимо динамики коэффициента диффузии, проведен анализ изменения со временем параметров камерной модели (КМ), широко используемой для описания переноса радионуклидов по звеньям пищевой цепи [1]. В рамках КМ миграция радионуклидов в почве определяется коэффициентами перехода: $K_N = (\ln 2) \times (V_N / \Delta X_N)$, где ΔX_N – толщина слоя, а V_N – скорость очищения от радионуклидов.

Согласно результату, величина V_N для ^{137}Cs увеличивается с глубиной слоя, что согласуется с данными, полученными в [2]. Характер изменения скорости миграции ^{137}Cs с глубиной отличается для дерновых и тор-

фяных почв. В частности, для дерновых почв скорость миграции увеличивается с глубиной. В случае торфяных почв, в распределении скорости по глубине проявляется максимум. Наблюдаемое различие скорости миграции ^{137}Cs в почвенных слоях, расположенных на разной глубине, становится менее выраженным со временем. Результаты расчетов миграции ^{137}Cs свидетельствуют об изменении с течением времени параметров K_N камерной модели, характеризующих скорость очищения слоев рассматриваемых почв от ^{137}Cs , что требует учета при проведении прогностических расчетов.

Литература.

1. Гусев Н.В., Беляев В.А.// Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник.-1986.
2. Кнатько В.А., Скоморохов А.Г., Котович А.М.// Доклады НАНБ.-1993.- т.37, №6.-С.74-78.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЛИМФОЦИТАХ СЕЛЕЗЕНКИ САМЦОВ МЫШЕЙ И ИХ ПОТОМСТВА.

А.Л. Елаков, А.Н. Осипов, П.В. Пучков, В.Д. Сыпин

Московское государственное предприятие - объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды (МосНПО «Радон»).

Введение. Активное влияние человека на окружающую среду приводит к тому, что все большие территории подвергаются различным, в том числе и радиоактивным, загрязнениям. Действие радиационного фактора индуцирует образование свободных радикалов в различных органах и тканях организма, в том числе, в клетках иммунной системы. Свободные радикалы обладают высоким окислительным потенциалом, и вызывают повреждения биологических макромолекул (нуклеиновые кислоты, белки и т.д.). Защиту клеток от повреждающего действия свободных радикалов обеспечивают две антиоксидантные системы: ферментативная (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза и т. д.) и не ферментативная (глутатион, витамин Е и др.) [1]. Оценить общее состояние антиоксидантных систем в клетках можно по их чувствительности к дополнительному воздействию перекиси водорода, которая в присутствии ионов металлов переменной валентности образует свободные радикалы, индуцирующие возникновение односторонних разрывов ДНК [2].

Мы исследовали общее состояние антиоксидантной системы в лимфоцитах селезенки самцов мышей, подвергавшихся воздействию хро-

нического низкоинтенсивного гамма-излучения, а также первого поколения их потомков.

Материалы и методы исследований. Мышей-самцов линии СВА/лас, начиная с возраста семь недель, облучали на установке УОГ-1 (источник ^{137}Cs с мощностью дозы 1,7 мГр/сут) в течение года. На 40-е, 80-е, 120-е, 210-е и 365-е сутки декапитировали по 10 мышей из опытной и контрольной группы, после чего извлекали селезенки. Суммарные дозы в эти сроки составили 6,8 сГр, 13,6 сГр, 20,4 сГр, 35,7 сГр и 63,5 сГр, соответственно. От мышей-самцов, облученных в течение года, и не облученных самок линии BALB было получено потомство. По достижении возраста 6 месяцев, потомков также декапитировали и извлекали селезенки.

Суспензию клеток селезенки в фосфатно-солевом буфере (10 мМ фосфатный буфер, рН 7,4, содержащий 0,14 М NaCl, 2,7 мМ KCl) в концентрации $1 \cdot 10^7$ кл/мл инкубировали с H_2O_2 (0,5 мМ/л или 5 мМ/л) в течение 30 мин при температуре 37°C . Концентрацию клеток подсчитывали в камере Горяева. Уровень ОР ДНК оценивали методом детергентного осаждения [3], модифицированным для определения ДНК на флуориметрическом анализаторе FL-2110 фирмы «Solar» (Беларусь).

Статистическую обработку результатов измерений проводили с использованием t-критерия Стьюдента. Образцы проб от каждого животного обрабатывались отдельно. Результаты исследований повреждений ДНК представлены как средние для группы животных \pm ошибка измерения.

Результаты и их обсуждение. Было отмечено, что уровень ОР ДНК в лимфоцитах селезенки мышей-самцов как облученной, так и контрольной группы в течение года претерпевает незначительные изменения (Рис. 1). С возрастом прослеживается некоторое снижение уровня ОР ДНК. Аналогичное снижение наблюдается в опытной группе на 40-е сутки облучения.

Также показано, что на 40-е сутки эксперимента у облученных мышей отмечается повышение чувствительности лимфоцитов селезенки к воздействию перекиси водорода. Вероятно, это обусловлено истощением антиоксидантной системы в данных клетках. К 80 суткам различия в реакции спленоцитов контрольной и опытной групп начинают снижаться. Уровень H_2O_2 -индуцированных ОР ДНК в лимфоцитах животных опытной группы, был незначительно выше соответствующих значений контрольной группы. Дальнейшее облучение животных, по всей видимости, приводит к восстановлению и активизации защитных систем лимфоцитов селезенки и/или увеличению пула клеток с высоким антиокислительным потенциалом, что выражается в снижении чувствительности лимфоцитов облученных мышей к воздействию H_2O_2 после 120 суток облучения (20,4 сГр).

Исследование первого поколения потомков, полученных от облученных самцов мышей, показало, что они сохраняют пониженную чувстви-

тельность к воздействию перекиси водорода по сравнению с контрольными животными (Рис. 2).

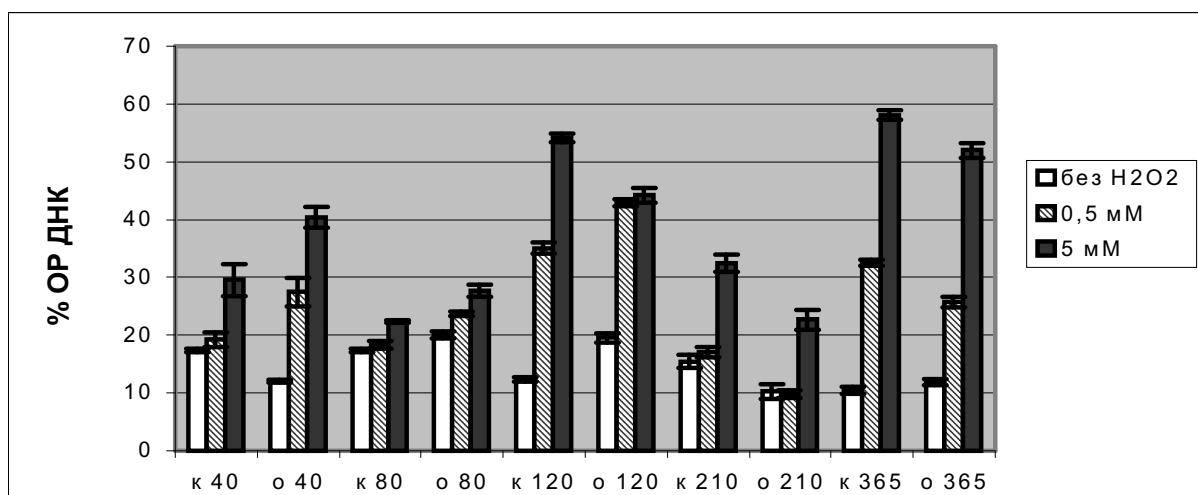


Рис. 1. Чувствительность лимфоцитов селезенки хронически облученных самцов мышей к воздействию перекиси водорода. (к - контроль; о - облученные)

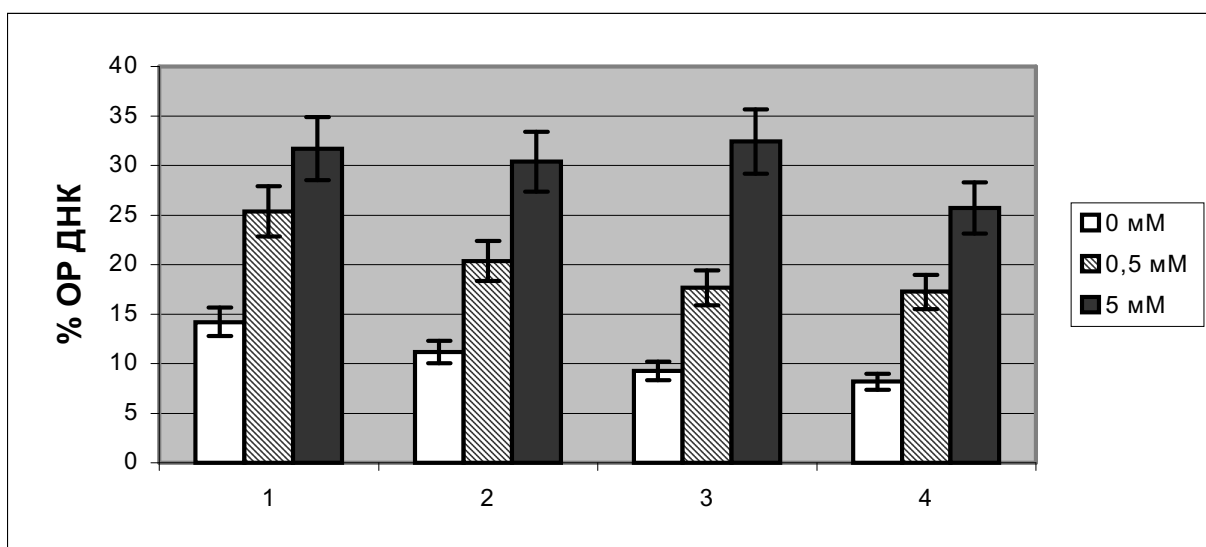


Рис. 2. % ОР ДНК у потомков облученных самцов мышей при дополнительном воздействии H₂O₂. (1-контроль самки; 2-опыт самки; 3-контроль самцы; 4-опыт самцы).

Таким образом, наши исследования показали, что воздействие длительного низкоинтенсивного гамма-излучения *in vivo* приводит к активации антиокислительных систем в лимфоцитах селезенки мышей-самцов, выражающейся в снижении чувствительности этих клеток к воздействию перекиси водорода. Повышенная активность антиоксидантных систем в лимфоцитах селезенки сохраняется и у потомства облученных самцов мышей.

Литература.

1. Болдырев А.А.// Природа-1998. № 3. С. 26-34.
2. Imlay J.A. and Linn S.// Science.-1988.- V. 240. P. 1302-1309.
3. Olive P. L.// Environ. Mol. Mutagen. 1988.-V.11, 487-495.

ИММУНОАДАПТОГЕННЫЕ ФИТОКОМПЛЕКСЫ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АТОМНОЙ АВАРИИ

Ефремова И.Н.

Белорусский государственный медицинский университет

Введение. Одной из концепций этиопатогенетического механизма нарушений в состоянии здоровья населения, пострадавшего от аварии на ЧАЭС, является концепция хронического дезадаптационного стресса [4]. В настоящее время свой вклад в сохранение высокого уровня стрессогенной ситуации вносят социально-экономические факторы, когнитивный диссонанс, хроническое радиоактивное облучение в малых дозах с сочетанием с другими биологическими экзогенными факторами [1]. В этом аспекте весьма актуальной является разработка эффективных средств, повышающих неспецифическую резистентность организма к широкому кругу неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды. Компонентами средств подобного назначения могут быть адаптогенные препараты растительного происхождения — женьшень, солодка и эхинацея, обладающие ценными взаимодополняющими свойствами — актопротекторным и антистрессорным, иммуностимулирующим и цитопротекторным [2]. Целью данной работы являлось сравнительное изучение воздействия фитопрепаратов на неспецифический и специфический иммуногенез, а также оценка эффективности их комбинированного применения.

Материалы и методы исследований. Влияние препаратов на иммунологическую реактивность оценивали в опытах на донорской крови (*in vitro*) и мышцах (*in vivo*) по тестам стимуляции фагоцитарной активности нейтрофилов (поглощение *St. aureus*) [3]; клеточности селезенки и продукции антителообразующих клеток (АОК) в селезенке при иммунизации мышей эритроцитами барана (10^8) [5].

Результаты и их обсуждение. Дозировка препаратов и полученные результаты представлены в таблице. Установлено, что изучаемые фитопрепараты в диапазоне концентраций 3-3000 мг/л достоверно увеличивают в 1,2-1,5 раза по сравнению с контролем показатели поглотительной и переваривающей активности нейтрофилов *in vitro* по отношению к *St. aureus*, обладая примерно равным стимулирующим действием на интенсивность фагоцитарных процессов. Данный эффект препаратов носит дозозависимый характер — постепенно возрастает, достигая максимума у эхинацеи и солодки в концентрации 1000 мг/л, у женьшеня — 300 мг/л, и при дальнейшем повышении концентраций вырождается. Характерно, что максимальное увеличение поглотительной активности нейтрофилов (+ 37-54% от контрольного уровня) под влиянием тестируемых фитопрепаратов на-

блюдается в группе доноров с исходно низким и средним процентами нейтрофилов, участвующих в захвате микробных тел.

Таблица.

Индексы стимуляции показателей клеточности селезенки (КС), фагоцитарной активности (ФА) и продукции антителообразующих клеток (АОК) у мышей при введении фитопрепаратов женьшеня (Ж), эхинацеи (Э), солодки (С) и их комбинаций

Препарат	Доза, мг/кг	КС	ФА	АОК
Женьшень	25	1,25	2,67	1,37
То же	50	1,23	1,83	1,68
-«-	100	1,07	1,33	1,27
Эхинацея	30	1,5	3,0	1,4
То же	100	1,45	2,0	1,67
-«-	300	1,05	1,0	1,06
Солодка	3	1,41	—	1,46
То же	10	1,38	2,0	1,78
-«-	30	1,25	2,0	1,46
-«-	100	—	1,0	—
Ж+Э+С	25+30+3	1,52	—	1,56
То же	25+30+10	—	4,0	—
-«-	50+100+10	1,66	—	2,48
-«-	50+100+30	—	3,17	—
-«-	100+300+30	1,42	—	1,43
-«-	100+300+100	—	2,67	—

Сочетанное применение женьшеня, эхинацеи и солодки в концентрациях 50+100+10 и 100+300+30 мг/л соответственно обеспечивает в 1,3-1,7 раза более сильную стимуляцию фагоцитарной активности нейтрофилов, чем каждый отдельный компонент комбинации в максимально эффективной концентрации. Примечательно, что активирующее фагоцитоз действие фитокомплекса ослабевает с повышением дозировки его составляющих.

Изучение фагоцитоза *in vivo* показало, что фитопрепараты в испытанном интервале доз при систематическом введении мышам достоверно по сравнению с контролем увеличивают фагоцитарную активность нейтрофилов: солодка — в 2 раза, женьшень — в 1,3-2,7 раза, эхинацея — в 2-3 раза. Характерно, что с повышением дозировки вышеназванное действие препаратов вырождается. В популяции мышей можно выделить две примерно равные группы: слабореагирующих и сильнореагирующих на стимулирующее фагоцитоз действие фитопрепаратов.

Комбинация женьшеня, эхинацеи и солодки в дозах соответственно низкого, среднего и высокого уровней обеспечивает стабильное повышение поглотительной активности нейтрофилов в 2,7-4 раза по сравнению с контролем, что, как правило, превышает эффект любой дозы фитопрепаратов при их изолированном применении. Отмечено также, что все животные в популяции одинаково высоко отвечают на активирующее фагоцитарные процессы действие комбинации.

Изучение влияния фитопрепаратов на специфическую иммунореактивность установило, что фитопрепараты в испытанном интервале доз значительно увеличивают абсолютное и относительное содержание ядерных клеток: женьшень — на 22-25%, эхинацея на 45-48%, солодка — на 36-39%. Характерно при этом, что в максимальных испытанных дозах женьшень и эхинацея по этому критерию действуют слабее, чем в более низких дозировках, а эффект солодки по меньшей мере не возрастает.

Комбинирование фитопрепаратов в дозах соответственно низкого, среднего и высокого уровня обеспечивает стабильное повышение клеточности селезенки на 42-66%, при этом действие комбинаций, как правило, превышало эффект любой дозы препаратов изученного диапазона при их изолированном введении.

Выявлено, что женьшень, эхинацея и солодка обладают выраженным стимулирующим влиянием на тимусзависимый иммунный ответ у мышей, оцениваемый по общему накоплению АОК в селезенке. Наиболее эффективны при этом дозы препаратов среднего уровня, повышающие созревание АОК в селезенке в 1,8-1,9 раза. В меньших и особенно в высших из испытанных доз эффективность препаратов существенно ниже.

Комбинация фитопрепаратов оказывала более выраженный иммуностимулирующий эффект, чем их изолированное введение в любой исследованной дозе. Наибольший выход АОК (в 2,7 раза больше, чем в контроле) давало сочетание препаратов в дозах среднего уровня, которое обеспечивало в 1,5 раза большее повышение иммунного ответа, чем любой отдельный компонент в оптимальной дозе.

Результаты исследований показывают, что сочетание иммуноадаптогенных фитопрепаратов женьшеня, солодки и эхинацеи может обеспечить более высокую иммуностимулирующую активность, которая недостижима при их изолированном применении, что свидетельствует о перспективности создания адьювантных фитокомплексов для стимуляции специфического и неспецифического иммунитета, которые могут быть использованы в зонах, пострадавших от Чернобыльской аварии.

Литература.

1. Гелда А.П. // *Здравоохранение*. — 1998. — № 4. — С. 33-35.
2. Дубовик Б.В., Курченков А.С., Романовский Д.И. и др. // *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы 5 Межд. съезда, Санкт-Петербург-Петродворец, 5-7 июля 2001 г.* — Санкт-Петербург, 2001. — С. 217-220.
3. Новиков Д.К., Новикова В.И. *Клеточные методы иммунодиагностики*. — Минск: Беларусь, 1979. — С. 180-183.
4. *Последствия Чернобыльской аварии для здоровья*. — ВОЗ, Женева, 1996.
5. Cunningham A.J. // *Nature*. — 1965. — Vol. 207. — P. 1106-1107.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ДЕРЕВНИ ЖИДЧЕ ПИНСКОГО РАЙОНА

Жегалик И.Г.

*Пинский консультативно-диагностический центр Комчёрнобыля,
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. Картина трагической ситуации, сложившейся в Республике Беларусь после аварии на Чернобыльской атомной электростанции, включает и катастрофический рост заболеваний щитовидной железы у лиц разного возраста. Факт поражения эндокринной системы, ставший аксиомой для происшествий, сопровождающихся возрастанием радиационного фона, детально анализировался на научных, общественных и политических форумах самого разнообразного уровня. Помимо констатации фактической ситуации актуален анализ причин, ведущих к столь пролонгированному возрастанию дисфункций щитовидной железы у детей, родившихся через несколько лет после катастрофы на атомной электростанции. Известно, что период полураспада радиоактивного йода равен восьми суткам, а десятикратный период полураспада приводит к полному исчезновению радиоактивности этого элемента.

Итак, продолжительность действия на живую природу короткоживущих радиоактивных изотопов (например, йода-131) распространяется, примерно, на 80 дней, т.е., около трех месяцев. Следовательно, объяснить возникновение дисфункций щитовидной железы у детей, родившихся через полгода или более после катастрофического выброса радиоактивных элементов в окружающую среду, только действием радиоактивного йода – невозможно. Необходимо принимать во внимание множество других триггерных факторов, например, наследственную предрасположенность, йоддефицитную эндемию, общее ухудшение экологической обстановки, действие стрессовых факторов, патогенетическую роль радиоактивных элементов с более длительным периодом полураспада, способных влиять на морфо-функциональные особенности щитовидной железы (например, Cs-137) и т.д. [1-3]. Анализ комплексного действия этих факторов затруднен вследствие сложного модулирующего влияния каждого фактора на другой, неизбежного недоучета иных экологически неблагоприятных факторов и функционального состояния реципиента, недостатка опыта в трактовке полученных данных, уникальности катастрофической ситуации, сложившейся в районах с нетрадиционно повышенным радиационным фоном, недостатком финансовых средств для компьютерной обработки, анализа и объективной трактовки полученных фактов.

Для формирования конкретного представления об особенностях функций щитовидной железы у детей, проживающих на загрязненных ра-

дионуклидами территориях в небольших населенных пунктах Белорусского Полесья, была выбрана деревня Жидче Пинского района.

Материалы и методы исследований. В январе 2002 года проведено соноскопическое исследование щитовидной железы у детей и подростков, проживающих в деревне Жидче Пинского района. Для диагностики использовались ультразвуковые системы фирмы Aloka Co. Ltd. (Япония). К моменту обследования плотность радиоактивного загрязнения в этом населенном пункте по Cs-137 составила 1-5 Ки/км². В качестве объекта наблюдения выбрали всех детей и подростков деревни Жидче с датой рождения от 1984 до 1997 года. Итак, скрининговому обследованию было подвергнуто 145 детей и подростков, проживающих с момента рождения в населенном пункте, входящем в состав йоддефицитных регионов Республики Беларусь (т.е. фактор дефицита йода присутствовал в этом регионе и до Чернобыльской катастрофы) и испытывающих с апреля 1996 года действие нового экстремального фактора для живых систем – радиационного воздействия, возникшего в надпороговых дозировках внезапно и действующего непредсказуемо (по крайней мере, в аспекте выброса и утечки радиоактивных элементов из поврежденного реактора).

Результаты и их обсуждение. Из 145 обследованных детей и подростков отклонений от нормы не было выявлено у 56 человек. У 51-го человека обнаружен зуб 1а степени, а у 37-и – зуб 1б степени. Лишь у одного подростка, родившегося через два года после аварии на АЭС (в 1988 году) обнаружен узловой зуб. Последний аспект, несмотря на кажущийся небольшой процент патологии, весьма важен для прогноза последствий для населения аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Известно, что пик заболеваемости раком щитовидной железы переместился в подростковый и юношеский возраст. Заболевание поражает тех, кто в апреле 1986 года был ребенком.

К 1996 году имелись данные о наличии рака щитовидной железы у 1105 пациентов, чей возраст на момент аварии был до 18 лет [1]. Обращает внимание крайне высокий уровень заболеваемости раком щитовидной железы в Республике Беларусь, России и Украине (100-1000/1 млн. детей), в то время как в других странах мира фиксируется уровень заболеваемости 0.2-5.0/1млн. детей в год [3]. Заболеваемость раком щитовидной железы у детей в возрасте 5-9 лет на момент установления диагноза регистрировалась с 1990 по 1995 г. Максимальный подъем заболеваемости детей в возрасте 10-14 лет пришелся на 1994 г.

Весьма информативным оказался сравнительный анализ результатов ультразвукового обследования детей и подростков деревни Жидче, год рождения которых был датирован с 1984 по 1997. Среди подростков, рожденных в 1984 и 1985 гг., диффузный зуб первой степени был обнаружен в 67% случаев. Итак, у детей, испытавших радиационное воздействие в 1986 году в возрасте один-два года, фактически в двух третях случаев выявля-

лась грубая патология щитовидной железы. У подростков, рожденных в 1986 и 1987 гг., в 50% случаев обнаружен диффузный зоб 1а и 1б степени, а у тех, которые были рождены в 1988 году – в 64% случаев выявлялась патология щитовидной железы (включая в одном случае узловой зоб). Затем у подростков, рожденных в период с 1989 по 1991 гг., обнаруживалось резкое увеличение частоты выявления диффузного зоба первой степени (составлявшее от 75 до 91% у лиц, родившихся после аварии на АЭС через три-пять лет). Процент выявления диффузного зоба у детей, родившихся в 1992-1997 гг., прогрессивно снижался, достигая 50% случаев в 1995 году, 40% случаев в 1996 году и 25% случаев в 1997 году.

Обращало внимание возрастание процента выявления диффузного зоба у детей, родившихся в 1994 году, до 87%. Этот факт требует осторожной трактовки и объективного анализа с учетом дополнительной выборки обследуемых, исследования волнообразных периодичностей в возникновении дисфункций щитовидной железы, изучения возможностей нового поступления радиоактивных элементов из невыясненных источников, принятия во внимание влияний иных неблагоприятных экологических факторов и т.д. Нельзя не учитывать также функциональное состояние женщин в период беременности, особенно тех, которые подверглись радиационному воздействию и стрессу непосредственно в апреле 1986 года. В этом случае повторная беременность в 1993-1994 гг. могла привести к рождению детей, имеющих наследственную предрасположенность к возникновению различных аномалий, в том числе, и к развитию аномальных форм клеток щитовидной железы.

Таким образом, проведенное ультразвуковое исследование щитовидной железы у детей и подростков разного возраста, проживающих в одном и том же населенном с момента рождения (деревня Жидче, Пинского района), вновь подтвердило закономерную связь между возникновением дисфункций щитовидной железы и неблагоприятной экологической обстановкой (резко ухудшившейся, в частности, в деревне Жидче в связи с загрязнением окружающей среды радиоактивными выбросами). Анализ результатов обследования показал, что наибольший процент выявления диффузного зоба в деревне Жидче, Пинского района приходится на детей и подростков, родившихся через два-пять лет после аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Автор выражает благодарность профессору В.А. Кульчицкому за помощь в обсуждении полученных результатов.

Исследование выполнено в инициативной форме в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Изучение влияния на организм человека и животных природных и техногенных факторов окружающей среды (Экология и адаптация)» на 2001-2005 гг.

Литература.

1. Демидчик Е.П., Цыб А.Ф., Лушников Е.Ф. // Рак щитовидной железы. Мн., 1996.
2. Ломать Л.Н., Неумержицкий В.А., Малахова И.В., Карницкий Г.Г., Гальбурт Г.Н., Кулинка В.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. - 2000. - №1. С.12-28.
3. Van Middlesworth L., Handl J. // Health Phys. - 1997. - V.77, N4. P. 647-650.

РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ У ДЕВУШЕК, ПРОЖИВАВШИХ В РАЙОНАХ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Жидкович Е.В.

Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина, Брест

Введение. Для оценки адаптации организма к малым дозам радиоактивного облучения, а также с целью раннего выявления отклонений физиологических функций от нормы важнейшим является изучение состояния регуляторных механизмов. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что под воздействием низкоинтенсивных ионизирующих излучений наступают изменения регуляции состояния сердечно-сосудистой системы, в частности уменьшаются ответные реакции сердца и сосудов на стимуляцию β -адренергических рецепторов и повышаются на активацию α -адренорецепторов [1], а также снижаются возможности М-холинергической регуляции кровообращения, что ослабляет функцию центральных стресс-лимитирующих механизмов адаптации [2]. В поддержании оптимального функционирования сердца и сосудов важную роль играет вегетативная нервная система (ВНС), нарушения состояния которой выявлены у населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами [3].

Целью данной работы явилось изучение реакций сердечно-сосудистой системы и влияния на нее ВНС при выполнении функциональных проб девушками, много лет проживавшими в экологически неблагоприятных районах после аварии на Чернобыльской АЭС.

Материалы и методы исследований. Исследование выполнено на студентках-первокурсницах, которые перед поступлением в Брестский университет не проживали (контрольная группа) и более 10 лет постоянно проживали на местности с радиоактивным загрязнением по цезию-137 от 1 до 5 Кю/км² (обследуемая группа). Тонус мелких кровеносных сосудов оценивался по величинам амплитуд реоволны пальца ноги (АРП), тонус

крупных артериальных сосудов по амплитудам револны голени (АРГ). Эти показатели, а также систолическое артериальное давление (САД) и частота сердечных сокращений (ЧСС) определялись импедансометрическим методом [4] на мониторе кровенаполнения «Кентавр». С целью изучения влияния ВНС на сердечно-сосудистую систему исследовалась вариабельность сердечного ритма по показателям моды (M_o) и вариационного размаха (ΔX) межсистолических кардиоинтервалов. Исследуемые показатели определялись у студенток в состоянии покоя в горизонтальном положении, а также после перевода их с помощью поворотного стола в положение головой вниз под углом 30° к горизонту и при выполнении ортостатической пробы.

Результаты и их обсуждение. Анализ импедансометрических данных показал, что в горизонтальном положении у студенток обследуемой группы нормальный тонус мелких кровеносных сосудов, проявляющийся, по данным литературы, в значениях АРП от 60 до 120 мОм, обнаруживался только у 31,3% студенток обследуемой группы. Повышенный тонус микрососудов (АРП < 40 мОм) наблюдался у 27,5%, а пониженный тонус (АРП > 120 мОм) - у 41,2% девушек. В контрольной группе было достоверно больше, чем в обследуемой группе, студенток, имевших нормальный тонус микрососудистого русла нижних конечностей (58,9%) и меньше с пониженным (17,6%) и повышенным тонусом (23,5%) микрососудов.

Также было установлено, что в обследуемой группе студентки с нормальным тонусом магистральных кровеносных сосудов голени составляли 46,7%, с повышенным - 28,8% и с пониженным тонусом - 24,5%. В контрольной группе было существенно больше девушек, имевших нормальный тонус кровеносных сосудов голени (64,7%), и меньше с повышенным (23,5%) или пониженным тонусом (11,8%).

Выполнение ортостатической пробы приводило к значимому снижению АРП и АРГ в контрольной и в обследуемой группе, что свидетельствовало о сужении сосудов и уменьшении емкости кровеносного русла нижних конечностей. Одновременно увеличивались ЧСС и САД. Установлено, что при повышенном или пониженном тонусе сосудистого русла перевод девушек в ортоположение вызывал более значительное повышение ЧСС и САД.

Учитывая, что кровенаполнение сосудов, ЧСС и САД обусловлены работой сердца, которая подчинена нескольким механизмам регуляции, нами проведено сравнительное исследование некоторых показателей сердечного ритма, позволяющих судить о степени участия некоторых кардиорегуляторных систем у девушек, проживавших и не проживавших на местности, загрязненной радионуклидами.

Согласно литературным данным [5], значения M_o более 0,78 с свидетельствуют о преобладании холинергических воздействий на сердце, менее 0,67 с - о главенствовании адренергических влияний, в диапазоне 0,67-0,78

с - об уравновешенности гуморальных каналов регуляции. Показатели ΔX более 0,31 с свидетельствуют о преобладающем участии, 0,24 – 0,31 с – об адекватном, а менее 0,24 с – о маловыраженном участии парасимпатического отдела ВНС в регуляции ритма сердечных сокращений.

Нами обнаружены существенные различия в активности указанных регуляторных механизмов между студентами обследуемой и контрольной групп (табл.). Так, в горизонтальном положении в обследуемой группе преобладание холинергических воздействий на кардиоритм наблюдалось у 34,1% девушек, а в контрольной группе – у 84,5%. В то же время приоритет адренергических факторов регуляции отмечался у 17,1% студенток обследуемой группы и только у 2,2% в контроле. Данные о встречаемости разных уровней значений ΔX показали, что в состоянии покоя у студенток обследуемой группы реже (12,2%), чем в контроле (57,7%), наблюдалось преобладание парасимпатических влияний на кардиоритм и чаще обнаруживались симпатические эффекты.

Перевод студенток в положение головой вниз под углом 30° вызывал возрастание активности холинергических парасимпатических механизмов регуляции сердечного ритма у студенток обеих групп, но это возрастание оказалось менее значительным у девушек, длительно проживавших на местности с повышенным радиоактивным фоном. При выполнении ортостатической пробы в обследуемой группе стало значительно больше (86,6%), чем в контрольной (34,4%) девушек, у которых более активными стали адренергические механизмы регуляции.

Таблица

Распределение (в %) показателей активности регуляторных механизмов ритма сердца у студенток при выполнении функциональных проб

Серия опытов	Mo (с)			ΔX (с)		
	< 0,67	0,67-0,78	>0,78	< 0,24	0,24-0,31	>0,31
Горизонтальное положение (контрольная группа)	2,2	13,3	84,5	6,7	35,6	57,7
Горизонтальное положение (обследуемая группа)	17,1	48,8	34,1	59,8	28,0	12,2
Положение головой вниз под $<30^\circ$ к горизонту (контрольная группа)	--	2,2	97,8	17,8	36,7	45,5
Положение головой вниз под $<30^\circ$ к горизонту (обследуемая группа)	19,5	28,1	52,4	46,3	40,2	13,5
Ортостатическая проба (контрольная группа)	34,4	37,8	27,8	50,0	16,7	33,3
Ортостатическая проба (обследуемая группа)	86,6	13,4	--	67,1	17,1	15,8

Одновременно происходило уменьшение влияния парасимпатического отдела ВНС на кардиоритм и увеличение проявления симпатикотонических эффектов: в обследуемой группе у 67,1% девушек, а в контрольной

ной группе – у 50,0% студенток. После 10-минутного нахождения в вертикальном положении перевод в горизонтальное положение приводил к постепенному восстановлению значений Mo и ΔX до уровня покоя, что свидетельствовало об установлении первоначальных уровней регуляции кордиоритма у студенток обеих групп.

Таким образом, полученные нами данные показывают, что у студенток-первокурсниц, много лет проживавших в районах радионуклидного загрязнения, достоверно чаще, чем в контроле, наблюдаются отклонения от нормы тонуса кровеносных сосудов нижних конечностей. Также у них в регуляции ритма сердца в покое и при изменении положения тела в пространстве более значительную роль играют гуморальные адренергические механизмы и ослабевает влияние парасимпатического отдела ВНС.

Литература.

1. Лобанок Л.М. // Тез. докл. X съезда Белорусского общества физиологов. – Минск. – 2001. – С.92-93.
2. Сташкевич Д.Г., Сюсюкин В.А., Лобанок Л.М. // Тез. докл. X съезда Белорусского общества физиологов. – Минск. – 2001. – С.142-143.
3. Киеня А.И., Рудницкая А.С., Заика Э.М. и др. // Чернобыль: экология и здоровье. – 1996. - №1. – С.25-29.
4. Астахов А.А. // Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких. – Челябинск. – 1989.
5. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е.//Ритм сердца у спортсменов. М. 1986.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ НА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО СЕМЕННИКА НОВОРОЖДЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Жукова И.А.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. Установлено, что наиболее реактивной способностью в системе микроциркуляции обладают эндотелиальные клетки, определяющие функциональные возможности микроциркуляторного русла органов и систем. Благодаря высокой реактивности эндотелиоциты кровеносных капилляров (КК) могут служить маркерами лучевых факторов [2]. Повреждение сосудистой стенки является причиной нарушения «барьерной» функции эндотелия и патологических сдвигов в гематканевом обмене, что приводит к ухудшению трофики ткани, формированию вторичных дефектов в стенке сосудов, атрофии тканевых и органных структур, появлению очагов некробиоза [4].

В литературе вопросы, касающиеся реакции КК семенника на ионизирующее излучение (ИИ) в относительно небольших дозах в пренатальном периоде развития, изучены недостаточно полно. Цель настоящего исследования - изучить реакцию эндотелиоцитов микроциркуляторного русла семенника новорожденных крысят при воздействии однократного внешнего ИИ в дозах 0,5 и 2,0 Гр на этапе активного органогенеза.

Материалы и методы исследования. Эксперименты выполнены на крысятах 5 сут возраста, которые были подвергнуты однократному внешнему гамма-облучению на 15-е сут их эмбрионального развития. Материал исследования - семенник обрабатывали для электронномикроскопического исследования (фиксация в 2,5% р-ре глутаральдегида (рН=7,4) с последующей фиксацией в 1% р-ре четырехоксида осмия, дегидратация в спиртах восходящей крепости и заливка в эпон). Ультратонкие срезы (толщина 500-600 А°) контрастировали с применением метода двойного окрашивания 1% уранилацетатом и цитратом свинца. Изучали структуру эндотелиоцитов КК, их энергетические возможности и транспортные функции.

Результаты и их обсуждение. Так, по сравнению с контролем, при облучении в относительно небольшой дозе (0,5 Гр) отмечается тенденция к уменьшению площади поперечного сечения эндотелиоцитов КК семенника вследствие сокращения их максимального и минимального диаметров. Аналогичные изменения происходят при увеличении дозовой нагрузки до 2,0 Гр. Существенно изменяются при облучении площади сечения цитоплазмы эндотелиоцитов и их ядер. После облучения в дозе 0,5 Гр площади сечения цитоплазмы и ядра достоверно ($p < 0,001$) уменьшаются на 22% и 29% соответственно. Хроматин неравномерно распределен по всей поверхности ядра, его скопление по периферии ядра выявляется у большей части клеток. Увеличение дозовой нагрузки до 2,0 Гр приводит к достоверному ($p < 0,01$) уменьшению площади сечения ядра (на 20%). Отмечается также тенденция к уменьшению площади цитоплазмы эндотелиоцитов. Характерна реакция ядра на облучение: она проявляется в образовании глыбок хроматина, неравномерным его распределением по всему ядру и образованием инвагинаций ядерной мембраны. Подобная реакция ядра отмечена и в перицитах, сопровождающих КК.

После облучения в дозе 2,0 Гр происходит увеличение индекса цитоплазменно-ядерных отношений (ЦЯО) (на 15%), что свидетельствует о торможении синтетических и пластических процессов в клетках КК семенника. Как видно из данных приведенных в таблице, другие показатели морфометрии также изменяются.

Представляет интерес реакция на облучение органелл эндотелиоцитов, ответственных за функцию энергообеспечения (митохондрии). Эти органеллы многочисленны, имеют крупные размеры, что свидетельствует об их гипертрофии и отечности. Изменение размера митохондрий тесно связано с особенностями патологических процессов в клетке, определяю-

ших поражение этих структур [4]. Нами были обнаружены митохондрии с дезориентацией крист, а также органеллы с разрушенными кристами и образованием на их месте вакуолей. Поврежденными оказались все митохондрии, хотя и в разной степени. Значительное сокращение числа митохондрий наблюдается при облучении в дозе 2,0 Гр (на 27%) ($p < 0,01$), что подтверждает положение о зависимости степени выраженности деструктивных процессов в органеллах, от дозы облучения [1, 3].

Следует отметить, что повреждение сосудистой стенки в результате воздействия ИИ сопровождается изменением и транспортной функции эндотелиальных клеток КК. Так, общее количество микровезикул, в клетках и их численная плотность при облучении в относительно небольшой дозе 0,5 Гр, увеличены на 10% и 33% соответственно. Увеличение общего числа микровезикул происходит в основном за счет возрастания фракции базальных мембраносвязанных везикул. При увеличении дозы ИИ до 2,0 Гр общее количество микровезикул и их численная плотность мало изменяются по сравнению с контролем. При этом, однако, у части эндотелиоцитов КК семенника на свободной поверхности происходит образование ворсинчатых отростков, приводящих к деформированию просвета КК, что может вызвать в последствии ишимизацию отдельных регионов семенника. В просветах сосудов выявляются и признаки клазматоза (отщепление части цитоплазматического матрикса с последующей фрагментацией). Кроме того, при облучении в дозе 2,0 Гр наблюдается угнетение пластических процессов в эндотелиоцитах, что проявляется изменениями в структуре комплекса Гольджи, цистерн эндоплазматической сети, уменьшением числа свободных и связанных с эндоплазматической сетью рибосом.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что однократное внешнее облучение в относительно небольших дозах (0,5 Гр и 2,0 Гр) на 15-е сут пренатального развития вызывает торможение в развитии КК семенника новорожденных крысят, а также изменение структуры эндотелиоцитов, их транспортной и энергетической функций. Описанные изменения сосудистого эндотелия могут в дальнейшем играть роль в развитии детерминированных последствий действия ИИ в малых дозах [5].

Литература.

1. Аблековская О.Н., Амвросьев А.П. // Вести Академии наук Беларуси. 1999. № 4. С. 59-61.
2. Амвросьев А.П. Радиация и эндокринная система. Тез. докл. Мн., 2001. С. 8.
3. Амвросьев А.П., Жадан С.А. // Докл. Академии наук Беларуси. 1993. Т. 37, № 6. С. 82-86.
4. Воробьев Е.И., Степанов Р.П. Ионизирующее излучение и кровеносные сосуды. М., 1985.
5. Ткаченко З.Я., Демидова Г.Г., Чеботарев Е.Е. // Радиобиология. 1978. Т.18, № 1. С. 127-131.

МАЛЫЕ ДОЗЫ РАДИАЦИИ СНИЖАЮТ УРОВЕНЬ СПОНТАННОГО И ГАММА-ИНДУЦИРОВАННОГО ХРОМОСОМНОГО МУТАГЕНЕЗА В КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА МЫШЕЙ IN VIVO

Заичкина С.И., Розанова О.М., Клоков Д.Ю., Аптикаева Г.Ф.,

Ахмадиева А.Х., Смирнова Е.Н.

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН г. Пущино

Введение. Индукция адаптивного ответа (АО) в различных клетках и тканях, подвергнутых действию малых доз ионизирующей радиации и других ДНК-повреждающих агентов, показана с помощью определения различных типов повреждений, включая клеточную гибель, индукцию мутаций и хромосомных aberrаций, формирование микроядер, а также неопластическую трансформацию [1, 2]. Кроме того показано, что воздействие малыми дозами ионизирующей радиации увеличивает продолжительность жизни животных, устойчивость к кислородной токсичности, улучшает иммунные функции, предотвращает развитие некоторых болезней, а также улучшает социальное поведение мышей [3].

Целью нашего исследования являлось изучение действия малых доз гамма-излучения на уровне спонтанного и радиационно-индуцированного цитогенетического повреждения в клетках костного мозга мышей в течение жизни животных.

Материалы и методы исследования. В экспериментах использовались самцы мышей линии SHK. При облучении в адаптирующих (D1) дозах 0,1 и 0,2 Гр животные были в возрасте 2 месяца. В качестве выявляющей дозы (D2) использовалась доза 1,5 Гр [4]. Частота полихроматофильных эритроцитов (ПХЭ) костного мозга с микроядрами (МЯ) [5] определялась в различные сроки после облучения D1 в течение жизни животных.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

1) однократное облучение в малых дозах индуцировало цитогенетический адаптивный ответ в клетках костного мозга, который сохранялся до 12 мес (рис. 1).

2) Индукция АО не зависела от возраста животных в момент облучения в дозе D1 (рис. 2).

3) Однократное гамма-облучение в малых дозах предотвращало рост спонтанного уровня цитогенетических повреждений в процессе старения животных (рис. 3).

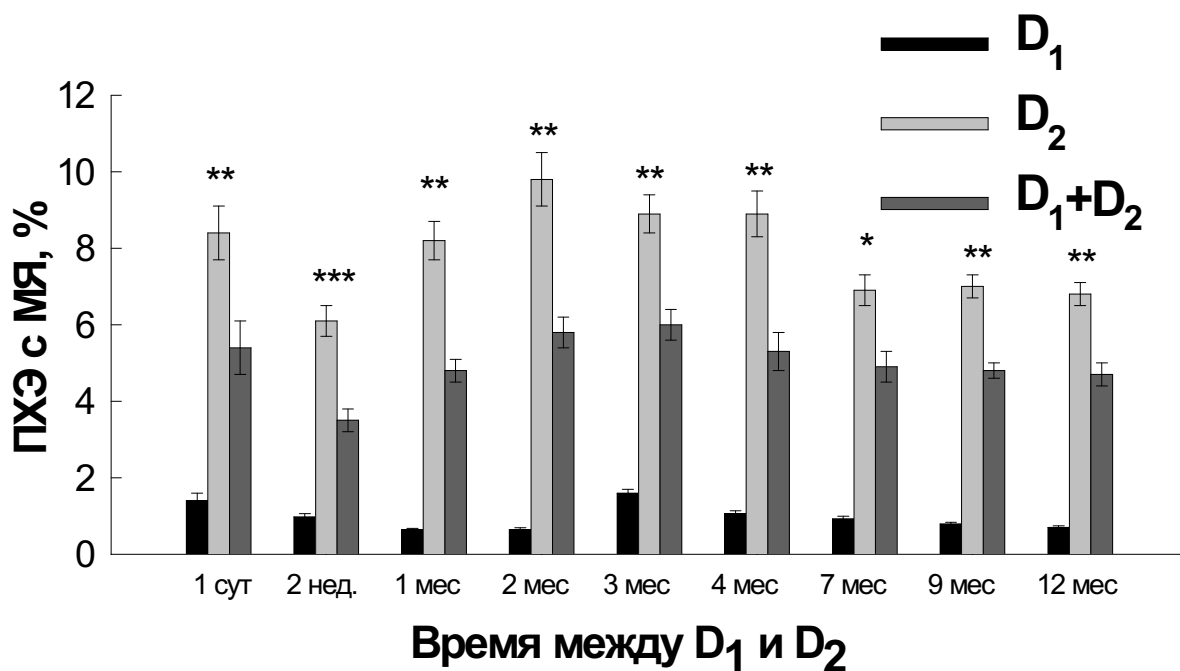


Рис. 1. Выход ПХЭ с МЯ в костном мозге мышей при различных интервалах между адаптирующей и выявляющей дозами D_1 (10 сГр) и D_2 (1,5 Гр).

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

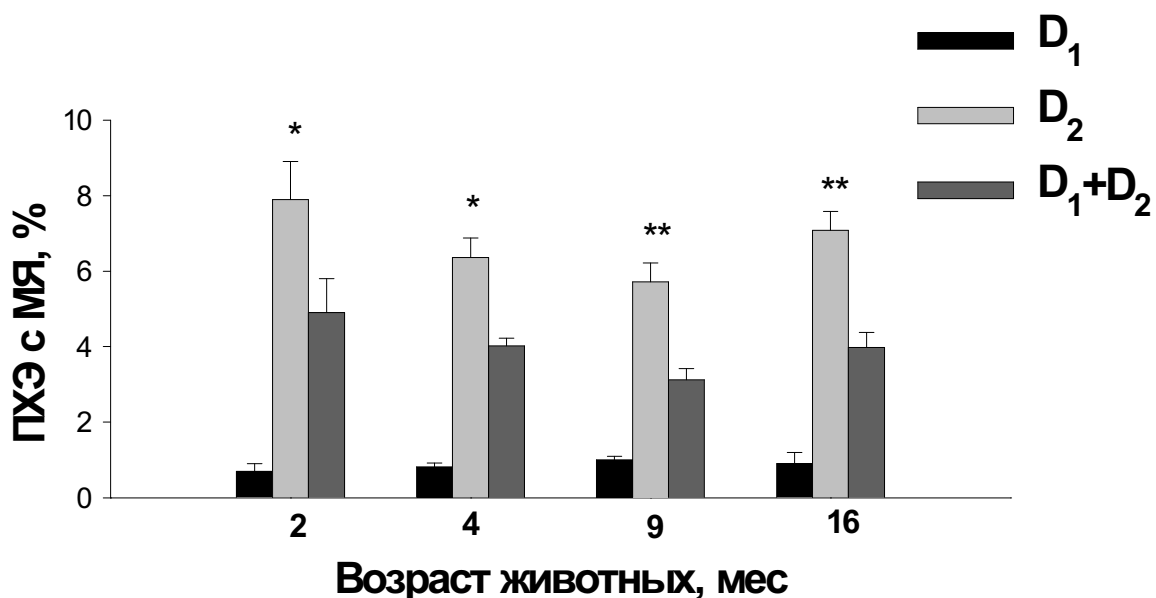


Рис. 2. Выход ПХЭ с МЯ в костном мозге мышей разного возраста при облучении в дозах D_1 (10 сГр) and D_2 (1,5 Гр). (между дозами 24 часа).

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

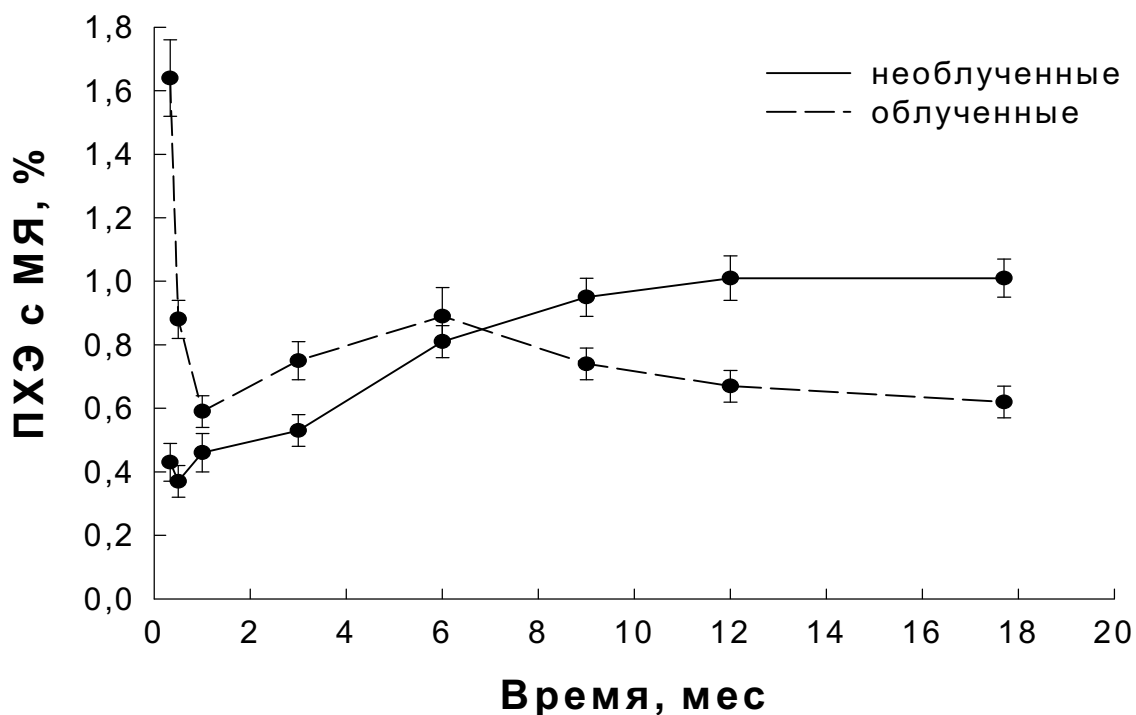


Рис.3. Выход ПХЭ с МЯ в костном мозге облученных (10 или 20 сГр) и необлученных мышей как функция возраста животных.

Предполагается, что механизмы, лежащие в основе индукции АО, не только приводят к уменьшению уровня цитогенетического повреждения при действии больших доз гамма-облучения, но и влияют на спонтанный мутагенез при старении животных.

Литература.

1. Sanderson B.J., Morley A.A. // *Mutat. Res.* –1986. – 164.- P 347-251.
2. Joiner M.C. // *Int. J. Radiat. Biol.* – 1994. – 65. – P 79-84.
3. Takahashi M, Kojima S, Yamaoka K. et al//*Radiat.Res.*-2000.-154. P.680-685.
4. Балакин ВЕ, Заичкина СИ, Клоков Д.Ю. и др.//*ДАН.*-1998.-363(6).С 843-845.
5. Schmid W. // *Mutat Res.*- 1975. - 31(1) P 9-15.

СОСТОЯНИЕ И ПОДВИЖНОСТЬ АМЕРИЦИЯ-241 В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ

Захаренков В.В., Захаренкова Н.В.

Научно-исследовательская лаборатория радиохимии Белгосуниверситета, г.Минск

Введение. Изучение длительного воздействия альфа-излучающих радионуклидов, в том числе ^{241}Am на человеческий организм и экосистемы, выявление путей и закономерностей миграции радионуклидов является важной частью проводимого комплекса исследований последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Опасность ^{241}Am обусловлена не только высокой энергией его альфа-излучения, но также и его токсическими свойствами как химического элемента. При поступлении через желудочно-кишечный тракт, а также при ингаляционном поступлении ^{241}Am он включается в обмен веществ и концентрируется в костной ткани, легких, печени и почках (создавая тем самым источники локального облучения в организме).

Ввиду того, что с течением времени происходит количественное накопление ^{241}Am за счет распада ^{241}Pu , а также учитывая длительность периода полувыведения ^{241}Am из организма (значительно превышающую продолжительность жизни), его поведение в системе «почва – растение (животное) – человек» заслуживает внимания и подлежит постоянному контролю и изучению.

Материалы и методы. Объектами экспериментального исследования являлись загрязненные трансурановыми элементами (ТУЭ) образцы почв и растительности естественных луговых и лесных экосистем (Хойникский район Гомельской области). Определение содержания ^{241}Am в образцах почв и растительности выполняли методом радиохимического анализа [1]. Идентификацию радионуклидов проводили на α -спектрометре ALPHA-KING 676 А. Запас мобильных (обменных) форм америция в почвах определяли методом экстрагирования, используя водный раствор ацетата аммония (1 моль/л, рН 7) [2].

Результаты и их обсуждение. По результатам вертикального распределения ^{241}Am в почвенном профиле установлено местоположение центра запаса радионуклида относительно поверхности почвы (X , см) и определены линейные скорости (V , см/год) миграции ^{241}Am в почвах контрольных реперных точек (Табл. 1). Центр запаса радионуклида — это точка, относительно которой сумма всех моментов сил тяжести радионуклида в отдельных почвенных слоях равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n (X - X_i) \cdot q_i = 0 \quad ,$$

где $q_i(\%)$ - относительная активность радионуклида в почвенном слое на глубине X_i , X — координата центра запаса [3].

Центр запаса ^{241}Am по истечении 14 лет после аварии во всех исследуемых реперных точках сосредоточен в корнеобитаемом горизонте почв. Среди однотипных почв, близких по агрохимическим свойствам, более интенсивная миграция радионуклидов наблюдалась в реперах с меньшим вкладом топливной компоненты (ТК) в составе радиоактивных выпадений. Так, в аллювиальной дерновой почве репера Д-2 (20 км, ТК — 85-90%) средняя линейная скорость миграции ^{241}Am меньше, чем в однотипной почве репера Д-1 (53 км, ТК — 64%), а в дерново-подзолистой песчаной почве репера ДП-5 (20 км, ТК — 85-90%) меньше, чем в песчаной почве репера ДП-3 (40 км от ЧАЭС, ТК — 83%) [4]. На контрольных участках (Д-1, ДП-3, Т-4), равноудаленных от места аварии (40-50 км), максимальная подвижность ^{241}Am наблюдалась в песчаной почве, минимальная — в торфянистой. На подвижность радионуклида существенно влияют такие факторы, как степень гидроморфности почвы, содержание и состав гумусовых веществ. На ближних участках (20 км от ЧАЭС, Д-2, ДП-5, Т-7) самые высокие скорости перераспределения ^{241}Am были отмечены в гидроморфной торфяно-глеевой почве с относительно высоким содержанием водорастворимых органических веществ, за ней располагалась дерново-подзолистая песчаная, а затем — аллювиальная дерновая почва. Одновременное влияние различных факторов на процессы перераспределения радионуклидов затрудняет дифференцирование почв в зависимости от скоростных параметров миграции америция.

Таблица 1.

Скоростные параметры миграции ^{241}Am . 2000 г.

Репер	Почва	Запас ^{241}Am в почве, Бк/м ²	X, см	V, см/год
Д-1, заливной луг	аллювиальная дерновая супесчаная	900	4.9	0.35
Д-2, заливной луг	аллювиальная дерновая супесчаная	5900	3.5	0.25
ДП-3, сосновый лес	дерново-подзолистая песчаная	1200	5.9	0.42
ДП-5, терраса	дерново-подзолистая песчаная	7600	4.2	0.30
Т-4, осушенный луг	торфянистая мелиорированная	1250	3.8	0.27
Т-7, луг	Торфяно-глеевая	11150	4.9	0.35

При оценке поведения радионуклида в природных системах важна информация о запасе мобильных и малоподвижных форм ^{241}Am в почвах. Результаты исследования свидетельствуют, что основная часть радионуклида (87.5-99.6%) находится в почве в малоподвижном состоянии. Относительное содержание обменных форм америция в почвах не превышает 12.5%, при этом доля обменного америция, как правило, выше, чем плутония. По среднему содержанию обменных форм ^{241}Am почвы могут быть расположены в следующем порядке: дерново-подзолистые песчаные и супесчаные > аллювиальные дерновые > торфяные почвы.

Степень накопления ^{241}Am природной растительностью лесных и луговых экосистем оценивали по величине коэффициента K_n , который характеризует отношение удельных активностей радионуклида в воздушно-сухих образцах растительности ($A_{\text{раст.}}$, Бк/кг) и почвы в области корневого питания растений ($A_{\text{п.}}$, Бк/кг). Коэффициенты K_n для ^{241}Am варьируют в интервале 0,006-10. Помимо видовых особенностей растений, накопление радионуклидов дикорастущей растительностью существенно зависит от свойств почвенной среды. Для торфяных почв характерны более низкие коэффициенты накопления, чем для минеральных почв. В большинстве почв коэффициенты накопления ^{241}Am травяной растительностью в 2-4 раза выше, чем $^{239,240}\text{Pu}$.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о невысокой подвижности и биологической доступности америция в почвенно-растительном комплексе естественных луговых и лесных экосистем. По биологической доступности америций превосходит плутоний, что может быть обусловлено более значительным запасом обменных форм америция в почвах и более высоким его содержанием в почвенных растворах [5].

Литература.

1. Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Лейнова С.Л., и др.// Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях. Матер. Междун. конф. — Москва, 24-26 апреля 2000 г., — Т. 2, с.107-112
2. Leinova S.L., Sokolik G.A., Kiltchitskaya S.L. et al. //Abstracts of the paper of 13-th Radiochemical Conference. Prague, 1998, p. 65.
3. Arapis G., Petrayev E., Shagalova E. et al.// Journal of Environmental Radioactivity, 1997, v. 34, № 2, p. 171-185.
4. Petryaev E., Belli M., Sokolik G., Leynova S., Duksina V. //Proceedings of the first international conference «The radiological consequences of the Chernobyl accident». Minsk, 1996, p. 543-547.
5. Овсянникова С.В., Соколик Г.А., Эйсмонт Е.А. и др.// Доклады АН Беларуси, 1998, № 3, с. 109-116.

ВЛИЯНИЕ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЛИГИПОВИТАМИНОЗА НА НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛЫХ КРЫС

Зиматкина О.С.

Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно

Введение. В настоящее время на состояние здоровья населения Беларуси оказывает влияние комплекс факторов радиационной и нерадиационной природы. Поэтому на современном этапе одной из наиболее актуальных и важных задач биологии, экологии и медицины является изучение различных эффектов сочетанных и комбинированных радиационных воздействий, выяснение их отдаленных последствий и возможных нарушений адаптационных реакций организма [1]. Еще одним фактором, способным значительно влиять на здоровье человека и устойчивость его к неблагоприятным воздействиям различной этиологии, в том числе радионуклидов, является витаминная обеспеченность. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о наличии выраженного постоянного дефицита витаминов, имеющего характер полигиповитаминозов у всех возрастных групп населения Беларуси [2]. Поскольку в литературе имеются лишь единичные работы и представленные в них сведения не объясняют в полной мере патологическую картину инициируемых радиацией совместно с витаминной недостаточностью нарушений, цель данной работы заключалась в исследовании динамики некоторых гематологических показателей и оценке характера общей неспецифической адаптационной реакции организма после пролонгированного облучения в малых дозах на фоне полигиповитаминоза. Кровь, как известно, является наиболее чувствительной тканью к действию разнообразных вредных факторов, включая радиацию, и служит биоиндикатором приспособительных изменений организма [3,4].

Материалы и методы исследований. В опытах использовали 72 белые крысы (самцы массой 140-180 г), которых распределяли на 12 групп по 6 особей в каждой. Контрольных животных подвергали ложному облучению (1, 4, 7 и 10 гр.), опытных (2, 5, 8 и 11 гр.) - фракционированному по 0,25 Гр 1 раз в неделю трехкратно, либо (3, 6, 9 и 12 гр.) - облучению на фоне В-полигиповитаминоза, который вызвали трехкратным подкожным введением (за два дня до каждого сеанса облучения) комбинированного антивитаминого препарата, позволяющего воспроизводить В-полигиповитаминовую недостаточность, близкую к витаминдефицитным состояниям человека. Дозы антивитаминов (окситиамина и метотрексата) при однократном введении составили соответственно 200 и 1 мг/кг. Общее облучение крыс проводили на гамма-аппарате АГАТ-С с кобальтовым источником, РИП-75 см, мощность дозы 0,0132516 Гр/с. Декапитацию животных осуществляли через 0,5, 1 сут., 1 нед и 6 мес после третьего облу-

чения. Подсчет эритроцитов и лейкоцитов проводили в камере Горяева, лейкоцитарной формулы в мазках крови (окраска по Романовскому- Гимза, микроскоп Ампливал) по общепринятым методикам. На основании формулы белой крови рассчитывали лейкоцитарные индексы (лимфоциты/сегментоядерные нейтрофилы), индексы соотношения нейтрофилов и лимфоцитов [5] и определяли тип общей неспецифической адаптационной реакции организма [3]. Полученные данные обрабатывали статистически.

Результаты и их обсуждение. Результаты изучения периферической крови животных показали, что как изолированное облучение, так и сочетание его с полигиповитаминозом, вызывают достоверное снижение содержания эритроцитов на 0,5, 1 сут, 1 нед и 6 мес пострадиационного периода в первом случае соответственно на 34, 42, 28 и 19%, во втором - на 17, 39, 29 и 31% по сравнению с контролем. При этом усиление эффекта при сочетанном воздействии факторов имело место лишь в отдаленный срок исследования.

Содержание общего числа лейкоцитов в крови при действии малых доз радиации менялось волнообразно - было достоверно снижено на первом и последнем сроке исследования соответственно на 31 и 20% и увеличено (на 50%) через 1 нед ($P<0,01$). При сочетанном действии облучения и полигиповитаминоза установлено более сильное отклонение значений данного показателя - увеличение количества лейкоцитов через 1 сут и 1 нед соответственно на 45 и 55% и снижение на 48% ($P<0,01$) через 6 мес. Наблюдаемые различия при изолированном и сочетанном воздействии, полагаем, связаны с превалированием в раннем пострадиационном периоде специфических эффектов радиации, а во втором - неспецифического действия факторов, обусловленного стресс реакцией. Следует отметить наличие в обоих случаях лейкопении при длительном сроке исследования, которая была более выражена в условиях сочетанного воздействия. Полученные результаты согласуются с литературными данными, свидетельствующими об истощении костного мозга и уменьшении числа зрелых клеток крови в отдаленном периоде после пролонгированного облучения в малых дозах [4].

Анализ лейкоцитарной формулы крови в целом при всех видах воздействий выявил общую тенденцию к снижению числа лимфоцитов и значительному увеличению сегментоядерных нейтрофильных лейкоцитов в короткие сроки после облучения. При этом наблюдаемые лимфопения и нейтрофильный лейкоцитоз были сильнее выражены при действии радиации на фоне полигиповитаминоза не только в первые, но также и на 7-е сут пострадиационного периода. Лейкоцитарные индексы были снижены при облучении через 0,5 и 1 сут соответственно на 33 и 35% по сравнению с контролем ($P<0,05$), при сочетанном воздействии в первые три срока исследований - на 60, 52 и 36% ($P<0,01$). Индексы соотношения нейтрофилов и лимфоцитов, отражающие соотношение клеток неспецифической и спе-

цифической защиты, были резко увеличены в случае изолированного облучения на 50 и 47% соответственно через 0,5 и 1 сут пострадиационного периода, в случае сочетанного воздействия - через 0,5, 1 и 7 сут на 145, 103 и 118% ($P < 0,01$) по сравнению с контролем. Таким образом, в обоих случаях полученные данные указывают на преобладание неспецифического компонента в изменениях гематологических показателей.

Анализ результатов проведенного исследования свидетельствует о более долговременных и сильнее выраженных изменениях в системе крови под действием пролонгированного облучения на фоне полигиповитаминоза, а также более значительном напряжении в близком пострадиационном периоде общей неспецифической адаптационной реакции организма, которую, по совокупности данных, можно оценить как стрессовую. Очевидно, что выявленные первичные изменения гематологических показателей требует обязательной коррекции, поскольку могут инициировать нарушения функций ряда органов, сузить диапазон приспособительных возможностей организма, ухудшить состояние здоровья и послужить причиной ряда заболеваний.

Литература.

1. Конопля Е.Ф. Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды. Тез. докл. междунар. научн. конф. - Мн., 1998.-С.127.
2. Гусаревич Н.В., Кедрова И.И., Лавинский Х.Х. и др.//Матер. междунар. конф. Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы. 15 лет спустя. - Гомель, 2001.- С.106- 110.
3. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма.- Ростов на-Дону, 1990.- 224с.
4. Буланова К.Я., Тарарук Т.А., Микша Я.С. и др.//Весці НАН Беларусі.- Сер. біял. навук.- 2000.- №4.- С.57-61.
5. Мустафина Ж.Г., Краморенко Ю.С., Кобцева В.Ю.//Клиническая лабораторная диагностика.- 1999.- №5.- С.47- 49.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОПРЯЖЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОЛЕССКОГО ТИПА

Ивашкевич И.И., Смыкович Л.И.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

По мере вовлечения в процессы биологического круговорота (БИКа) радионуклиды перераспределяются в соответствии с пространственно-временной дифференциацией ландшафтов. Изучение особенностей ландшафтно-геохимической организации полесского типа ландшафтов как

наиболее сильно загрязненных техногенными радионуклидами является важной задачей, решение которой позволяет приблизиться к балансовой оценке ^{137}Cs , ^{90}Sr и др. в природных геосистемах. Выделение барьерных геосистем, где, согласно выполненным нами ранее исследованиям, происходит аккумуляция ^{137}Cs и активное вовлечение его в БИК, позволяет локализовать и ограничить в использовании такие участки как потенциально опасные.

Исследования выполнены в пределах ландшафтно-геохимического профиля «Буйновичи», заложенного в западной части водораздела Припять-Уборть-Словечна, в бассейне р. Уборть. Катена имеет протяженность около 70м, амплитуда высот составляет 2м. Профиль проходит с СВ на ЮЗ через краевую зону болота «Великий Лес». В пределах катены выделяются 3 элементарных ландшафта. Геосистема Н-класса трансэлювиальная (ТЭ) на флювиогляциальных песках (fg) (индекс элементарного ландшафта Н/ТЭ/fg): пологонаклонный (3°) мелкобугристый ($ah=0.1-0.4\text{м}$) склон с грабово-осиново-березовым лесом ($h=30-35\text{м}$), с редкими грабово-березово-осиново-дубовым подростом и крушиново-рябиновым подлеском на дерново-подзоле иллювиально-железистом супесчаном глееватом. Протяженность геосистемы в пределах катены около 50 м.

Геосистема Н-Fe-класса супераквальная (С) на флювиогляциальных песках (Н-Fe/С/fg). Это днище западины размерами $150 \times 150\text{м}$ с мелковолнистым микрорельефом ($ah=0.1\text{м}$), занятое лугом хвощево-ситниково-осоковым ($h=70-100\text{см}$, (ПП)=80%) на перегнойно-глеевой с орштейновым горизонтом почве. Уровень грунтовых вод (УГВ) – 65-68см. Протяженность геосистемы в пределах катены составляет около 45м.

Границей между данными геосистемами является относительно узкая (25-30м) полоса краевой зоны болота, окаймляющая болото. Индекс геосистемы Н-Н-Fe/ТС/fg. Это слабонаклонная поверхность ($1-2^\circ$) с мелковолнистым микрорельефом ($ah=0.1-0.2\text{м}$). Растительная ассоциация данной геосистемы представлена редким березово-ольхово-дубово-грабовым лесом ($h=20\text{м}$) с густым березово-осиново-грабово-дубовым подростом ($h=5-7\text{м}$, ПП=40%), лещиново-крушиново-рябиновым подлеском ($h=3\text{м}$, ПП=30%), с густым таволгово-снытиево-белокрыльниковым высокотравьем. Почва краевой зоны болота торфянисто-подзолисто-глеевая иллювиально-железистая. УГВ - 110-120 см. Краевая зона болота на уровне семейств выделена в самостоятельный элементарный ландшафт. По растительности данная геосистема тяготеет к семейству лесных ландшафтов, однако отличается от них большим видовым разнообразием, более сложной вертикальной структурой. По почвенному покрову геосистема тяготеет к семейству болотных ландшафтов. На уровне типа ландшафтов, предполагается, что краевые зоны болота следует выделять в самостоятельный окраинный (краевой, опушечный) тип ландшафта, однако прежде следует изучить биомассу и продуктивность краевых геосистем. В пределах катены

выделены также типы ландшафтов мелколиственные-широколиственные лесные и болотные низинные. На уровне групп элементарных ландшафтов выделена группа лесных и группа луговых и болотных.

С помощью рентгено-флуоресцентного спектрального с синхротронным излучением анализа изучен валовый химический состав почв данной катены (Zr, Pb, Ti, V, Cr, Ga, Rb, Cu, Sr, Zn, Mn, Ni, Fe, Ca, K). Расчет кларков концентрации (КК) по отношению к среднему химическому составу литосферы (по А.П.Виноградову (1962)), а также построение геохимических спектров выполнялось с помощью программы "GEOSPECTR". Данная программа позволяет выбирать эталонный спектр, сравнивать его с любым количеством объектов и оперативно выполнять построения.

Проанализированы пространственные особенности перераспределения химических элементов в почвенном покрове катены "Буйновичи". В пределах Н/ТЭ/fg-геосистемы в дерново-подзоле иллювиально-железистом супесчаном глееватом происходит сильное рассеяние Са (кларк рассеяния КР=4-7), что можно объяснить интенсивным кислым выщелачиванием элемента из данного элементарного ландшафта. Некоторое повышение содержания элемента в горизонте А₀ (до КК≈1) может быть связано с биогенной аккумуляцией Са. Высокое содержание Zr в минеральных почвах (КК=4-7) вполне закономерно. Pb концентрируется преимущественно в верхних генетических горизонтах (КК=6-8), что может быть связано с его поступлением из атмосферы. Ni, Fe, Mn имеют в целом схожий характер радиального распределения. Sr, Rb в вертикальном профиле почвы не дифференцированы. Линия кларка делит геохимические спектры приблизительно пополам, при этом элементами, преимущественно концентрирующимися в данной геосистеме являются Pb, Zr, Cr, Ti, Cu, Rb, рассеивающимися – Ni, Ca, Sr, K.

В Н-Н-Fe/ТС/fg -геосистеме радиальное распределение элементов в торфянисто-подзолисто-глеевых иллювиально-железистых почвах характеризуется как сильно неоднородное, что может объясняться высокой динамичностью миграционных условий в элементарных ландшафтах окраинного типа. Амплитуды для большинства элементов превышают 3-4 кларка. Среди закономерностей в распределении отдельных элементов можно выделить следующие: уменьшение содержания Са вниз по почвенному профилю, высокое содержание Zr в минеральных горизонтах почв, поверхностная аккумуляция Pb, Zn. В данной геосистеме большая часть элементов – К, Са, Fe, Ni, Mn, Sr, Cu – находятся в области рассеяния (их КК преимущественно <1), а элементы Pb, Zr, V, Ti – в области концентрации (КК>1).

Элементарный ландшафт Н-Fe/С/fg, характеризующий болотную геосистему, имеет ярко выраженный ортштейновый горизонт, который характеризуется высокой концентрацией Fe, Mn, Cr, их КК составляет 7-8 и более. Не обнаружены в данном горизонте такие элементы как V, Ni, Cu,

Pb. В глеевом горизонте по сравнению с перегнойным уменьшается содержание таких элементов, как Fe, Mn, Ca, Pb, увеличивается концентрация V, которая составляет 4-7 КК.

Изучение особенностей латерального распределения химических элементов между верхними генетическими горизонтами почв катены (рис.1) позволило установить следующие особенности. В почве Н-Н-Fe/ТС/fg-геосистемы (лс3Т) интенсивно концентрируется V (КК=4), в почве Н-Fe/С/fg-геосистемы (лс5А₀) наиболее сконцентрированы следующие элементы Mn (КК=4), Cu (КК=1.9), Ni (КК=1.1). Ряд элементов (Zr, Cr, Zn, Fe) имеют самое высокое содержание в горизонте П₁ Н/ТЭ/fg-геосистемы.

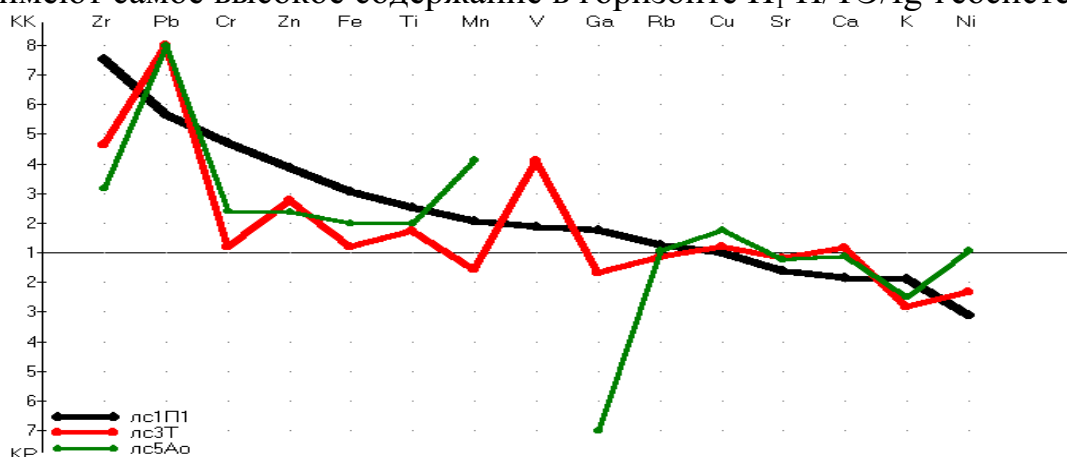


Рис1. Геохимические спектры верхних почвенных горизонтов катены.

Выполненный с помощью метода геохимических спектров анализ пространственного распределения химических элементов в почвенном покрове катены "Буйновичи" позволяет сделать вывод о том, что в торфянисто-подзолисто-глеевой иллювиально-железистой почве окраинной Н-Н-Fe/ТС/fg-геосистемы наблюдается уменьшение содержания химических элементов по сравнению с сопряженными элементарными ландшафтами катены.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *BRILLIANT BLUE* ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ ¹³⁷CS В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ»

Калинкевич Е.Ф, Путырская В.В.

Международный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск

Введение. Цель исследований – изучение возможности использования красителя *Brilliant Blue FCF* для качественной оценки корневого поступления находящегося в почвенном растворе водорастворимого ¹³⁷Cs. *Brilliant Blue FCF* – двунариевая соль с молекулярной формулой C₃₇H₃₄N₂Na₂O₉-S₃, относится к классу трифенилметана. Преимущества *Brilliant Blue FCF* в том, что он подвижный, хорошо видимый, нетоксичный и химически стойкий, т.е. не распадается со временем и поэтому

может быть использован в полевых экспериментах. для изучения свойств водного потока или оценки частоты, размера, пространственного распределения пор в почве [1,2].

Материалы и методы исследований. Опыты проводили в хозяйстве «Судково» (д.Новоселки., Хойникский район, Гомельская область) на 2 участках размером 100 × 100 см с одним типом почвы (дерново-подзолистая на супеси, подстилаемой мореными отложениями с глубины порядка 1 м с прослойками песка на контакте).

Исследование вертикального профиля почвы проводили в два этапа [3]. На первом этапе почву срезали последовательно на глубину 25 см через каждые 20 см. В каждом срезе отбирали пробы почвы (200 г), окрашенные красителем (preferential flow) и без следов красителя (matrix) в трехкратной повторности. Изучение горизонтального профиля распространения корневой системы проводили также в два этапа: первый - на глубине 25 и второй - на глубину 50 см. На каждом этапе готовили ровную горизонтальную площадку, на которую помещали заранее расчерченную на квадраты (5×5 см) пластиковую пленку. На пленку наносили контуры корней и закрасенных участков почвы. На глубине 50 см следов красителя и корней не было обнаружено.

Результаты и их обсуждение. Исследования вертикальной миграции ^{137}Cs в пахотных и лесных почвах показали, что максимум удельной активности ^{137}Cs сосредоточен в лесной подстилке – 1555 Бк/кг и верхнем 10-ти см слое – 1357 Бк/кг, в то время как на сельскохозяйственных почвах ^{137}Cs равномерно распределен в слое до 20 см – 0-10; 10-20 – 905 и 851 Бк/кг, соответственно. В таблицах 1 и 2 представлено распределение удельной активности ^{137}Cs области М, т.е. без следов красителя и в окрашенной области PF для лесных и сельскохозяйственных почв.

Таблица.1.

Распределение удельной активности ^{137}Cs в агроценозе хозяйства «Судково» (октябрь 2001 год)

Срез	глубина, см	№ протоков	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	
			М	PF
A ₁	0-10	1	993,1 ± 22,1	1000,8 ± 21,8
		2	927,7 ± 16,7	254,4 ± 12,5
		3	1508,3 ± 19,4	698,8 ± 16,1
	20-25	4	0 ± 9,5	0,4 ± 5,6
B ₁	20-25	1	2,9 ± 6,4	14,8 ± 3,5
B ₂	25-40	1	0 ± 6,0	1,9 ± 5,7
C ₁	0-10	1	898,6 ± 13,3	1340,0 ± 25,1
		2	981,2 ± 15,3	731,7 ± 14,8
C ₂	25-40	1	19,8 ± 4,2	0 ± 6,3
D ₁	0-20	1	920,1 ± 15,2	946,9 ± 13,0
		2	1068,6 ± 15,1	367,6 ± 8,3
D ₂	25-40	1	3,7 ± 4,6	0 ± 5,1
E ₁	0-10	1	1178,9 ± 17,2	не обнаружено

Сравнительный анализ распределения удельной активности ^{137}Cs по почвенному профилю лесного и агроценоза показал, что основной процент удельной активности ^{137}Cs сосредоточен в матрице слоя 0-25 см агроценоза (992,6 Бк/кг), в то время как в лесном ценозе эти значения в среднем на 5% ниже. Что касается PF, то в слое 0-25 см обнаруженное для двух ценозов соотношение сохраняется. Для слоя 25-50 см наблюдали тенденцию увеличения удельной активности ^{137}Cs в PF лесного ценоза (11,5 Бк/кг), в сравнении с агроценозом (1,9 Бк/кг). Для матриц тех же слоев двух ценозов заметных различий не обнаружено.

Таблица 2.

Распределение удельной активности ^{137}Cs в лесном ценозе хозяйства «Судково» (октябрь 2001 г.)

участок	глубина, см	№ протоков	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	
			М	PF
A ₁	0-10	1	4,6±6,4	19,9±9,3
		2	4,6±6,4	27,2±6,9
		3	4,6±6,4	9,9±6,0
	20-25	4	2,4±5,5	0±7,2
B ₁	0-10	1	209,3±15,3	87,2±11,2
		2	66,2±10,8	12,2±6,4
		3	66,2±10,8	270,6±10,4
B ₂	25-40	1	2,7±4,7	4,8±5,4
		2	6,1±4,3	18,1±5,6
C ₁	0-20	1	302,1±17,7	17,1±7,6
		2	301,9±8,5	13,5±6,8
		3	23,9±9,0	14,3±6,7
C ₂	25-40	1	6,2±4,2	8,9±5,1
		2	2,8±4,3	4,6±4,6
		2	не обнаружено	0,7±3,1
D ₁	0-10	2	не обнаружено	54,7±9,1
	0-20	1	35,6±5,6	24,3±5,7
D ₂	25-40	1	0±4,3	3,8±3,6
E ₁	0-10	2	59,6±5,6	110,3±8,2
	0-20	1	10,9±4,7	63,5±5,4
E ₂	25-40		0±5,2	-

Результаты измерения удельной активности ^{137}Cs в вегетативной массе и корневой системе растений лесного и агроценозов, свидетельствовали о том, что в лесном фитоценозе 86% удельной активности ^{137}Cs содержится в корневой системе, а в агроценозе - 59,9% от общей радиоактивности.

Полученные результаты показали, что на почвах Белорусского Полесья возможно использование *Brilliant Blue FCF* для получения новых данных о поведении радионуклидов, тяжелых металлов и других поллютантов в естественных (лесных, луговых) и агроценозах, которые необходимы для проверки имеющихся и построения новых более совершенных прогностических математических моделей.

Литература.

1. Albrecht A., Schultze, U., Frossard, E., a Fluhler, H.// Soil Science Society of America Journal.-2001.- (submitted for publication).
2. Albrecht A., Schultze, U., Leidgens M., Fluhler, H, Frossard..// J. Environ Radioactivity-2001- (submitted for publication).
3. Bundt, M., Albrecht, A., Froidevaux, P., Blaser, P., a Fluhler, H.// Environmental Science and Technology.-2000-. 34(18), pp. 3895–3899.

ПРОЦЕССЫ МЕТГЕМОГЛОБИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СОЧЕТАННОМ ДЕЙСТВИИ ОБЛУЧЕНИЯ И НИТРИТА НАТРИЯ НА ОКСИГЕМОГЛОБИН КРОВИ БОЛЬНЫХ ЖДА*

Каркоцкая Т.П., Маленченко А.Ф., Смирнова Л.А.
Институт радиоэкологических проблем НАН Б, г.Минск

Введение. Гематологические изменения при действии облучения на живой организм занимают особое место в динамике развития постлучевого поражения. Как правило, исследования подобных нарушений ограничивались оценками состояния клеточных мембран и содержанием гемоглобина в крови. Показано, что ионизирующее излучение меняет чувствительность гемоглобина к влиянию физических и химических факторов. Эффект сочетанного действия ионизирующего излучения и нитрита натрия (*in vivo*, *in vitro*) превышает величину суммы раздельного действия радиационного и химического факторов. Эти исследования были выполнены как в области больших, так и малых доз.[1] Исходя из эпидемиологических данных состояния здоровья населения, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, определенный интерес представляет исследование чувствительности гемоглобина к окисляющему агенту в области доз, меньших 1 Гр. Последнее может иметь важное значение в объяснении клинически неоформившегося патологического состояния, в основе которого может лежать явление гемической гипоксии. Исходя из этого, целью исследований было изучение реакции нитритного окисления оксигемоглобина рас-

*) Далее сокращение ЖДА

твора крови доноров и больных железодефицитной анемией, находящегося в гамма-поле малых мощностей доз.

Материалы и методы исследования. В исследовании использовались образцы крови больных ЖДА и доноров. Растворы оксигемоглобина приготавливались по методу Austin-Drabkin в модификации Кушаковского [2]. Образцы помещались в гамма-поле, создаваемом радиоактивным источником Cs^{137} (активность 106 кБк) при двух мощностях экспозиционной дозы 70 нКл/(кг·с), 40 нКл/(кг·с). Рассчитанная величина [3] поглощенной дозы составили 5 мкГр.

Концентрация нитрита натрия в растворах белка составляла 0,8 мМ. Концентрация метгемоглобина в контрольных и облученных группах определялась методом Evelyn - Malloy [2] и представлена как массовая доля метгемоглобина в гемоглобине.

Реакцию окисления гемоглобина нитритом натрия проводили по методу Vetke [4]. Процесс нитритного образования метгемоглобина регистрировали на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 630нм. Оценивались следующие параметры: скорость реакции в точке перегиба S-образной кривой, периода полупревращения (время достижение 50% содержания нитритного метгемоглобина), длительности реакции (время достижения 100% содержания метгемоглобина), длительности лаг-фазы (время достижения 10% относительного содержания метгемоглобина). Концентрация метгемоглобина выражалась в процентах с коррекцией на содержание метгемоглобина перед добавлением нитрита натрия. Статистическую обработку данных проводили с учетом t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Была проведена сравнительная оценка уровня содержания метгемоглобина у лиц, страдающих заболеваниями крови и доноров. Как оказалось, этот показатель достоверно не отличается у больных и доноров и не превышает допустимого уровня содержания метгемоглобина в крови (4%).

В результате облучения растворов крови в дозе 5 мкГр при мощностях экспозиционной дозы 40 и 70 нКл/кг·с не обнаружено достоверных различий в содержании метгемоглобина в образцах крови доноров и больных людей. Концентрация метгемоглобина в интактных образцах достоверно не отличается от облученных образцов и не превышает допустимого уровня содержания в крови человека. Время достижения 100% содержания метгемоглобина в растворе крови доноров при добавлении нитрита натрия *in vitro* составляет 710 секунд, тогда как у лиц, страдающих ЖДА метгемоглобин достигает максимального содержания за 670 секунд. Период полупревращения нитритного метгемоглобинообразования в образцах крови доноров составляет 310 секунд, у больных ЖДА – 330 секунд (различия достоверны). Длительность лаг-фазы составляет у доноров 120 секунд, у больных ЖДА – 120 секунд.

При сочетанном действии нитрита натрия и ионизирующего излучения наблюдается ускорение реакции нитритного метгемоглобинообразования в облученных образцах, при чем у лиц, страдающих ЖДА, время достижения 100% содержания метгемоглобина в растворе значительно меньше, чем у доноров. Длительность лаг-фазы в образцах всех групп крови одинаково в контроле и образцах, облученных малой мощностью дозы. соответствующих групп. Однако для образцов, облученных в поле большей мощностью дозы, длительность лаг-фазы для группы доноров меньше контрольной на 20%, для группы больных ЖДА на 70%. Период полупревращения реакции нитритного метгемоглобинообразования в образцах крови доноров достоверно меньше при облучении мощностью дозы 70 нКл/кг·с, чем у контрольного образца и при облучении в поле меньшей мощности дозы. В образцах крови лиц, страдающих ЖДА, облучение мощностью дозы 40 нКл/кг·с и 70 нКл/кг·с вызывает достоверное уменьшение периода полупревращения по сравнению с необлученными на 10% и 35% соответственно.

Таким образом очевидно, что процесс нитритного окисления оксигемоглобина быстрее протекает у лиц, страдающих ЖДА. В этой группе в процессе нитритного метгемоглобинообразования белок реагирует на воздействие как малой мощностью дозы, так и большей мощностью дозы. У доноров интенсификация процесса нитритного метгемоглобинообразования наблюдается только при воздействии поля с большей мощностью дозы.

Гемоглобин больных ЖДА обладает более высокой чувствительностью к модифицирующему влиянию радиационно-химических факторов, чем белок крови доноров. Нитрит натрия, как окислитель оксигемоглобина, может служить маркером радиационного повреждения гемопротеида малыми дозами ионизирующего излучения.

Литература.

1. Маленченко А.В., Кучук В.С., Асафова Л.П. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1984. - №11. - С.548-550.
2. Кушаковский М.С. // Клинические формы повреждения гемоглобина. - Л., 1968.
3. Бонд В., Кертис С., Кормак Д., Элкиннд М.М., Линдап П., Полит В. // Количественные закономерности и дозиметрия в радиобиологии: Публикация 30 МКРЕ. Под ред. Кеирим-Маркуса И.Б. М.: Энергоатомиздат, - 1984. - С.36.
4. K. Vetke, I. Greinacher, F. Hecker // Arch. Exper. Path. u. Pharmacol. – 1956. - Bd.229, №3. - s. 207-219.
5. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – Минск, 1973.- стр. 83-86.

ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ НА ГЕОХИМИЧЕСКУЮ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Карпиченко А.А.

Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Современный этап развития общества характеризуется активным вмешательством человека в природные процессы на локальном и региональном уровне с целью повышения биопродуктивности ландшафтов. При этом в геохимические потоки вещества и энергии вовлекаются новые составляющие, не характерные для природных процессов, в результате может меняться их направление, что приводит к серьёзным нарушениям функционирования природно-территориальных систем. Сложившаяся экологическая ситуация в республике обязывает человека разработать комплекс мероприятий по снижению техногенного пресса на трансформирующиеся природные комплексы. Для этого необходимо представлять основные закономерности миграции, концентрации и рассеяния химических элементов в ландшафтах, обусловленные природными условиями, факторами, процессами. Это необходимо использовать для разработки мероприятий по оптимизации природной и техногенной среды и рационального использования химических элементов в трофической ландшафтной и технологической производственной цепи. Изучение геохимической дифференциации тяжелых металлов (ТМ) в ландшафтах особую актуальность приобрело в связи с радиоактивным загрязнением почв республики после аварии на Чернобыльской АЭС, поскольку между тяжелыми металлами и радионуклидами был выявлен синергизм при токсическом воздействии на живые организмы [1, 2].

Материалы и методы исследования. Изучение процессов латеральной геохимической дифференциации химических элементов в природных и природно-антропогенных элювиальных ландшафтах проводилось путем полевых исследований в пределах Волковысской возвышенности. В доминирующих видах ландшафтов были заложены почвенно-геоморфологические профили, в которых производился отбор почвенных образцов с гумусового горизонта. В двух ландшафтах были заложены параллельные профили на расстоянии 40-60 м друг от друга, один из них проложен по сельскохозяйственным угодьям (пашня), второй – через сосновый лес. Собранные образцы высушивались и просеивались через сито диаметром один миллиметр. Отбирались навески по 10 г, в которые добавляли 20 мл 0,1 н. раствора азотной кислоты и смесь отстаивалась неделю. Анализы с целью выявления содержания ТМ производились методом атомной абсорбции в лаборатории спектрального анализа химического фа-

культета БГУ. Определялось содержание следующих тяжелых металлов: Mn, Zn, Pb, Cr, Cu, Ni, Co.

Выявление влияния органо-минерального комплекса (ОМК) на накопление растениями свинца и изучения синергическо-антагонистических взаимодействий между свинцом и другими ТМ (Ni, Cd, Zn, Mn) производилось путем закладки нами в июне-августе 1999 г. на базе НИЛ экологии ландшафтов БГУ вегетационных опытов на оптимизированных почвах. Оптимизация почв производилась путем внесения в почву торфа и формирования нового пахотного легкосуглинистого горизонта с оптимальными условиями для роста растений по способу, разработанному чл.-кор. АН БССР А.Г. Медведевым. Исследования проводились на оптимизированной дерново-подзолистой легкосуглинистой и дерново-подзолистой связно супесчаной почве (на контрольном варианте). В сосуды емкостью 5 кг вносились дозы свинца (10, 30, 100, 300, 1000 мг) в форме нитрата. Повторность трехкратная. Срок вегетации составил 49 дней. Наблюдения проводили за основными морфофизиологическими показателями ячменя. С целью поддержания постоянной влажности почвы проростки смачивали 2 раза в неделю 150-200 мл дистиллированной воды. При снятии опыта отдельно убиралась и взвешивалась зеленая, желтая и подземная часть растений. После сушки растения подвергались повторному взвешиванию. Зеленая и желтая части растений подвергались атомно-абсорбционному анализу для выявления содержания в них Pb и других ТМ (Cd, Ni, Zn, Mn).

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о весьма значительной латеральной дифференциации тяжелых металлов в почвах Волковысской возвышенности, что, при относительной генетической и литологической однородности, свидетельствует о интенсивно протекающих в ландшафтах процессов, влияющих на рассеивание или накопление химических элементов. По значению коэффициента латеральной дифференциации изучаемые элементы образуют следующий ряд: $Co > Mn > Ni > Cu > Zn > Pb = Cr$. Это означает, что Cr, Pb и Zn более активно мигрируют в ландшафтах и, в случае загрязнения ими небольшого участка, ореол загрязнения будет интенсивно расширяться. Данное обстоятельство затрудняет работы по локализации и рекультивации территорий, загрязненных этими токсикантами.

Выявлены различия содержания ТМ в гумусовом горизонте пахотных, лесных и пойменных почв. Отмечено повышенное содержание целого ряда элементов в почвах пойм рек. Превышения зарегистрированы для Mn, Zn, Cu, Pb и Ni. Это объясняется тем, что сносимые с водоразделов элементы накапливаются на геохимических барьерах в пределах поймы, особенно интенсивно оно протекает на сорбционном барьере, представленном гумусом, содержание которого в пойменных почвах повышено.

Среднее содержание многих ТМ различно в природных и агроландшафтах. В лесных почвах содержание Zn, Cu, Pd и Ni превышает их со-

держание на пашне, а Cr, Mn и Co – ниже. Максимальное содержание Cr и Co зафиксировано для пахотных почв района, данное обстоятельство может быть связано с антропогенным влиянием, поскольку на сельскохозяйственных угодьях регулярно проводится известкование, благодаря чему реакция почв близка к нейтральной, а в этих условиях интенсивность миграции этих элементов снижается [3, 4]. Более низкое содержание Zn, Cu, Pb и Ni в пахотных почвах объясняется их более интенсивным выносом, поскольку линейная эрозия и плоскостной смыв на пашне более выражена, чем в лесу. Значительное влияние на данные различия оказывает и вынос ТМ вместе с ежегодно отчуждаемым урожаем, что уменьшает их содержание в почве.

Установлены коренные различия латеральной геохимической дифференциации тяжелых ТМ в природных и агроландшафтах. Содержание большинства ТМ в гумусовом горизонте пахотных почв повышается от вершины холма к подошве, тогда как в природных ландшафтах, покрытых сосновыми лесами, наблюдается противоположная дифференциация Mn, Ni, Cr и Co. Особенно значительные отличия выявлены в распределении Ni, мигрирующего механическим путем. Латеральная дифференциация Cu практически не отличается в природных и агроландшафтах, что связано с особенностями ее миграции. Различия в распределении цинка и свинца более сложные и не поддаются однозначной оценке.

Согласно данным атомно-абсорбционного анализа было установлено, что для зеленой массы ячменя характерен незначительный рост содержания свинца, так при повышении концентрации подвижных форм свинца в почве в 100 раз его содержание в зеленой части растений повышалось только в 2 раза. Отмечено накопление Pb в корневой части растений.

Наблюдалось уменьшение коэффициента накопления свинца в зеленой массе ячменя с увеличением концентрации подвижных форм в почве. Его значения колеблются в пределах от 0,87 (вариант с внесением 10 мг Pb) до 0,13 (вариант с внесением 1000 мг Pb), что указывает на необменную сорбцию Pb ОМК почвы и на способность ОМК поглощать и необменно фиксировать ТМ и радионуклиды.

Зафиксировано изменение накопления зеленой массой растений ТМ (Cd, Ni, Zn, Mn) в зависимости от содержания в почве Pb, однако линейная закономерность была выявлена только для марганца и выразилась в повышении его накопления при росте дозировки вносимого свинца. Накопление Cd, Ni, Zn различно в разных вариантах и строгой зависимости между этими элементами и Pb не выявлено.

Литература.

1. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде. – Мн., 1994. – 285 с.

2. Филипас А.С., Ульяненко Л.Н., Лой Н.Н. и др. // Док. Рос. акад. с/х н-к. – 2001. – № 3. – С. 18-20.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск, 1991. – 151 с.
4. Тиво П.Ф., Быцко И.Г. Тяжелые металлы и экология. – Мн., 1996. – 192 с.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПЛУТОНИЮ И АМЕРИЦИЮ

Кимленко И. М.

Научно-исследовательская лаборатория радиохимии Белгосуниверситета

Введение. По состоянию и миграционным свойствам присутствующие в почве химические формы радионуклидов можно условно разделить на две группы: малоподвижные, связанные с твердой почвенной фазой, и относительно подвижные, входящие в состав почвенных поровых вод (жидкой почвенной фазы). О количественном соотношении указанных форм радионуклидов можно судить по величине коэффициента межфазного распределения (K_d), который представляет собой отношение равновесных концентраций радионуклида в твердой и жидкой почвенных фазах. Коэффициент K_d является важным параметром, характеризующим сорбцию элемента почвой. Максимальные значения K_d свойственны почвам с наиболее высокой сорбционной способностью по отношению к радионуклиду. Степень сорбции радионуклида почвенным комплексом и связанная с ней подвижность радионуклида в почвенно-растительном покрове в значительной степени зависит от химической природы элемента и физико-химических характеристик почвенной среды.

Данная работа посвящена сравнительному анализу сорбции $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am почвами с различной структурой сорбционного комплекса. Изучено влияние на сорбцию плутония и америция содержания и состава органического вещества, кислотности (pH_{KCl}), емкости катионного обмена (ЕКО) и влагоемкости почвы, а также состава почвенных поровых вод.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования служили образцы почв, загрязненные продуктами чернобыльского выброса, отобранные в Хойникском районе Гомельской области на расстоянии 10-50 км от ЧАЭС. Почвенные растворы извлекали из водонасыщенных образцов почв методом высокоскоростного центрифугирования [1]. Выделение и химическое фракционирование гумусовых веществ (ГВ) почв осуществляли по модифицированной схеме Тюрина [2]. Содержание $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в исследуемых образцах определяли методом радиохими-

ческого анализа [3]. Характеристики почв и почвенных растворов изучали по общепринятым методикам.

Результаты и их обсуждение. Проведено комплексное экспериментальное исследование распределения плутония и америция между твердой и жидкой фазами почв, а также по группам и фракциям органического вещества, отличающимся молекулярно-массовым составом, растворимостью и подвижностью в почвенной среде.

Анализируемые образцы почв существенно различались по структуре сорбционного комплекса. Объекты исследования представлены кислыми и слабокислыми почвами (pH_{KCl} 3.9-6.6) с содержанием органических компонентов от 1 до 44 %, ЕКО от 30 до 760 мг-экв/кг и полной влагоемкостью от 20 до 260 %. Удельные активности почвенных образцов по $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am составляли 30-500 Бк/кг.

Концентрация и химическое состояние плутония и америция, обнаруженных в почвенных растворах, являются важнейшими характеристиками, определяющими миграционные свойства радионуклидов в почвенно-растительном покрове. Установлено, что относительное содержание трансурановых элементов (ТУЭ) в почвенных растворах не превышает 1 %. Самые высокие концентрации радионуклидов в водной фазе почв свойственны верхней (0-5)-см части почвенных профилей. С глубиной концентрации радионуклидов в почвенных растворах постепенно снижаются [1]. Показано, что плутоний и америций присутствуют в жидкой фазе почв в составе органических соединений различной степени дисперсности. В изученных почвенных растворах до 22 % плутония и америция от их общего содержания в жидкой почвенной фазе обнаружено в составе тонкодисперсных взвесей и коллоидных частиц.

Определены коэффициенты межфазного распределения $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am (K_d) для почв разного состава. Они меняются от 80 до 3500 л/кг, отличаясь более чем на порядок. Минимальные коэффициенты K_d наблюдали в дерново-подзолистых песчаных почвах, отличающихся низкой емкостью катионного обмена и незначительным содержанием ГВ (около 1 %). Изученные органические почвы с примерно одинаковым содержанием гумусовых веществ ($\approx 40\%$) почти на порядок отличаются по концентрации органических компонентов в водной фазе. По-видимому, это является одной из причин различного распределения плутония и америция между твердой и жидкой фазами этих почв. Торфяно-болотная почва с содержанием водорастворимых органических компонентов 190 мг/л характеризуется самой высокой сорбционной способностью по отношению к ТУЭ (K_d достигают 3500 л/кг), а торфяно-глеявая почва с содержанием органических компонентов в водной фазе до 2200 мг/л — сравнительно низкой сорбционной способностью (K_d не превышают 300 л/кг). Промежуточная сорбционная способность по отношению к ТУЭ наблюдается у дерновых и дерново-подзолистых супесчаных почв с содержанием ГВ порядка 8 %. Показано,

что сорбция плутония твердой фазой почв, как правило, выше, чем америция.

Установлено, что влагоемкость почв и состав почвенных растворов существенно влияют на межфазное распределение плутония и америция. Отмечено, что с увеличением отношения концентрации органического вещества к концентрации железа в водной фазе ($[OM]/[Fe]$), поступление радионуклидов в почвенный раствор уменьшается, т.е. сорбционная способность почвы по отношению к плутонию и америцию возрастает (соответствующие коэффициенты межфазного распределения увеличиваются) [4].

Невысокая подвижность ТУЭ в почвенно-растительном покрове связана с незначительной способностью радионуклидов переходить в водную фазу. Из результатов изучения распределения плутония и америция по фракциям ГВ, различающихся растворимостью и подвижностью в почвенной среде, следует, что малорастворимые компоненты ГВ, их элементоорганические соединения на основе кальция, железа, алюминия, а также малоподвижные органоминеральные комплексы с глинистыми минералами почв в основном удерживают радионуклиды в твердой фазе почв (до 80 %). Показано, что относительно высокомолекулярные фракции ГВ органических почв удерживают в составе твердой фазы больше ТУЭ по сравнению с соответствующими компонентами минеральных почв. Это может быть обусловлено разным качественным составом ГВ почв. При этом высокомолекулярные органические фракции в большей степени удерживают плутоний, чем америций [4, 5].

В представленной работе дана оценка совокупного влияния почвенных характеристик на сорбцию ТУЭ твердой фазой почвы. Математическая и статистическая обработка проводилась в системе STATISTICA для Windows. Результаты многофакторного анализа свидетельствуют, что коэффициенты межфазного распределения плутония и америция в наибольшей степени зависят от совокупности таких характеристик как степень увлажнения почвы, содержание ГВ и концентрация органических компонентов в водной фазе почвы. Показано, что чем ниже степень увлажнения почвы, больше ГВ в ее составе и меньше концентрация органических компонентов в водной фазе, тем выше коэффициент межфазного распределения K_d и ниже миграционная способность ТУЭ.

В результате проведенных исследований изученные почвы дифференцированы по сорбционной способности по отношению к плутонию и америцию. Их можно расположить в следующий ряд: *дерново-подзолистые песчаные* < *дерново-подзолистые супесчаные* \cong *торфяно-глеевые* < *дерновые* < *торфянистые* << *торфяно-болотные*. Показано, что плутоний, как правило, лучше сорбируется твердой фазой почв и менее подвижен в почвенно-растительном покрове, чем америций.

Литература.

1. Овсянникова С.В., Соколик Г.А., Эйсмонт Е.А. и др. // Геохимия. – 2000. – № 2. – С. 222 - 234.
2. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. // Гумус и почвообразование. – 1980.– 221 с.
3. Павлоцкая Ф.И., Мясоедов Б.Ф. // Радиохимия. – 1996. – Т. 38, № 3. – С. 193-209.
4. Sokolik G., Ovsiannikova S., Kimlenko I. // Abstracts of Int. congress on the radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments. Aix-en-Provence, France. – 2001. – P. 33.
5. Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Кимленко И.М. // Доклады НАН Б. – 2001. – Т. 45, № 1 – С . 107 – 112.

ВЛИЯНИЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНЪЮГАЦИИ ПОЛИТЕННЫХ ХРОМОСОМ ХИРОНОМУСА

Ковалевич Н.Ф., Артюх Д.Ю.

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году привела к загрязнению значительной части территории Беларуси радионуклидами, которые до настоящего времени являются мощным источником γ -излучения и оказывают существенное воздействие на жизнедеятельность организмов, обитающих на этих территориях. Прогнозировать генетические последствия воздействия γ -облучения на виды в природных условиях в большинстве случаев удастся благодаря данным, полученным в экспериментах на модельных объектах.

Комар *Chironomus plumosus* L.(*Diptera: Chironomidae*) может служить модельным объектом при оценке генетических эффектов γ -облучения у видов водной энтомофауны. Очевидным преимуществом его является наличие политенных хромосом в ядрах клеток слюнных желез личинок. Анализ структуры политенных хромосом, состоящих из двух спаренных гомологов, позволяет выявить и зарегистрировать малейшие изменения в ядерном аппарате этих насекомых.

Имеющиеся сведения об изменениях структуры хромосом, возникающих у хирономид под влиянием ионизирующего излучения, немногочисленны (Keyl, 1958; Петрова, 1991; Гундерина, Айманова, 1998). В этих работах установлен спектр аберраций, возникающих в политенных хромосомах после облучения хирономид в лабораторных условиях (Keyl, 1958; Гундерина, Айманова, 1998) и в естественных условиях (Петрова, 1991).

Целью нашей работы является изучение эффективности конъюгации гомологов в политенных хромосомах слюнных желез личинок *Chironomus plumosus* L. в зависимости от дозы γ -излучения.

Материалы и методы исследования. В работе использовали *Chironomus plumosus* L. из природных водоемов г. Бреста. γ -облучение личинок IV возраста проводилось на терапевтической установке РОКУС (Со-60), мощностью 0,748 Гр/мин. в дозах 1 Гр, 10 Гр, 100 Гр. Личинок анализировали через 15 суток после облучения (Гундерина, Айманова, 1998). Для этой цели у них выделяли слюнные железы и приготавливали давленные препараты политенных хромосом по модифицированной нами стандартной ацетокарминовой методике (МакГрегор, Варли, 1986). В ходе цитологического анализа для всех хромосом проводился учет структурных изменений, критерием оценки которых является число участков, где отсутствует конъюгация гомологичных хромосом (зоны асиапсиса). Для оценки достоверности отличий частоты встречаемости хромосомных нарушений в опытных вариантах, по сравнению с контролем, рассчитывали значение t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Нормальная структура политенных хромосом *Chironomus plumosus* L. предполагает тесный синапсис гомологов по всей их длине (феномен соматической конъюгации). Однако в ряде случаев наблюдается отсутствие конъюгации отдельных участков хромосом (асинапсис). Асиапсис является одним из наиболее часто встречающихся структурных изменений политенных хромосом. Сам по себе он не приводит к каким-либо наследуемым изменениям генетического материала, однако по нему можно судить о чувствительности генетических систем к внешним воздействиям, в нашем случае к γ -излучению.

В работе проводился учет зон асиапсиса на политенных хромосомах, на основе чего рассчитывалась эффективность конъюгации гомологов по всей хромосоме в целом (100% - полная конъюгация всех участков хромосомы). Результаты представлены в таблице.

Таблица.

Эффективность конъюгации в политенных хромосомах слюнных желез у личинок *Chironomus plumosus* L. в контроле и при действии различных доз γ -облучения (%).

хромосома	эффективность конъюгации (%)			
	контроль	1 Гр	10 Гр	100 Гр
I	96,72 \pm 1,2	91,44 \pm 1,71*	85,59 \pm 2,47***	80,58 \pm 2,34***
II	96,11 \pm 1,19	91,20 \pm 1,92*	86,86 \pm 2,12***	78,13 \pm 2,51***
III	96,93 \pm 0,95	95,37 \pm 1,25	91,10 \pm 1,25**	91,52 \pm 1,32***
IV	0,41 \pm 0,4	3,24 \pm 1,63	5,51 \pm 1,72**	8,48 \pm 2,65**

Примечание: *, **, *** - отличия опытных вариантов от контроля достоверны при $P < 0,05$; 0,01; 0,001 соответственно.

Как видно из таблицы, значения рассматриваемых показателей при дозе 1 Гр не существенно отличаются от контроля, что можно объяснить их случайными вариациями. При действии же γ -облучения в дозах 10 и 100 Гр явления асинапсиса наблюдаются в большинстве исследуемых хромосом. При этом для I, II и III хромосом снижение эффективности конъюгации достоверно. Возможные причины наблюдаемых эффектов обсуждаются.

IV хромосома у *Chironomus plumosus* L. представлена двумя неспаренными гомологами, поэтому в контроле эффективность конъюгации практически равна нулю. При облучении наблюдается повышение эффективности синапсиса гомологов, наиболее существенное при дозах 10 и 100 Гр. Данное явление может быть связано с эктопической конъюгацией гетерохроматиновых участков IV хромосомы, которое индуцируется при действии различных факторов (Прокофьева-Бельговская, 1986). Для IV хромосомы увеличение эффективности конъюгации является статистически значимым.

Таким образом, разработанный нами метод учета эффективности конъюгации гомологов политенных хромосом позволяет выявлять и регистрировать степень воздействия γ -облучения на зрелых личинок хирономид. Культивирование личинок в течение 15 суток после облучения необходимо для наиболее полного проявления возникших структурных нарушений в политенных хромосомах, т.к. визуализация повреждений в них отсрочена (Гундерина, Айманова, 1998).

Выводы.

1. При действии γ -излучения снижается эффективность конъюгации политенных хромосом *Chironomus plumosus* L., причем эффект усиливается при увеличении дозы облучения. Для IV хромосомы *Chironomus plumosus* L. отмечено увеличение частоты конъюгации гомологов при действии γ -излучения.
2. Наибольшие структурные изменения политенных хромосом вызывает γ -облучение в дозе 100 Гр.

Литература.

1. Гундерина Л.И., Айманова К.Г. //Генетика – 1998 – Т.34 - №3 – стр. 355-363.
2. МакГрегори Г., Варли Дж. Методы работы с хромосомами животных. – М.: Мир, 1986. – 272 с.
3. Петрова Н.А.//Генетика – 1991 - т.27 - №5 - с.836-848.
4. Прокофьева-Бельговская А.А. Гетерохроматиновые районы хромосом. – М.: Наука, 1986. – 432 с.
5. Keyl H.G. //Chromosoma. – 1958. – V.9. – p.441-483.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ^{137}Cs И ^{90}Sr В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Колыбов А.А., Сасина Н.В.

Институт геологических наук НАН Беларуси

Болотные экосистемы играют важную роль в функционировании биосферы как единого целого, обеспечивая воспроизводство специфических сообществ лесных, озерных и речных экосистем, регулирование поверхностного и подземного стока природных вод и пр. [1]. Вместе с тем они являются аккумуляторами радионуклидов и других техногенных загрязнителей. Высокое содержание мобильных форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в этих системах создает угрозу постоянного поступления радионуклидов в речные и грунтовые воды. Отсюда, большая актуальность исследований заболоченных территорий для решения проблем экологии и хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в пределах болотных массивов «Опромах» и «Майдан-2». Первый из них расположен в Лельчицком районе Гомельской области, уровень выпадения ^{137}Cs в пределах болотного массива составил $3,0 \cdot 10^8$ кБк/км². Низинный болотный массив «Майдан-2» расположен в Хойникском районе Гомельской области (30-км зона отчуждения) с уровнем ^{137}Cs -загрязнения свыше $54,8 \cdot 10^8$ кБк/км² (Рис.1).

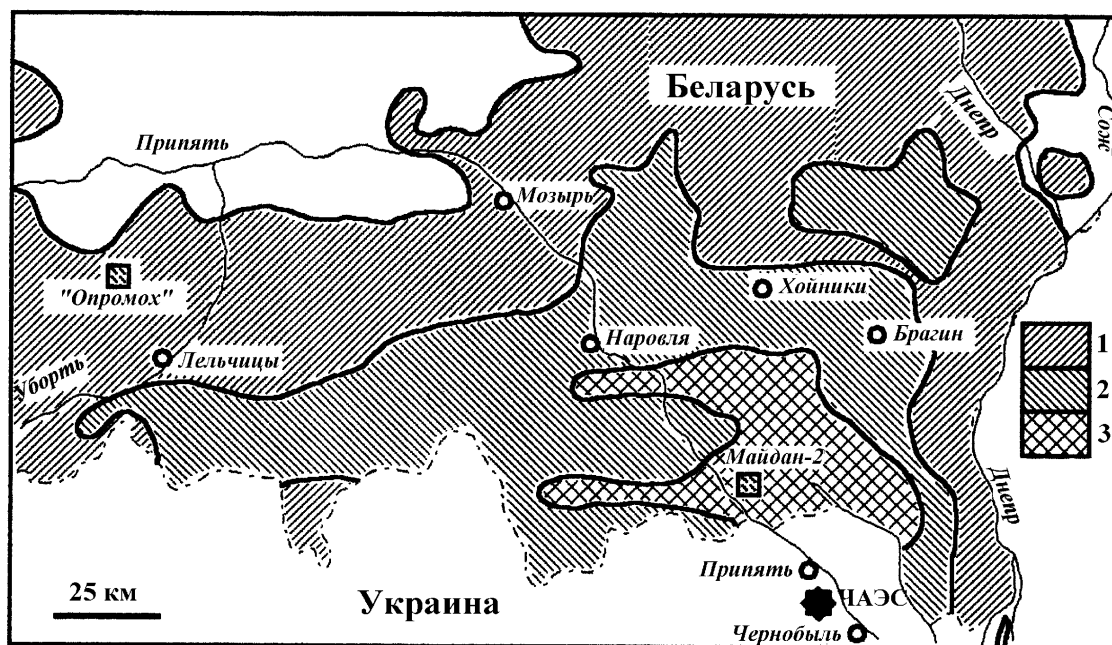


Рис.1. Схема расположения болотных экосистем Опромах и Майдан-2. Плотность ^{137}Cs -загрязнения: 1—от $1,37 \cdot 10^8$ до $6,85 \cdot 10^8$ кБк/км²; 2—от $6,85 \cdot 10^8$ до $54,8 \cdot 10^8$ кБк/км²; 3—более $54,8 \cdot 10^8$ кБк/км². Плотность ^{90}Sr -загрязнения на обеих болотных экосистемах составляет соответственно $0,37 \cdot 10^8$ кБк/км² и $1,11 \cdot 10^8$ кБк/км²

В период 1993-2001 гг. лабораторией гидрогелологии ИГН НАН Б проводились регулярные исследования этих объектов. С отбором и лабораторным изучением образцов почв и проб воды. Дополнительно извлекались поровые и почвенные растворы. Комплекс радиохимических и гамма-спектрометрических исследований был выполнен в Белорусском государственном университете и Институте геологических наук. Содержание ^{137}Cs определялось с помощью гамма-спектрометра ADCAM-300 фирмы ORTEC с полупроводниковым германиевым детектором, а также на низкофоновой установке «CANBERRA» с NaI-детектором. Определение ^{90}Sr осуществлялось радиохимическим методом по стандартной методике [2]. В результате исследований охарактеризовано распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах, почвенной (поровой) воде, в болотных и дренажных водах.

Результаты и их обсуждение. Почвы: Содержание ^{137}Cs в почвенном покрове верхового болотного массива «Опромох» (слой 0-45 см) варьирует в пределах 46,1-149,0 кБк/м² (данные 1993-1994гг.). На низинном болоте концентрация ^{137}Cs в слое 0-45 см варьирует в пределах 1,19-759 кБк/м² с максимумом на глубине 1-5 см. (данные 1993,1994,1999-2001гг., шурф 7). Активность ^{90}Sr в почвах низинного болотного массива «Майдан-2» в слое той же мощности изменяется от 0,26 до 74,5 кБк/м² (1993г., шурф 7).

Рассчитаны коэффициент квазидиффузии D и скорость миграции V (для ^{137}Cs и ^{90}Sr) по почвенным профилям болотных экосистем. На верховом болотном массиве эти параметры для ^{137}Cs более высокие ($D=1,797$ см²/год, $V=6,70$ см/год), чем на низинном болоте ($D=0,0018$ см²/год, $V=0,068$ см/год).

На низинном болотном массиве «Майдан-2» для ^{90}Sr получены по почвенному профилю более высокие параметры миграции $D=0,018$ см²/год, $V=0,53$ см/год.

Поровые растворы: Содержание ^{137}Cs в поровых растворах на верховом болоте «Опромох» варьирует в пределах 1,2-48,0 Бк/л (1993-1994гг.), что значительно выше чем на низинном болоте «Майдан-2» (5 Бк/л, 1999-2000гг).

Интересные данные получены при изучении химического состава поровых вод. Поровые растворы верхового болота отличаются более высокими концентрациями K^+ и NH^+ по сравнению с почвенными водами низинного. Известно, что повышенные концентрации NH_4^+ , K^+ приводят к увеличению подвижности ^{137}Cs в почвах, свойственной верховой экосистеме.

Коэффициент распределения между твердой и жидкой фазами K_d на верховом болотном массиве «Опромох» изменяется в пределах 8-208 л/кг, на низинном болотном массиве «Майдан-2» величина K_d достигает 1139-7129 л/кг.

Содержание ^{90}Sr в поровой почвенной воде низинного болота варьирует от 0,5 - 12,72 Бк/л, при низком коэффициенте распределения $K_d=5,3-11,7$ л/кг. Последнее свидетельствует о большей подвижности ^{90}Sr в системе «почва—поровый раствор» по сравнению с ^{137}Cs .

Болотные воды и воды дренажных каналов: Содержание ^{137}Cs в болотных водах болота «Опромох» варьирует от 0,75-2,52 Бк/л, на низинном болоте «Майдан-2» от 1,38-3,41 Бк/л. Содержание ^{90}Sr в болотной воде верхового болота составило 0,23 Бк/л, на низинном болотном массиве ^{90}Sr активность болотной воды достигала 24,7 Бк/л (1994г.).

^{137}Cs -активность дренажных вод верхового болота «Опромох» в 1993-94 гг. варьировала от 0,24 до 2,17 Бк/л в зависимости от объема водного стока [3]. В водах дренажного канала низинной болотной экосистемы «Майдан-2» активность ^{137}Cs в 1993-94, 1999-2001 гг. составляла 0,07-1,73 Бк/л. Активность ^{90}Sr в дренажных водах обеих экосистем в те же годы составила соответственно 0,12-0,18 и 9,15-13,85 Бк/л.

Выводы.

1. Весьма значительные концентрации ^{137}Cs в поровых растворах верхового болотного массива «Опромох» (до 48 Бк/л), свидетельствуют об интенсивности миграции радионуклида в болотных системах этого типа и, как следствие, о высокой опасности поступления мобильного ^{137}Cs в поверхностные и грунтовые воды смежных экосистем.
2. ^{90}Sr является еще более активным водным мигрантом, что прямо следует из низких коэффициентов распределения ($K_d=5,3-11,7$ л/кг) в почвенном покрове низинного болотного массива «Майдан-2».
3. По истечении 16 после аварии на ЧАЭС различные по своему генезису (как верховые, так и низинные) болотные экосистемы остаются опасными источниками вторичного загрязнения изотопами ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Литература.

1. А.В.Кудельский, Е.П.Петряев, С.В.Овсянникова, Г.А.Соколик, В.И.Пашкевич, А.А.Петрович. //Доклады НАН Беларуси. 1995, Т.39, №5, С.97-102
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / Под ред. А.Н. Марья, А.С. Зелковой. – М., 1980. С.338
3. Kudelsky A.V., Smith J.T., Ovsiannikova S.V., Hilton J.// Sci. Total Environ. 1996, 188 (2.3), pp. 101-113

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ АЦ КАРДИОМИОЦИТОВ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ

Комар Е.С.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г.Минск

Введение. Интерес к изучению эффектов магнитных и электромагнитных полей определен рядом причин. С одной стороны, обнаружено, что геомагнитное поле обладает реорганизирующим конструктивным воздействием на организм и его отдельные системы [1]; в то же время показано, что не только рост и дифференцировка клеток, но и их неопластическая трансформация происходят при участии ЭМП [2]. Широкое применение различных приборов в промышленности, быту привело к исключительно интенсивному электромагнитному загрязнению окружающей среды и реализации их многообразных негативных эффектов. Выявлено, что биологические эффекты ЭМП основаны на ответных реакциях как организма в целом, так и его отдельных структур, включая молекулярный уровень.

В основу наших исследований положена идея использования физических полей для коррекции постлучевых нарушений организма и его систем. Поскольку доказано, что эффекты электромагнитного воздействия и ионизирующих излучений могут реализоваться в живых организмах при помощи различных механизмов, можно предположить, что ЭМП способны корректировать постлучевые нарушения, вызванные воздействием γ -излучения.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились с использованием препаратов сарколеммы миокарда зрелых (4-5 мес.) самок крыс стадного разведения. Пролонгированное облучение животных осуществляли на установке «ГАММАРИД 192/120» с цезиевым источником при мощности дозы 2.7×10^{-7} Гр/с. В экспериментах для исследования влияния переменных магнитных полей (ПеМП) на облученный организм использовалось переменное импульсное магнитное поле; индукция магнитного поля составляла 15 мТ, частота следования импульса – 10 Гц, частота воздействия – 70-90 Гц.

Грубую фракцию мембран кардиомиоцитов получали по методу Ткачука В.А. и соавторов (1978). Аденилатциклазная активность мембранных препаратов стимулировалась изопротеренолом (ИП, 10^{-4} М). Содержание цАМФ в пробах определяли с помощью наборов реактивов РИО-цАМФ-йод-125-М (ИБОХ НАНБ). Концентрацию белка в препаратах определяли по методу Markwell. Статистическую обработку полученных результатов проводили на ПЭВМ, используя t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Исследования ряда авторов по изучению эффектов ПемП на аденилатциклазную систему миокарда свидетельствуют о перестройке экстракардиальной регуляции сердца: нарастании роли холинергических механизмов, накоплении цГМФ в кардиомиоцитах и ослаблении симпатoadреналовых влияний на внутриклеточный метаболизм. ПемП, как оказалось, способно вызвать глубокие нарушения функции симпатoadреналовой системы, привести к нарушению гормон-рецепторного взаимодействия в плазматических мембранах сердца, к снижению чувствительности АЦ к эффекторам.

Литературные данные свидетельствуют, что ПемП имеют наиболее выраженные эффекты на ряд параметров организма при условии их многократного применения и, особенно, на 2-4 сутки после прекращения сеансов магнитотерапии [3]. В наших экспериментах корректирующие воздействия ПемП на аденилатциклазную систему кардиомиоцитов животных, подвергнутых пролонгированному облучению изучались на 3-и сутки после девяти сеансов магнитотерапии (первые 3 суток – ежедневно, последующие – через день).

Результаты экспериментов свидетельствуют, что начиная с 10 по 30 сутки после воздействия γ -излучения отмечается уменьшение базальной активности АЦ в кардиомиоцитах крыс. В то же время, в группе животных, облученных в дозе 1,0 Гр и подвергнутых в последующем воздействию ПемП, уровень нестимулированной активности фермента на 20 сутки не отличался от контроля.

Полученные данные свидетельствуют, что под воздействием ПемП уровень базальной активности АЦ миокарда крыс, подвергнутых облучению в дозе 1,0 Гр, восстанавливается до нормы в более ранние сроки. Очевидно, ПемП способно оказать стимулирующее воздействие на сниженную активность фермента в миокарде животных, подвергнутых γ -излучению. Восстановление активности аденилатциклазы, стимулированное переменным магнитным полем, может осуществляться за счет различных механизмов: усиления синтеза каталитических субъединиц АЦС и их встраивания в плазматическую мембрану, либо изменения липидного микроокружения АЦ в сарколемме.

Анализ данных о состоянии рецепторопосредованной регуляции активности АЦ у облученных животных, подвергнутых впоследствии воздействию ПемП, показал отсутствие каких-либо корректирующих воздействий магнитных полей на изопротеренол-стимулированную активность. Так, после пролонгированного облучения на 20-30 сутки постлучевого периода обнаруживается десенситизация АЦС к изопротеренолу, специфически действующему на β -АР. Механизмы десенситизации β -адренорецепторов АЦС разнообразны и, в целом, определяются наличием стрессорного компонента в действии ионизирующих излучений и прояв-

ляются в изменении функций рецепторов и их экспрессии. В действии МП также можно различить стрессорный компонент.

Полученные данные позволяют предположить, что эффекты ионизирующих излучений и ПеМП на механизмы восприятия экстракардиальной регуляции сходны.

Принято считать, что биологически активными могут быть любые магнитные поля, хотя бы незначительно отличающиеся от геомагнитного, т.к. живой организм в целом тонко реагирует на различные их изменения. Полученные в наших экспериментах данные свидетельствуют, что ПеМП способно также оказывать избирательные корректирующие воздействия, в частности, на нестимулированную активность аденилатциклазы миокарда крыс, подвергнутых пролонгированному облучению.

Исходя из представлений о резонансном действии ЭМП [1], можно полагать, что молекулой-мишенью для воздействия ПеМП в миокарде является фермент аденилатциклаза, каталитические функции которой, нарушенные в результате облучения, полностью восстанавливаются магнитными полями.

Литература.

1. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск, «Наука». 1985. 180 с.
2. Белишева Н.К., Попов А.Н. //2-ой Междунар.симп. «Механизмы действия сверхмалых доз, 23-26 мая 1995., М.-1995. -С.121-122
3. Удинцев Н.А., Мороз В.В., Колесова Н.И. и др.// В кн. «Окислительные ферменты животной клетки и регуляция их активности». 1978. Горький. 160 с.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА АДЕНИЛАТЦИКЛАЗНУЮ СИСТЕМУ МИОКАРДА

Комар Е.С.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г.Минск

Введение. По данным Минздрава Республики Беларусь у населения, проживающего на загрязненных в результате аварии на ЧАЭС радионуклидами территориях, значительно увеличилась частота сердечно-сосудистых заболеваний среди всех возрастных групп, особенно среди детей и подростков. Причиной этого могут быть особенности проявления эффектов пролонгированного облучения, то есть нелинейный характер зависимости ответа организма от дозы и мощности излучений, опосредован-

ность постлучевых эффектов через системы нейрогормональной регуляции, выраженность неспецифических компенсаторно-приспособительных реакций. Известно, что функциональные особенности адаптивных систем организма во многом определяются периодом онтогенеза. В связи с этим мы исследовали влияние пролонгированного облучения в дозе 1.0Гр на регуляторные свойства аденилатциклазной системы (АЦС) миокарда животных разного возраста.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проводились на неполовозрелых (2 мес.) и половозрелых (5 мес.) самцах крыс. Пролонгированное облучение животных осуществляли на установке «ГАММАРИД 192/120» при мощности дозы $2.8 \cdot 10^{-7}$ Гр/с. В экспериментах использовали грубую фракцию мембран кардиомиоцитов [1]. Аденилатциклазную активность мембранных препаратов стимулировали изопротеренолом (ИП, 10^{-4} М), NaF (10^{-2} М), ГТФ (10^{-9} - 10^{-4} М) и его синтетическим аналогом, негидролизуемым ГТФазой - ГТФ- γ -S (10^{-4} М). Содержание цАМФ в пробах определяли с помощью наборов реактивов РИО-цАМФ-йод-125-М (ИБОХ НАНБ). Концентрацию белка в препаратах определяли по методу Markwell [2].

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных данных свидетельствует об отсутствии возрастных различий в уровнях нестимулированной активности аденилатциклазы (АЦ).

После пролонгированного облучения в дозе 1.0Гр у неполовозрелых животных базальная активность фермента угнетается. У половозрелых животных снижение активности АЦ миокарда наступает в более поздние сроки постлучевого периода, тогда как в ближайшие сроки происходит повышение активности фермента. Снижение базальной активности АЦ миокарда у облученных неполовозрелых животных, вероятно, отражает несовершенство компенсаторно-приспособительных механизмов, а у половозрелых - их истощение.

Исследование изопротеренол-зависимой активации АЦ миокарда показало, что у неполовозрелых животных она выше, по сравнению с половозрелыми. Этот факт можно объяснить высокой плотностью β -адренорецепторов на поверхности относительно небольших клеток миокарда молодых животных. На более поздних стадиях онтогенеза вследствие увеличения объема кардиомиоцитов, уменьшения экспрессии β -адренорецепторов на мембранной поверхности кардиомиоцитов по мере становления симпатической регуляции сердца и возрастания уровня половых гормонов плотность β -адренорецепторов снижается [3]. Не исключено, что в онтогенезе могут происходить изменения функций G-белков и их сопряжения с β -адренорецепторами.

В первые сутки после облучения у животных обеих возрастных групп происходит повышение ИП-стимулированной активности АЦ миокарда, но у половозрелых животных в меньшей мере. На 3-и сутки по-

стлучевого периода у неполовозрелых животных ресенситизация АЦ миокарда к β -агонистам сохраняется, а у половозрелых теряется чувствительность к изопротеренолу. У неполовозрелых животных на 10-е и 30-е сутки постлучевого периода наблюдается снижение эффектов изопротеренола на активность АЦ, в то время как у половозрелых крыс на 10-е сутки вновь наступает повышение чувствительности аденилатциклазы к ИП, а к 30-м суткам - понижение.

Таким образом, общей ответной реакцией рецепторного звена АЦ неполовозрелых и половозрелых животных на пролонгированное действие ионизирующих излучений является повышение чувствительности АЦ к агонистам в ближайшие сроки постлучевого периода. Основные возрастные различия в рецепторопосредованных реакциях аденилатциклазы на облучение в малых дозах состоят в том, что у неполовозрелых животных в течение 30 суток после облучения происходит однократная смена ресенситизации на десенситизацию к β -агонистам, а у половозрелых - двукратная.

Обнаружено, что NaF и ГТФ- γ -S оказывали большее стимулирующее влияние на активность АЦ миокарда у неполовозрелых крыс. При использовании ГТФ (10^{-4} М) стимулирующее влияние на активность фермента у групп разного возраста не отличались, хотя дозозависимая активация АЦ миокарда гуаниловыми нуклеотидами у разных групп животных имела свои особенности: у половозрелых животных оказывалась нелинейной, с насыщением и графически отображается кривой S-образной формы, а у неполовозрелых животных максимальная активация фермента отмечается при низких концентрациях ГТФ (10^{-9} М), повышение концентрации нуклеотида приводит к нелинейному снижению активирующих воздействий. Такой тип регуляции характеризует бимодальное влияние ГТФ на активность АЦ, осуществляемое через G_s - и G_i -белки и указывает на важную роль половых гормонов в регуляции функции отдельных типов G-белков АЦС.

Изменения в стимулирующем действии эффекторов (ионов фтора и ГТФ- γ -S), опосредованных G-белком на активность АЦ в постлучевой период, в целом, соответствуют направленности изменений и характеру перестройки рецепторного звена у животных разных возрастных групп.

В постлучевой период как у половозрелых, так и у неполовозрелых крыс ГТФ-зависимая активация АЦ превышала контрольный уровень. После пролонгированного облучения половозрелых животных дозозависимая активация АЦ гуаниловыми нуклеотидами приобретает черты бимодального типа. Появление признаков, характерных для более ранних периодов индивидуального развития, может свидетельствовать о нарушении центральных механизмов регуляции функций органа. У неполовозрелых крыс пролонгированное облучение не изменяет характера дозозависимой регуляции активности АЦ гуаниловыми нуклеотидами. Однако при низких

концентрациях ГТФ у облученных животных отмечается более эффективная стимуляция активности фермента по сравнению с контрольными. При дальнейшем повышении концентрации ГТФ вновь отмечается волна активации фермента. Возможно, после облучения в миокардиальных мембранах неполовозрелых крыс модифицируются свойства α -субъединиц G-белка и/или стимулируется экспрессия каких-то их разновидностей.

В целом, у половозрелых животных ведущую роль в постлучевых перестройках стимуляторного пути АЦС миокарда приобретают регуляторные G-белки, а у неполовозрелых - β -адренорецепторы. У неполовозрелых крыс после пролонгированного облучения перестройки рецепторного звена и G-белков к действию специфических стимуляторов имеют синхронный характер: повышение либо понижение чувствительности к соответствующим эффекторам происходят параллельно. У половозрелых животных может наблюдаться повышенная реактивность G-белков, направленная на компенсацию сниженного влияния β -адренорецепторов на активность АЦ.

Литература.

1. Ткачук В.А., Балденков Г.Н. //Биохимия.-1978.- Т.43, № 6.- С.1097-1110
2. Markwell M.A.K, Haas S.M., Bierber L.L., Tolbert N.E. //Anal.Biochem.-1978.-Vol.87, N 1.-P. 206-210
3. Xiao R.P., Tomhave E.D., Wang D.J. et al. //J.Clin. Invest.- 1998.- Vol.101, №.6.- P.1273-1282

СОВМЕСТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИЗОТОПОВ Pu-238,239+240,241 В ПОЧВЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ МЕТОДАМИ α -СПЕКТРОМЕТРИИ И ЖИДКОСТНО- СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТА

Комаровская А.С., Забродский В.Н., Бондарь Ю.И.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Как источники альфа-излучения изотопы плутоний-238,239,240 относятся к высокотоксичным радионуклидам. Поступая в организм человека вместе с пылевыми частицами при дыхании или вместе с водой и пищей, изотопы плутония увеличивают дозовые нагрузки на население. Ранее Pu-241 не уделялось достаточно внимания из-за низкой энергии его β -излучения (21 keV) и относительно короткого периода полураспада (14.4 года). В то же время этот изотоп вносит существенный вклад в суммарную активность ТУЭ и является единственным значительным β -излучающим ТУЭ в низкоактивных отходах атомных электростанций.

При β -распаде Pu-241 образуется α -излучающий Am-241 с периодом полураспада 432,7 года. Am-241 чрезвычайно подвижен в окружающей среде и обладает радиотоксичностью большей, чем Pu-241 [1]. По этой причине важно принимать во внимание уровни активности Pu-241 при долгосрочном прогнозировании радиологической обстановки при захоронении радиоактивных материалов, содержащих этот изотоп плутония. Другим интересным аспектом является исследование изотопных соотношений Pu-241 к различным ТУЭ. Такие данные могут дать ценную информацию относительно путей поступления плутония в окружающую среду, поскольку в зависимости от источника радиоактивного выброса отношение Pu-241/(Pu-239+240) изменяется в широких пределах от 3 для «бомбового» плутония до 85 для «Чернобыльского» [2]. Таким образом, эта величина может быть использована для идентификации источника выброса.

Для определения изотопов плутония в почве использовалась комбинированная методика, включающая методы альфа-спектрометрии и жидкостно-сцинтилляционного счета. Радиохимическое определение плутония основывалось на переводе его в растворимое состояние путем обработки озоленных проб минеральными кислотами и последующей очистки от мешающих естественных и искусственных радионуклидов (главным образом альфа-излучающих ТУЭ) и нерадиоактивных примесей методом ионообменной хроматографии. Радиохимически чистый препарат плутония для альфа-спектрометрических измерений готовился в виде тонкослойной мишени методом соосаждения Pu с NdF_3 . После растворения осадка носителя плутония - фторида неодима - и смешения полученного раствора со сцинтиллирующим коктейлем производилось определение Pu-241, обладающего низкой энергией бета-излучения, с помощью жидкостно-сцинтилляционного счетчика в энергетическом окне 0-20 кэВ. Контроль химического выхода плутония осуществлялся по плутонию-242, вносимому в образец почвы перед выщелачиванием.

Такая методика имеет следующие преимущества:

- 1) отсутствует необходимость дополнительной экстракции плутония из матрицы альфа-спектрометрической мишени, и, тем самым, обеспечивается 100% переход Pu-241 в сцинтиллирующий коктейль;
- 2) мембранный фильтр почти полностью прозрачен в сцинтиллирующей среде (давая геометрию, близкую к 4 π);
- 3) в жидкостно-сцинтилляционный коктейль вводятся минимальные количества реагентов, гасящих сцинтилляцию;
- 4) химический выход плутония для данной мишени уже определен по данным предыдущей стадии α -спектрометрических измерений.

Анализ вклада различных компонентов погрешности конечного результата (удельной активности плутония в почве), произведенный на основе закона накопления погрешности, показывает, что основной вклад в погрешность конечного результата обусловлен: а) измерением активности

образца; б) измерением активности трассера; в) неопределенностью удельной активности трассера. К этому перечню добавляется неопределенность удельной активности стандартных образцов, используемых для калибровки α -спектрометра. Нами показано, что с помощью настоящей методики возможно проведение анализа проб почвы с удельной активностью Pu-238 и Pu-239+240 не менее 0,2 Бк/кг, а Pu-241 - не ниже 4 Бк/кг; при этом продолжительность измерения должна составлять не менее 10 часов.

При сопоставлении данных, представленных в таблице, видно, что абсолютные значения удельных активностей и характер их изменения по глубине близки между собой, что подтверждает достоверность результатов анализа почвы на α -излучающие изотопы плутония, полученных с помощью настоящей методики. Согласно полученным результатам, наибольшее содержание всех изотопов плутония наблюдается в слое 1-2 см, с последующим уменьшением в 8-10 раз в слое 4-5 см, что свидетельствует о невысокой скорости миграции изотопов плутония по почвенным слоям. В каждом из слоев наблюдается превышение содержания Pu-241 по сравнению с содержанием изотопов Pu-238 и Pu-239+240 в 25-50 раз. Соотношение изотопов Pu-238:Pu-239+240:Pu-241 во всех исследуемых слоях меняется от 1:2:36 для первого слоя до 1:2:26 в пятом слое с максимумом 1:2:46 в третьем слое. На момент отбора исследуемых проб (1999 год) 50% активности изотопа приходилось на слой 0-1,74 см для Pu-238 и Pu-239+240, слой 0-1,6 см для Pu-241. Рассчитав скорость движения глубины залегания 50% активности для каждого радионуклида (0,134 см/год для Pu-238 и Pu-239+240 и 0,123 см/год Pu-241) можно узнать глубину залегания 50% активности каждого изотопа на настоящий момент - 2,14 см для Pu-238 и Pu-239+240 и 1,97 см для Pu-241.

Таблица.

Послойное содержание изотопов плутония в образцах почвы бывшего населенного пункта Масаны, (ПГРЭЗ).

Глубина, см	Содержание изотопов плутония, Бк/кг				
				по данным работы [3]	
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Pu-238	Pu-239+240
0-1	188±20	384±40	6769±80	150±20	290±30
1-2	248±25	514±50	7339±80	340±30	670±70
2-3	74±10	156±20	3374±40	120±10	251±30
3-4	50±6	100±15	1509±16	86±9	170±20
4-5	30±4	60±7	785±12	32±4	65±6

Так как при β -распаде Pu-241 образуется α -излучающий Am-241 и, согласно литературным данным [4], активность Am-241 достигнет максимума в 2059 году, мы рассчитали, что плотность поверхностного загрязнения почвы америцием-241 в конечном счете возрастет за счет распада Pu-

241 на 6920 Бк/м², а плотность поверхностного загрязнения Pu-241 станет равной 13830 Бк/м².

С использованием комбинированной методики альфа-спектрометрии и жидкостно-сцинтилляционного счета также были выполнены анализы содержания изотопов плутония в слоях почвы, отобранных с ключевых участков Радин и Лесок 30-км зоны Чернобыльской АЭС.

Литература.

1. Несмеянов А.Н. Радиохимия. М.: Химия, 1978. 560 с.
2. Hirose, K., Igarashi, Y., Aoyama, M., Miyao. T. Radioactivity in the environment. Series Editor M.S.Baxter Vol.1. Plutonium in the environment Ed. A.Kudo. Edited Proceed. Of the 2-nd Invited Int. Symp. November 9-12, 1999, Osaka, Japan. ELSEVIER, 2001. p. 251-66.
3. Konoplya E.F., Mironov V.P. // Research into parameters governing the behavior of radioelements in contaminated soil of the Chernobyl region, Report IRB-10.96/12, , Minsk, 1996
4. Bondar Y., Kalinin V. // Vertical Migration of Americium-241 in Soils Within the Chernobyl 30km Zone: [Электронный ресурс] / ICER

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНОГО РАДИОАКТИВНОГО ФОНА НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Корсеко М.Н.

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси, Минск

Введение. Вся биосфера, начиная с простейших и кончая человеком, постоянно облучается атомной ионизирующей радиацией. На биосферу непрерывно воздействуют ионизирующие излучения, возникающие в результате распада имеющихся в Земле радиоактивных элементов ряда ²³⁸U, ²³²Th и ⁴⁰K, а также космические излучения.

В последние годы заметно возросло внимание к оценке роли естественного радиоактивного как важного экологического фактора. По высказыванию А.И.Ильина [1], проблема биологических эффектов низкоинтенсивного излучения является ключевой в современной радиобиологии.

По данным В.А.Трифоновой, В.В.Дубасова [3], среднее значение удельной активности естественных радионуклидов в почве составляет для ²³⁸U - 17,6; ²³²Th - 21,2 и ⁴⁰K - 378,4 Бк/кг, т.е. вклад ⁴⁰K в активность является доминирующим. В почве имеется еще ряд радиоактивных изотопов естественного происхождения, но они существенно не снижают роли ⁴⁰K в радиоактивном облучении биоты Земли.

Материалы и методы исследований. Для изучения влияния природного радиоактивного фона на растения была использована специально

сконструированная для этих целей свинцовая камера в форме прямоугольного параллелепипеда из свинцовых кирпичей, имеющих разъемы для стыковки.

Природный гамма-фон в месте проведения эксперимента составлял 17 мкР/час. Используя закрытую свинцовую камеру, нам удалось снизить природный гамма-фон до 1 мкР/час. Было рассчитано, что при внесении 1,5 кг реактива KCl в закрытую свинцовую камеру с площадью дна 20x20 см² мы компенсируем земную составляющую природного радиоактивного фона, создаваемого ⁴⁰K. При этом мощность экспозиционной дозы возрастает с 1 до 6 мкР/час.

Были предусмотрены следующие варианты опыта: 1) закрытая свинцовая камера; 2) закрытая свинцовая камера с 1,5 кг реактива хлористого калия; 3) закрытая картонная камера (контроль).

Проращивание семян злаковых видов растений осуществлялось в условиях лаборатории по общепринятой методике [2]. Семена проращивались одновременно в свинцовой и картонной камерах. После определения всхожести семян у проростков измеряли интенсивность дыхания по методу Бойсена-Йенсена. В параллельном эксперименте проростки культивировались в условиях водных культур на питательной смеси Гельригеля в течение 14 суток на открытом пространстве, после чего у опытных растений снимали различные биометрические показатели и определяли содержание хлорофилла и каротиноидов. Этими экспериментами была сделана попытка зафиксировать последствие проращивания семян в различных условиях облучения природным радиоактивным фоном на дальнейший рост и развитие растений, поскольку известно, что стартовые условия при проращивании семян оказывают влияние на последующие стадии развития растений [5].

Результаты и их обсуждение. В таблице помещены результаты исследований всхожести семян овса, яровой пшеницы, ячменя. Данные свидетельствуют, что понижение природного радиоактивного фона Земли с 17 мкР/час до 1 мкР/час значительно снижает всхожесть семян. Когда в закрытую камеру вносили хлористый калий, то отрицательный эффект изоляции семян от природного радиоактивного фона исчезал. У ячменя даже отмечен эффект стимуляции прорастания семян под влиянием хлористого калия в закрытой камере. Таким образом, видно, что излучение, создаваемое ⁴⁰K, оказывает положительное воздействие на всхожесть семян и даже наблюдается эффект стимуляции.

Данные биометрических измерений (высота растений, длина корневой системы, масса надземных органов и корневых систем) свидетельствуют, что изоляция семян от природного радиоактивного фона при их проращивании, включая и вариант с добавлением KCl в камеру, способствовала усилению роста надземных органов и увеличению их массы при дальнейшем культивировании на питательной среде (табл.).

Исследования показали, что снижение радиоактивного фона до 1 мкР/час стимулирует интенсивность дыхания у проростков. У пшеницы данный показатель составлял 7,34 мг CO₂/г·ч в опытном и 5,93 мг CO₂/г·ч в контрольном вариантах, у ячменя, соответственно, - 10,97 мг CO₂/г·ч и 9,98 мг CO₂/г·ч, у овса - 10,52 мг CO₂/г·ч и 9,68 мг CO₂/г·ч. Показано, что в присутствии ⁴⁰K в составе реактива KCl, введенного в свинцовую камеру, усиливалось дыхание у всех исследуемых видов растений. У овса интенсивность дыхания возросла на 0,93%, у ячменя - на 6,7%, у пшеницы - на 10,63%.

В надземных органах овса, яровой пшеницы и ячменя, выращенных из семян, проращивание которых осуществлялось в закрытой свинцовой камере, показатели содержания хлорофиллов «а», «b» и каротиноидов колебались на уровне контроля. Вместе с тем, как было показано ранее, растения в этом варианте опыта отличались более высокой продуктивностью. Это согласуется с положением, высказанным О.Хитом [4], что содержание хлорофилла и каротиноидов в растении не всегда лимитирует их продуктивность.

Таблица.

Влияние природного радиоактивного фона на всхожесть и биометрические показатели растений

Вариант опыта	Всхожесть семян, %	Высота растений, см	Длина корней, см	Надземная масса 10 раст., г	Масса корней 10 раст., г
Овес					
Закрытая камера	72,8 ± 1,70	28,1±0,35	25,1±0,78	5,2±0,12	2,8±0,14
Контроль	80,8 ± 2,66	26,8±0,45	27,0±0,74	4,8±0,10	2,9±0,07
Закрытая камера+KCl	84,0 ± 0,41	29,6±0,47	29,5±0,66	6,0±0,34	3,0±0,15
Контроль	82,0 ± 0,91	29,1±0,55	29,9±0,56	5,6±0,28	2,8±0,12
Пшеница яровая					
Закрытая камера	86,5 ± 1,32	29,9±0,69	21,4±0,54	3,6±0,12	1,3±0,03
Контроль	91,0 ± 0,91	29,2±0,56	20,4±0,62	3,7±0,12	1,4±0,08
Закрытая камера+KCl	91,8 ± 0,85	25,3±0,27	21,8±0,45	4,3±0,16	1,6±0,05
Контроль	90,8 ± 0,48	23,8±0,38	20,7±0,61	3,8±0,04	1,6±0,03
Ячмень					
Закрытая камера	61,5 ± 1,85	20,2±0,27	16,5±0,37	3,5±0,04	1,9±0,05
Контроль	77,3 ± 1,49	19,6±0,21	16,0±0,30	3,3±0,08	1,8±0,08
Закрытая камера+KCl	61,9 ± 1,52	25,0±0,30	14,8±0,45	4,4±0,04	2,0±0,03
Контроль	54,9 ± 1,59	23,9±0,31	15,8±0,48	4,3±0,08	2,0±0,13

В варианте опыта, где семена овса для водных культур проращивались в закрытой камере с реактивом KCl, в надземной массе растений наблюдалось достоверное увеличение хлорофилла «а» и каротиноидов, в то же время в растениях яровой пшеницы и ячменя произошло достоверное

снижение содержания каротиноидов. По-видимому, однотипная реакция яровой пшеницы и ячменя на воздействие ионизирующего излучения, создаваемого ^{40}K , связана с их более близким генетическим родством и одинаковыми требованиями к экологическим условиям среды по сравнению с овсом.

Литература.

1. Ильин А. И. // Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях: Тез. докл. науч. конф. — М., 2000. — С. 10.
2. Кулешов Н.Н. Агрономическое семеноведение. — М., 1963.
3. Трифонов В.А., Дубасов В.В. // Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях: Тез. докл. науч. конф. — М., 2000. — С. 47.
4. Хит О. Фотосинтез. М., Мир. — 1972. — 314 с.
5. Якушев Б. И. // Всесоюзн. совещ. по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям среды: Тез. докл. — Петрозаводск, 1981. — С. 152–153.

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ У РАСТЕНИЙ

Кравченко В. А.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Содержание хлорофилла – ценный параметр состояния растений, так как он характеризует их фазу развития и реакцию на действие стрессовых факторов [1]. Соотношение между хлорофиллом и каротиноидами является показателем отношения фотосинтеза к дыханию в растительном сообществе. Когда в сообществе фотосинтез превышает дыхание доминируют хлорофиллы, а при усилении дыхания сообщества увеличивается содержание каротиноидов [2]. В предлагаемой работе рассматривается вопрос о влиянии «чернобыльской» радиоактивности на пигментную систему.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований служили хвоя сосны обыкновенной и листья пырея ползучего. Удельная активность (УА) фитомассы измерялась с использованием гамма-спектрометра фирмы «Nokia», а мощность экспозиционной дозы (МЭД) – дозиметра ДРГ-01Т. Содержание фотосинтетических пигментов производилось по [3].

Результаты и их обсуждение. В одном из опытов растения, произраставшие на дерново-подзолистой почве в г. Минске, вместе с почвой, в сосудах, были в начале вегетации перевезены и установлены на залежном фитоценозе у д.Радин Хойникского района. Изоляция растений в сосудах

исключала возможность их корневого загрязнения радионуклидами. Оставшиеся растения в Минске служили в качестве контроля. Опытными можно назвать и пырей ползучий залежного фитоценоза, так как почвы в Минске и в Радице были близки по морфологическим параметрам, гранулометрическому составу и кислотности. Принимая во внимание высокую толерантность пырея ползучего к внешним факторам, можно говорить о выравнивании почвенно-климатических условий произрастания в ходе эксперимента. Как видно из табл.1, на период плодоношения у пырея залежного фитоценоза (опыт 2) содержание хлорофиллов а, б и каротиноидов у опытных и контрольных растений были практически одинаковыми. Данный факт свидетельствует о том, что радиоактивность в течение 67 сут не вызвала каких-либо изменений в концентрации пигментов.

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях пырея ползучего, пересаженного из г. Минска на территорию фитоценоза у д.Радин

Вариант	МЭД, мР/ч	Погло- щенная доза, Гр	Концентрация пигментов в сырых листьях (мг/г)				
			хлоро- филл а	хлоро- филл б	(а+б)	а/б	Кароти- ноиды
контроль	фон	фон	0,8	0,4	1,2	2,0	0,7
опыт 1	1,4	0,03	0,8	0,4	1,2	2,0	0,5
опыт 2	1,4	0,03	0,8	0,3	1,1	2,7	0,5

Приведённые в таблице 2 значения для сосны обыкновенной, свидетельствуют о стабильности пигментной системы при данных уровнях радиоактивности.

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в хвое сосны обыкновенной

МЭД, мР/ч	УА Cs-137 фито массы, Бк/кг	Погло- щенная доза, Гр	Концентрация в сырой хвое (мг/г)		
			хлоро- филл а	хлоро- филл б	Кароти- ноиды
<u>Хвоя однолетняя</u>					
фон	фон	фон	0,14	0,06	0,09
0,28	$1,56 \cdot 10^4$	0,04	0,14	0,08	0,09
1,20	$5,54 \cdot 10^4$	0,15	0,17	0,09	0,10
3,40	$91,1 \cdot 10^4$	0,30	0,14	0,08	0,10
<u>Хвоя двулетняя</u>					
фон	0	0	1,00	0,50	0,65
0,28	$0,23 \cdot 10^4$	0,04	0,80	0,40	0,50
1,20	$1,19 \cdot 10^4$	0,32	0,80	0,60	0,60
3,40	$38,5 \cdot 10^4$	1,40	0,80	0,40	0,50

Таким образом, данные литературы и проведенные исследования показывают, что хлорофиллы и каротиноиды устойчивы к действию радиоактивности.

Дальнейшие исследования в природных сообществах показали, что варьирование удельной активности фитомассы от 1700 до 38000 Бк/кг по Cs-137 у пырея ползучего и зверобоя продырявленного, не вызывало существенных изменений содержания пигментов.

В опытах, проведенных Заболотным А.И. с сотрудниками [4], также не было обнаружено существенных изменений в количестве хлорофилла у люпина желтого, выращенного на радиоактивной почве.

Исходя из того, что концентрация пигментов характеризует гомеостаз растительных сообществ [2], правомерно сделать вывод об их устойчивости при данных поглощенных дозах радиации.

Литература.

1. Шчадина Т.М. // Физиология и биохимия культурных растений 1998. Т30. №6. С. 427-435.
2. Одум Ю. Экология в 2-х томах. Т.1. М. Мир, 1986.-328с.
3. Шлык А.А. // В кн. Биохимические методы в физиологии растений М., Наука, 1971. С.154-170.
4. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / Под общ. ред. В.И. Парфенова, Б.И. Якушева.-Минск, Наука и техника, 1995.-582с.

ДЕЙСТВИЕ КОРТИКОСТЕРОНА И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ИММУНОФАГОЦИТАРНОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Кравченко Е.А., Пильченко Н.В.
Институт радиобиологии НАНБ

Введение. В условиях нашей экологически и экономически неблагополучной республики отмечается неуклонный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями и ревматическими болезнями [1,2,3]. Поэтому в настоящее время остроактуальна проблема поиска оптимальных методов лечения таких больных. Однако, современные методы терапии этих тяжелых больных нельзя назвать патогенетическими, т.к. они базируются на достижении глубокой иммуносупрессии [2]. Получаемый эффект – непродолжительный : на некоторое время сглаживается симптоматика за счет резкого угнетения всех систем жизнеобеспечения организма больного, в первую очередь, иммунной [3, 4, 5]. Это создает почву для развития

тяжелых побочных синдромов – печеночной, почечной недостаточности, дисбактериоза, кандидоза. Качество жизни больных снижается, это уже не жизнь, а непрерывное страдание, ожидание неминуемой смерти. Нередко больные погибают не от основной болезни, а от последствий массивного введения иммунодепрессантов [3, 4, 5]. Тем не менее продолжается широкое их применение, причем, во многих случаях, медицина идет проторенной дорогой по инерции, рекомендуя рутинное лечение иммуносупрессорами, часто в огромных дозах, даже тогда, когда в этом нет необходимости. Кроме того, необходимо отметить, что исследованию побочных эффектов иммунодепрессантов уделяется недостаточное внимание [4]. В этой связи, в нашей работе мы задались целью определить побочные эффекты подобной «терапии» – лучевого воздействия, применения кортикостерона и их сочетания на функционирование иммунофагоцитарной системы экспериментальных животных.

Материалы и методы исследования. Экспериментальная работа проведена на белых нелинейных крысах-самцах. Животные были сформированы в 4 группы, по 6 особей в каждой: 1-я – животные, облученные однократно в дозе 1 Гр с мощностью дозы 5 сГр/мин; 2-я – облученные животные, которым вводили кортикостерон в форме масляной суспензии в дозе 10 мг/кг массы на протяжении 32-х дней; 3-я – необлученные животные, которым вводили кортикостерон по вышеуказанной схеме; 4-я – контроль – интактные животные. Исследования провели в динамике – на 10 и 30-е сутки после воздействия повреждающих факторов. Для иммунологических исследований отбирали селезенку. Определяли массу данного органа, клеточный состав, соотношение белой и красной пульпы в мазках, полученных из гомогената ткани органа, а также функционирование мононуклеаров лиенальной ткани в тесте макрофагальной трансформации. Для этого получали лейкоконцентрат из гомогената селезеночной ткани и на градиенте плотности фиколл-урографин (1,087) выделяли мононуклеары. Макрофагальная трансформация мононуклеаров была выявлена при культивировании *in vitro* клеток в среде RPMI 1640 и определена количественно после 24-часовой инкубации при посчете в мазках из культур, окрашенных по Нохту.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что у облученных животных, которым вводили кортикостерон, развивается тяжелый аутоиммунный процесс, который в конечном итоге приводит к глубокому угнетению иммунной системы и атрофии иммунокомпетентных органов, что выявляется уже после 10-12-тидневного введения гормона. Клинически у них наблюдали угнетенное состояние, поражение кожи в форме эрозивно-язвенного демодекоза, истощение и гибель. Патологоанатомически выявляли глубокие дистрофические изменения внутренних органов, атрофию тимуса, костного мозга, селезенки, лимфоидной ткани вообще – характерный патомофоз при иммунодепрессии.

Как наглядно видно из вышеприведенных данных, введение кортико-костерона в высоких дозах оказывает более выраженное иммуносупрессивное действие, чем острое гамма-облучение в малых дозах. При гамма-облучении отчетливо вывляется первоначальный стимулирующий эффект с последующим угнетением. При введении кортико-костерона стимулирующего эффекта не отмечено – сразу же развивается глубокая атрофия красной и белой пульпы селезенки, что видно при цитологическом исследовании, угнетение функционирования мононуклеаров до полной их гибели.

Таблица.

Динамика изменений массы селезенки и макрофагальной трансформации мононуклеаров лиенальной ткани на фоне действия ионизирующей радиации и кортико-костерона

№ п/п	Группы животных	Масса селезенки, мг		Показатель макрофагальной трансформации мононуклеаров, %	
		10-й день	30-й день	10-й день	30-й день
1	Животные, облученные в дозе 1 Гр	715+45,16**	603,3+25,8**	48,6+1,6*	34,8+1,2*
2	Облученные животные, которым вводили кортико-костерон	811,7+98,38**	281,4+22,58*	8,2+0,09*	Макрофагов нет
3	Необлученные животные, которым вводили кортико-костерон	577,2+45,16**	251,3+16,78*	6,3+0,12*	Макрофагов нет
4	Контроль – интактные животные	676+48,38	725+43,54	16,8+1,2	18,2+0,8

Примечание : * - изменения достоверны, P<0,001; ** - P<0,01.

Основываясь на полученных данных, мы можем предположить, что, возможно, рост онко- и ревматической патологии обусловлен не только экологическими и экономическими причинами, но и длительным – уже на протяжении более чем полувека – использованием препаратов-иммуносупрессоров – антибиотиков, противовирусных, антиаллергических и прочих, количество которых растет с каждым годом. Причем, это препараты, в большинстве своем, химического синтеза – соединения, которые никогда ранее не существовали в природе и к которым живой организм эволюционно не адаптирован и не в состоянии их полноценно переработать и обезвредить. Поэтому, нередко побочный эффект этих препаратов превосходит терапевтический. Применение факторов природного происхождения, но в дозах в десятки и сотни раз превышающих физиологически допустимые, приводит к аналогичным результатам.

В основе действия иммунодепрессантов лежит подавление экссудативной стадии воспаления, т.е. угнетение функций, прежде всего, фагоцитов, в частности, макрофагов. Отсюда, если нет полноценной экссудации, не будет и полноценной пролиферации. Альтеративный процесс может стать хроническим, аутоиммунным – пример тому – ревматическая патология, или закончиться патологической пролиферацией – как в случае развития неопластом. Поэтому, в настоящее время, на почве применения иммуносупрессоров наблюдаются сначала аллергические проявления, т.е. угнетение клеточного иммунитета, а затем какой-либо хронический патологический процесс : поражение дыхательных путей с нарушением защитных функций лимфоидного глоточного кольца, дисбактериозы, эрозивно-язвенные процессы в пищеварительной и половой системах. Это создает предпосылки для ревмо- и онкопатологии.

Подводя итог вышесказанному, следует заострить внимание на необходимости разработки щадящих методов лечения, не нарушающих грубо функционирование жизненно важных систем, особенно системы защиты.

Литература.

1. Добротина Н.А. и др.//Иммунология.- 2001.-№5.- С.36-38.
2. Кожурин С.В. и др.//Гематология и трансфузиология.- 2001.-№5.- С.23-24.
3. Кротенко А.А. и др.//Иммунология.- 2001.-№4.- С.51-54.
4. Рабинович и др.//Стоматология.- 1990.- Т.69.- №6.- С.20-23.
5. Руденко А.В., Кудрявская В.М.//Актуальные вопросы медицинской микологии. – Тез.докл.- Лн., 1987.- С.35-36.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КЛЕТОК ЭПИТЕЛИЯ СЕМЕННИКА ПОТОМСТВА, РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА И В УСЛОВИЯХ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ В РАННЕМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА

Краснова И.А., Гайдукевич Е.Г., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. В связи с необходимостью защиты населения от действия повышенного радиационного фона интенсивно проводятся работы по изучению и испытанию препаратов различного спектра действия, в частности, адаптогенов, иммуномодулятов, антиоксидантов. Однако рекомендации по их использованию разработаны в основном для взрослого организма. Они почти не испытывались до и во время беременности. Да и само решение этой задачи во многом затрудняется из-за высокой чувствительности кле-

ток зародышей к различным факторам, особенно радиационным и химическим. Вместе с тем необходимость подобных исследований очевидна.

Поэтому представляется важным оценить возможность использования витаминов в комплексе с микроэлементами, обладающими антиоксидантными свойствами, в условиях облучения организма в период эмбриогенеза и ранней постнатальной жизни.

Одним из таких препаратов является комплекс альфа-токоферола (витамин Е) и селена. В единичных работах [1,2] показано, что комплекс витамина Е и селена при облучении взрослых животных обладает радиопротекторным свойством, а в сочетании с растительными препаратами уменьшает развитие радиационно-индуцированных морфологических изменений в тканях семенника. Вместе с тем его применение в период внутриутробного развития организма и ранней постнатальной жизни, как показали наши исследования [3], является весьма проблематичным.

Цель исследования - оценить радиопротекторные свойства применения комплекса витамин Е + селен до беременности и в условиях пролонгированного облучения животных в пре- и раннем постнатальном периодах онтогенеза по критериям структурных изменений тканей семенника.

Материалы и методы исследований. Были отобраны животные (самки в возрасте 4 мес, n=35 и самцы в возрасте 4 мес, n=17) для спаривания. Одна группа самок до беременности получала селеносодержащий препарат (витамин Е + селен, Германия), в состав которого входил витамин Е и селенит натрия. Самки получали витамин Е в дозе 5,0 мг/кг и селенит натрия в дозе 0,150 мг/кг в виде питьевого раствора каждый день в течение 10 сут. Потребляемые дозы веществ были рассчитаны исходя из рекомендаций о суточной норме поступления их в организм в зрелом возрасте [4].

К самкам (получавшим и не получавшим комплекс) были подсажены самцы из расчета 5 : 2 для свободного спаривания (в течение 7-9 сут). Затем беременные самки (срок беременности не определяли) были разделены на 4 группы. Две группы крыс (n=20, получавших и не получавших комплекс до беременности) облучали на γ -установке «ГАММАРИД» (^{137}Cs , мощность дозы $3,08 \times 10^{-7}$ Гр/с) в течение всего периода беременности. После родов продолжали облучение самок и родившихся крысят еще в течение 16 сут. Поглощенная доза составила 1,0 Гр. Третья и четвертая группы беременных животных (получавших и не получавших комплекс) были размещены на виварии. Потомство животных всех экспериментальных групп доращивали до 30 - 40 сут и 6 мес возраста. Животных декапитировали.

Материалом исследования служил семенник экспериментальных животных. Для проведения морфологического исследования сперматогенного эпителия семенника и цитогенетического анализа его клеток орган (по два) извлекали из брюшной полости и обрабатывали общепринятыми гистологическими методами (окраска гематоксилин-эозином). Проводили оценку

цитогенетических повреждений (реципрокных транслокаций - РТ) в сперматогониях метафазным методом [5].

Результаты и их обсуждение. Морфологический анализ сперматогенного эпителия органа контрольных животных (возраст 30-40 сут) свидетельствует о том, что в извитых семенных канальцах активно идет процесс сперматогенеза и начинается спермиогенез (выявлены формирующиеся спермии). При проведении морфометрического анализа извитых семенных канальцев выявлено достоверное уменьшение их диаметра в семеннике облученного потомства. У потомства, развивающегося после введения самке селеносодержащего препарата до ее беременности, как и в сочетании с облучением, отмечается незначительное увеличение диаметра извитых семенных канальцев. В индексе сперматогенеза также выявлены незначительные колебания во всех экспериментальных группах.

В отдаленный срок наблюдения (6 мес) изменений в диаметре извитых семенных канальцев во всех экспериментальных группах крыс не выявлено. Однако у взрослых животных, подвергшихся действию облучения в антенатальном и раннем постнатальном периодах развития, в 15% извитых семенных канальцев развиваются деструктивные изменения, характеризующиеся, как тяжёлая степень повреждения клеток эпителия. В канальцах отмечается сплывание сперматогенных клеток и их отделение в виде слепка дегенерирующей ткани в их просвет, а в одиночных случаях встречаются частично опустошенные семенные канальцы, в которых пристеночно содержатся лишь клетки Сертоли, сперматогонии и одиночные сперматоциты первого порядка.

При применении селеносодержащего препарата до беременности самки у ее половозрелого потомства не наблюдается повреждений сперматогенного пласта семенника, характерных при действии пролонгированного облучения.

Установлено, что применение минерало-витаминного (витамин Е + селен) комплекса до беременности снижает частоту встречаемости РТ в половых клетках семенника потомства, развивающегося в условиях пролонгированного облучения. Следует подчеркнуть, что у потомства, развивающегося после введения самке препарата до беременности, частота РТ в сперматогониях находится на уровне контрольных значений.

Таким образом, результаты комплексного морфологического и цитогенетического исследования клеток эпителия семенника потомства, развивающегося после введения самке до беременности селеносодержащего комплекса и в условиях облучения (пролонгированное облучение в дозе 1,0 Гр) в течение антенатального и раннего постнатального периодов развития свидетельствуют о радиомодифицирующих свойствах препарата:

- нивелируются структурные нарушения сперматогенного эпителия в отдаленные сроки наблюдения;

- снижается частота хромосомных aberrаций (реципрокных транслокаций) в половых клетках самца.

Применение селеносодержащего препарата до беременности не вызывает мутагенного действия в стволовых половых клетках потомства.

Литература.

1. Абдуллаев Г.Б., Гасанов Г.Г., Мехтиев М.А. и др. // Докл. АН АзССР. - 1973. - Т. 29, № 3. - С. 12-17.
2. Хмельницкий О.К., Якубовский М.М., Пентюк А.А. // Эфферентная терапия. - 1997.- Вып. 3, № 4. - С. 32-34.
3. Амвросьев А.П., Банецкая Н.В., Аблековская О.Н., и др.// Теория и практика медицины: Сб.научн. тр./ под ред. И.Б.Зеленкевича и Г.Г.Шанько. - Минск: Белорусский центр научной медицинской информации МЗ РБ. - 2000. - Вып. 2. - С. 11-13.
4. Bratter P., Negretti de Bratter V.E., Jaffe W.G., Mendez C.H. // 6th Int. trace elem. symp. Leipzig, 1989.- Jena, 1989. - Vol. 3. - P. 897-903.
5. Дыбан А.П., Баранов В.С. // Архив АГЭ. - 1974. - Т. 66, № 1. - С. 79.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ ТИРОКСИНОМ В УСЛОВИЯХ ТИРЕОИДЭКТОМИИ БЕРЕМЕННЫХ КРЫС И ВНЕШНЕГО ОДНОКРАТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ В ДОЗЕ 1,0 ГР НА СТРУКТУРУ СЕМЕННИКА ПОТОМСТВА

Краснова И.А., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П., Крылова И.И.
Институт радиобиологии НАНБ, г. Минск

Введение. Исследование чувствительности зародышей к изменениям состояния эндокринной системы организма матери является весьма важным, поскольку реализация программы индивидуального развития во многом определяется средой, создаваемой материнским организмом [1]. Актуальность этой проблемы особенно возросла в настоящее время в связи с действием различных факторов окружающей среды, в том числе и облучения в малых дозах, и развитием предпатологических и патологических состояний в эндокринных железах матери, особенно в щитовидной железе.

Известно, что тиреоидные гормоны играют важную роль в регуляции процессов дифференцировки и роста клеток. Это в полной мере относится и к клеткам половых желез, в частности семенника. Нами изучены морфофункциональные особенности клеток семенника потомства животных, развитие которого проходило в условиях внешнего однократного облучения в период эмбриогенеза и тиреоидэктомии беременной самки с заместительной терапией тироксином.

Материал и методы исследования. Работа проведена на беспородных лабораторных крысах с датированным сроком беременности. Беременные животные были разделены на несколько экспериментальных групп: I - интактные самки; II - однократное облучение в дозе 1,0 Гр; III - группа с удаленной щитовидной железой и введением экзогенного тироксина; IV - группа с удаленной щитовидной железой, введением экзогенного тироксина и однократным облучением в дозе 1,0 Гр.

Модель тиреоидэктомии создавали путем удаления комплекса щитовидной и околощитовидной желез у беременных самок (с первого дня беременности). Тиреоидэктомированным беременным и лактирующим самкам ежедневно скармливали тироксин в дозе 50 мкг/кг и CaCl_2 (схема введения препаратов разработана для небеременной крысы зрелого возраста сотрудниками лаборатории эндокринологии ИРБ НАН Беларуси).

Однократное внешнее облучение беременных самок проводили на γ -установке «ИГУР» (^{137}Cs , мощность дозы $9,08 \times 10^{-4}$ Гр/с). Поглощенная доза 1,0 Гр. Самок облучали на 15 сут беременности, что соответствует периоду максимальной пролиферации половых клеток [2]. Контролем служили животные с эутиреоидной функцией щитовидной железы и содержащиеся в стандартных условиях вивария. Потомство экспериментальных животных доращивали до 30 сут возраста. Животных декапитировали. У самок, а также у их потомства в сыворотке крови определяли уровень тиреоидных гормонов - трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4).

Из брюшной полости животных (потомства) извлекали семенники. Определяли некоторые соматометрические показатели - относительную массу железы (ОМС). Для проведения морфологического анализа половых клеток сперматогенного эпителия семенник обрабатывали общегистологическими методами (гематоксилин-эозин).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что внешнее однократное облучение в дозе 1,0 Гр, заместительная терапия тироксином у тиреоидэктомированной беременной самки, как и сочетание этих двух факторов изменяют содержание тиреоидных гормонов не только у самки-матери, но и у ее потомства. У взрослых самок с тиреоидэктомией и заместительной терапией тироксином снижается содержание T_4 (на 55%; $p < 0,05$), а в крови облученных самок повышается содержание T_3 . В крови облученного потомства снижается содержание T_4 , а у животных, развивающихся в условиях экзогенного введения тироксина тиреоидэктомированной самке, содержание T_4 в крови повышено, особенно в группе с введением гормона и дополнительных облучением.

Дисбаланс тиреоидных гормонов у потомства вызывает нарушение процессов дифференцировки половых клеток семенника. Результаты исследований свидетельствуют о том, что у неполовозрелых (30 сут) контрольных животных в извитых семенных канальцах органа представлены 3 слоя половых клеток: сперматогонии, сперматоциты, сперматиды (на ран-

них стадиях развития), т.е. активно идет сперматогенез. Индекс сперматогенеза (ИС) составляет 2,19.

У животных, развитие которых проходило в условиях облучения в дозе 1,0 Гр на 15 сут антенатального развития, снижается ОМС на 20% ($p < 0,05$). Морфологический анализ структуры извитых семенных канальцев в органе облученных животных показал снижение ИС до 2,01. Уменьшение данного показателя происходит за счет увеличения частоты встречаемости канальцев, содержащих клетки на ранних стадиях дифференцировки. Кроме того 13% извитых семенных канальцев содержали лишь сперматогонии и клетки Сертоли (канальцы «эмбрионального» типа). Наличие таких канальцев свидетельствует о задержке развития половых клеток сперматогенного эпителия. Диаметр извитых семенных канальцев изменялся незначительно. Напротив, тиреоидэктомия с заместительной терапией, как и сочетание ее с дополнительным облучением приводят к увеличению ОМС (на 27% и на 55% соответственно).

Значительные отклонения в темпах дифференцировки половых клеток семенника животных отмечаются в условиях действия этих экспериментальных факторов.

В семеннике неполовозрелого потомства, родившегося от самок с удаленной щитовидной железой и заместительной терапией тироксином, темпы дифференцировки половых клеток ускоряются. Выявлено увеличение ИС (на 20%, $p < 0,05$) в основном за счет преобладания более зрелых форм половых клеток сперматогенного эпителия - сперматид (как на ранних, так и на более поздних стадиях их развития). В то же время были выявлены канальцы, содержащие клетки только на ранних стадиях дифференцировки: сперматогонии и сперматоциты I порядка. Диаметр извитых семенных канальцев изменялся при этом незначительно.

У потомства, развитие которого проходило в условиях тиреоидэктомии у самок с заместительной терапией тироксином и дополнительного однократного облучения в дозе 1,0 Гр, ИС в семеннике составляет 2,26. Такое значение ИС обусловлено присутствием канальцев с клетками на более поздних стадиях дифференцировки - сперматид как на начальных, так и на более поздних (формирование «шапочек» на поверхности ядра) стадиях развития. Количество канальцев, содержащих более дифференцированные клетки, на 68% превышало контрольные значения. Диаметр извитых семенных канальцев был увеличен на 11% ($p < 0,05$) по сравнению с контрольными значениями.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что однократное внешнее облучение в дозе 1,0 Гр, тиреоидэктомия с заместительной терапией тироксином, как и с дополнительным облучением в этой же дозе вызывают изменение функционального состояния щитовидной железы у самки-матери и ее потомства (мать - плод - новорожденный).

Дисбаланс тиреоидных гормонов в организме потомства приводит к нарушению процессов дифференцировки половых клеток семенника.

Литература.

1. Кирющенко А.П., Тараховский М.Л. Влияние лекарственных средств на плод. - М.: Медицина. - 1990. - 270 с.
2. Райцина С.С. Сперматогенез и структурные основы его регуляции. - М.: Наука. - 1985. - 207 с.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Левосечко С.И., Кудряшов В.П., Миронов В.П.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. В настоящее время определены уровни загрязнения и формы нахождения трансураниевых элементов (ТУЭ) в почве, воздухе и растениях на территории Беларуси но в тоже время отсутствуют данные по уровням загрязнения и по физико-химическим формам нахождения ТУЭ в компонентах водной экосистемы.

В настоящей работе представлены результаты исследований распределения и установлены химические формы существования изотопов плутония и америция по компонентам водной экосистемы в реках и озерах зоны отселения Чернобыльской АЭС Республики Беларусь.

Материалы и методы исследований. Пробы воды объемом 40-50 л отбирались в пластмассовую емкость в мае 2000г., а затем фильтровались через плотный фильтр с диаметром пор 500 нм. Донные отложения для анализа извлекались пробоотборником поршневого типа. Водная проба подкислялась и к ней добавлялось 0,3 г хлорного железа. Раствор нейтрализовался безугольным аммиаком до рН 8. ТУЭ соосаждались с гидроксидом железа. Осадок отфильтровывался и растворялся в 100 мл азотной кислоты концентрации 7,5 М. Осадки взвесей и донных отложений отжигались в муфельной печи при температуре $550\pm 50^{\circ}\text{C}$. Радиохимическое выделение и очистка изотопов плутония и америция проводилась ионообменным методом [1,2]. В качестве индикатора химического выхода использовались изотопы ^{242}Pu и ^{252}Cf . Количественная регистрация ТУЭ на мишени проводилась на альфа спектрометре с полупроводниковым кремневым детектором по характеристическим линиям.

Результаты и их обсуждение. Результаты по определению содержания изотопов плутония и америция в воде, взвесях, водной растительности и донных отложениях (табл. 1) свидетельствуют о том, что более 90% трансураниевых элементов находится в донных отложениях. Из находящих-

ся в водой фракции около 80 % ТУЭ связано со взвесями органического и неорганического происхождения. Различий в распределении по компонентам водной экосистемы между ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ не обнаружено. Америций-241 проявляет более высокую подвижность, и его относительное содержание по сравнению с плутонием в растворенной части более высокое.

В водорастворимой фракции трансурановые элементы существуют как в виде истинных, так и в виде коллоидных растворов. Определение форм нахождения микроконцентраций плутония и америция в растворе проводилось путем фильтрации раствора под давлением через два фильтра. Первый имел размеры пор 200 нм и второй 4 нм. [3]. Фильтр с размером пор 200 нм пропускал коллоидные частицы, в то время как фильтр с диаметром пор 4 нм их задерживал. Из результатов представленных в таблице 2 следует, что плутоний и америций присутствуют в воде на 70% в коллоидном (псевдоколлоидном) состоянии.

Таблица 1.

Содержание трансурановых радионуклидов в воде и донных отложениях.

№ п/п	Место отбора	Удельная активность, Бк/кг			
		Донные отложения		Вода	
		$^{239,240}\text{Pu}$	^{241}Am	$^{239,240}\text{Pu}$	^{241}Am
1	Оз. Персток (Масаны)	99	115	0,016	0,094
2	р.Брагинка (Пирки)	6,1	6,6	0,0044	0,089
3	р.Припять (Красноселье)	42	52	0,0062	0,44

Таблица 2.

Распределения трансурановых элементов в отфильтрованной части воды оз. Персток

Фракция воды	Содержание радионуклида, %	
	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
Коллоидный раствор	65±7	70±5
Истинный раствор	35±7	30±5

Концентрация плутония в воде, отвечающая экспериментально определенной удельной активности, составляет 10^{-15}M , а америция 10^{-17}M . Известно, что образование истинных коллоидов и полиядерных комплексов возможно только при концентрации металл-ионов в растворе выше 10^{-6}M [3], поэтому ТУЭ в исследуемой водной экосистеме находятся в виде моноядерных соединений. Следовательно, истинные коллоиды плутоний и америций не образуют. Наблюдаемые частицы коллоидного размера являются псевдоколлоидами и представляют из себя ТУЭ адсорбированные на частицах коллоидного размера, всегда присутствующих в растворе.

Валентные формы плутония в различных фракциях раствора определялись по методике, описанной в соосаждении восстановленных форм плутония Pu(III) и Pu(IV) со фторидом неодима и последующим восстановлением окисленных форм плутония (Pu(V) и Pu(VI)) до низших степеней окисления и их соосаждением со фторидом неодима [4].

Полученные результаты (таблица 3) указывают на то, что в водной системе ТУЭ находятся в различных степенях окисления. Коллоидное состояние характеризуется преимущественно восстановленными химическими формами Pu(III) и Pu(IV), в то время как для истинных растворов характерными являются окисленные формы плутония.

Таблица 3.

Распределение плутония по формам в различных фракциях отфильтрованной воды

Фракция воды	Содержание радионуклида, %	
	Окисленные формы Pu(V)+Pu(VI)	Восстановленные формы Pu(III) +Pu(IV)
Коллоидный раствор +истинный раствор	27±10	74±10
Истинный раствор	79±5	21±5

Коллоидная часть по-видимому представляет из себя смесь псевдоколлоидных частиц, образованных за счет адсорбции моноядерных гидроксокомплексов Pu(III) и Pu(IV) на частицах коллоидного размера всегда присутствующих в растворе и комплексов Pu(III) и Pu(IV) с высокомолекулярными компонентами почвы (гуминовыми и фульвокислотами), которые как показано восстанавливают плутоний до Pu(IV) и образует прочные комплексы с продуктами гидролиза восстановленных форм плутония. Продукты гидролиза сорбируются твердой фазой, образуя псевдоколлоидные частицы.

Литература.

1. Павлоцкая Ф.И., Мясоедов Б.Ф // Радиохимия. 1996.-,Т.38, N 3. С.193-209.
2. Методика определения америция-241 в объектах окружающей среды. МВИ. МН 1071-99. Минск 1999
3. Давыдов Ю.П. Состояние радионуклидов в растворах. - Минск: "Наука и техника", 1978 - 224 с.
4. Nelson D.M. , Lovett M.B. // Nature. 1978. Vol. 276, P.599-601.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ВОДНЫХ СИСТЕМ ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ

Левосечко С.И., Мазаник Р.А., Хвалец О.Д.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. В рамках исследования последствий аварии на ЧАЭС для водных систем Республики Беларусь в лаборатории радиоэкологии водных систем ИРБ НАНБ проводили радиоэкологические исследования природных (поверхностных и подземных) водных систем, расположенных в разных областях Беларуси. Главный упор делался на водные объекты, находящиеся в наиболее загрязнённых районах Гомельской и Могилёвской областей. Объектами исследования были малые реки, являющиеся притоками Припяти (рр. Брагинка, Несвич и Словечна) и Сожа (рр. Липа и Сенна), озеро Персток в д. Масаны заповедника и озеро Ямное у д. Богдановка, затон р. Сож у д. Веприн и водохранилище у д. Малиновка Чериковского района, а также подземная вода из скважин и колодцев. В результате радиационного мониторинга природных водных систем получены динамики содержаний $Cs-137$ и $Sr-90$ в водных массах в растворённом и взвешенном состояниях, в почвогрунтах площадей водосборов, донных отложениях и водной биоте.

Материалы и методы исследований. Методы исследования включали в себя гамма-спектрометрический, бета- и гамма-радиометрический, гамма-дозиметрический, радиохимический анализы. При исследованиях применяли следующие приборы: бета-радиометр РКБ-4-2еМ, многоканальный полупроводниковый гамма-спектрометр с $Ge(Li)$ - детектором ДГДК 100В-3 и амплитудным анализатором AFORA-4900В, радиометры-дозиметры ДГДК-01Т.

Результаты и их обсуждение. Для большинства исследованных водных систем установлено следующее:

- 1) подавляющая часть радиоактивности воды находится в растворённом состоянии в рамках несущественных флюктуаций, связанных, очевидно, с сезонной величиной водности;
- 2) наблюдается явно выраженная тенденция снижения радиоактивности водных масс с годами;
- 3) за исключением $Sr-90$, для ближайшей от ЧАЭС зоны в поверхностных водных объектах не выявлено превышения содержания радионуклидов над контрольными уровнями РДУ-2000. Контрольные уровни составляют 10 и 0,37 Бк/л по $Cs-137$ и $Sr-90$ соответственно.

На примере р. Брагинка (д. Гдень) и р.Сенна (д. Ушаки) показано, что:

- 1) основной вклад в общую радиоактивность поверхностных водных систем вносят донные отложения, водная биота ;

- 2) тенденция уменьшения активности донных отложений и биоты со временем незначительна.

Как показали радиоэкологические исследования непроточных и слабопроточных поверхностных водных систем (оз. Персток – бассейн р. Припять и оз. Ямное – бассейн р. Сож) они:

- 1) в силу слабопроточности и консервативности озерных систем, тенденция снижения радиоактивности со временем в них не выражены;
- 2) из сравнения радиоэкологической ситуации двух озёр - Ямное, находящегося в "дальней" от ЧАЭС зоне и Персток - в "ближней", видно, что компоненты последнего имеют более высокие значения удельных активностей, особенно по Sr-90.

Изучение содержания радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в составляющих ландшафта бассейнов малых рек Несвич и Сенна показало, что:

- 1) на загрязнённых территориях водосборов происходит как их горизонтальная миграция непосредственно с поверхности воды, так и вертикальная миграция в подземные воды по трещинам, воронкам и порам в грунтах;
- 2) с потоками воды в период весенних паводков и летне-осенних половодий миграция происходит как в растворённом виде, так в сорбированной на органических и минеральных частицах формах. Это можно проследить по проникновению на большие глубины грунта и далее Cs-137, что хорошо просматривается при малой толщине зоны аэрации;
- 3) в грунтовых водах Cs-137 и Sr-90 территориально распределены неравномерно, что связано с плотностью загрязнения, ландшафтными условиями, мощностью и литологическим составом зоны аэрации и другими природными факторами, такими как климатические условия, которые, по видимости, выступают в качестве локальных и второстепенных;
- 4) в настоящее время максимальные уровни радиоактивного загрязнения подземных вод фиксируются в грунтовом безнапорном водоносном горизонте, залегающем первым от поверхности. В более глубоких (напорных) водоносных горизонтах и комплексах, на которых оборудованы эксплуатационные скважины, содержание радионуклидов гораздо ниже и не превышает РДУ.

Исходя из морфологических параметров водотоков (площадей поверхностного сечения и скоростей течения воды) и измеренных содержаний радионуклидов в воде, получены динамики среднегодовых выносов Cs-137 и Sr-90 в растворённом и взвешенном состояниях для контролируемых малых реках.

Из полученных результатов следует, что:

- 1) среднегодовые выносы радионуклидов для малых рек достигают $1,2 \times 10^{12}$ Бк и зависят от года наблюдения, условий поступления их в водотоки и территории протекания;

2) имеется тенденция их уменьшения с годами, за исключением Sr-90 в растворённом состоянии для ближней от ЧАЭС зоны.

Начиная с 1992-1993 гг. наблюдается закономерность, заключающаяся в том, что содержание Sr-90 начинает превышать содержание Cs-137, что особенно характерно для поверхностных водотоков, находящихся в ближней от ЧАЭС зоне. Это объясняется повышением миграционных свойств Sr-90 из-за его высвобождения из топливных частиц путём выщелачивания.

Обобщение экспериментальных данных по радиоэкологическим наблюдениям природных водных систем позволяет сделать следующий прогноз:

- 1) для поверхностных вод можно ожидать улучшения радиационной ситуации по Cs-137 и ухудшения по Sr-90, особенно для ближней от ЧАЭС зоны;
- 2) нет оснований считать, что в ближайшее время радиационное состояние подземных вод будет ухудшаться;
- 3) результаты радиоэкологических исследований природных водных систем находят применение в народном хозяйстве Беларуси в сфере осуществления природоохранных мероприятий по рациональному и радиационно-безопасному водопользованию.

ПОСТРОЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ ^{137}CS В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ломонос О.В.

Международный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск

Потребление продукции сельского хозяйства, загрязненной радионуклидами является главным путем поступления радионуклидов в организм человека. Радионуклиды мигрируют и аккумулируются в пищевых цепочках. С точки зрения управления качеством сельскохозяйственной продукции, система почва – растение является критическим звеном в пищевых цепочках. Именно в этом звене при активном вмешательстве, применении агротехнических приемов, агрохимических средств можно значительно сократить поступление радионуклидов в пищевые цепочки и тем самым повлиять на качество конечной продукции [1]. Построение модели перехода радионуклидов из почвы в растение позволит определить интенсивность поступления радионуклидов в растение, оценить, соответствие сельскохозяйственной продукции современным экологическим требовани-

ям. Это поможет принимать решения, позволяющие управлять качеством продукции.

Для более точного прогноза миграции ^{137}Cs и его поступления в растения широкое распространение в радиэкологии получили технологии географических информационных систем (ГИС) [2,3]. Преимуществом моделей, использующих ГИС-технологии, является относительная легкость расчетов и наглядность представления результатов с учетом неоднородности распределения радионуклидов, а также почвенных, гидрологических, землепользовательских и других характеристик исследуемого региона. Таким образом, земли, на которых возможно увеличение поступления радионуклидов, могут быть с легкостью выявлены. Данная особенность весьма важна для дальнейших исследований, так как она позволит выбрать оптимальный сценарий землепользования, учитывая факторы, влияющие на интенсивность миграции ^{137}Cs в системе почва-растение. Такой сценарий поможет сократить переход радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

Интенсивность перехода ^{137}Cs из почвы в растения обусловлена основной группой факторов [4]: 1) плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs ; 2) формами нахождения ^{137}Cs в почве; 3) кислотностью почвы (рН); 4) гранулометрическим, минералогическим и органическим составом почвы; 5) биологическими особенностями произрастающих растений.

Кроме того, поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры в полевых условиях зависит также от глубины проникновения корней и архитектуры корневой системы. Данные характеристики в сочетании с вертикальным распределением радионуклида в верхних слоях почвы также влияют на поступление ^{137}Cs в растения.

Основу модели миграции ^{137}Cs в системе почва-растение составляют следующие компоненты: 1) физический распад радионуклида; 2) сорбция и фиксация ^{137}Cs в почве; 3) вертикальная миграция; 5) поступление ^{137}Cs в растения.

На их основе рассчитывается содержание биологически доступного ^{137}Cs в почве.

1. Физический распад ^{137}Cs . На протяжении всего периода исследований следует учитывать радиоактивный распад ^{137}Cs , так как за счет данного фактора уменьшается как валовый запас ^{137}Cs , так и количество его подвижных форм.

2. Сорбция и фиксация ^{137}Cs в почве. Наличие в почве глинистых минералов (монтмориллонит, иллит и вермикулит) способствует долговременной сорбции и фиксации ^{137}Cs . Многочисленные исследования показали, что с течением времени благодаря процессам фиксации биологическая доступность ^{137}Cs в почве имеет тенденцию к уменьшению. За счет этих процессов доля подвижного ^{137}Cs уменьшается.

3. Вертикальная миграция. С течением времени часть ^{137}Cs мигрирует вглубь. Этот процесс может также способствовать уменьшению поступления ^{137}Cs в растения. В ненарушенных почвах ^{137}Cs промигрировал вглубь не более чем на 10 см, а в почвах, которые перерахивались хотя бы один раз после выпадения радионуклидов, за счет перемешивания верхнего почвенного горизонта поступление ^{137}Cs в растения уменьшилось. Поэтому одной из контрмер в первые годы после аварии было перезалужение пастбищ и лугов и глубокое перепахивание. Так как основная масса корней растений находится в верхнем органическом горизонте, для расчета баланса ^{137}Cs на пахотных землях следует рассматривать модель вертикальной миграции, состоящую из двух основных компартментов: верхнего органического и нижнего горизонтов. Учет заглубления ^{137}Cs поможет построить более полную модель прогноза поступления ^{137}Cs из почвы в растения, так как к миграции по профилю почвы способна именно подвижная форма ^{137}Cs . Поэтому этот процесс является еще одним фактором уменьшения содержания биологически доступного ^{137}Cs в почве.

4. Поступление ^{137}Cs в растения (коэффициенты переноса). После того, как доля подвижного ^{137}Cs определена, следует учитывать факторы, которые способны регулировать (уменьшать или увеличивать) поступление ^{137}Cs из почвы в растения. Такими факторами являются почвенные характеристики исследуемой местности и биологические особенности растений, произрастающих на данной территории. Для агроценозов, где часть ^{137}Cs с урожаем выносится за пределы экосистемы, расчет выноса ^{137}Cs растениями будет способствовать построению более точной модели и лучшему прогнозированию поступления ^{137}Cs из почвы в растения.

Построение модели миграции ^{137}Cs в системе почва-растение с учетом перечисленных факторов и использованием ГИС технологий позволит получать наиболее точную и оперативную информацию. С помощью этой информации можно прогнозировать поступление ^{137}Cs в растения. Применение ГИС позволит оптимизировать ведение сельского хозяйства и оперативно выявлять критические факторы, способствующие увеличению поступления ^{137}Cs из почвы в растения.

Литература.

1. Broadley, M.R., Willey, N.J. // Environmental Pollution –1997.- V. 97, No. 1-2. – P. 11 - 15
2. Van der Perk, M., Lev, T., Gillett, A.G., et al // Ecological Modelling-2000.- V. 128. P. 35 – 50.
3. F.W. Whicker, G. Shaw, G. Voigt, E. Holm. // Environmental pollution.- 1999. - V. 100. – P. 133 – 149.
4. Korobova, E., Ermakov, A., Linnik, V. //Applied Geochemistry. – 1998. – V. 13, No. 7. – p. 803 – 814.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИМБИОЗА *RISOBIUM-LEGUMINEUSE* ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Лопарева Е.А

Международный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск

Растения семейства бобовых являются важным источником растительного белка, производство которого необходимо для успешного повышения урожайности сельхозкультур и продуктивности животноводства. Бобовые растения отличаются от других высших растений тем, что являются симбиотическими азотфиксаторами. Азотфиксацию осуществляют как свободноживущие бактерии (цианобактерии, азотобактер), так и симбиотические. При взаимодействии бобовых растений с клубеньковыми бактериями создается симбиотическая азотфиксирующая система. Результатом формирования любой бобово-ризобияльной системы является образование симбиотического аппарата в виде клубеньков. В клубеньках бактериоиды активно фиксируют азот атмосферы и передают его растению в доступной для него аммонийной форме, взамен получая «защиту» от неблагоприятных условий окружающей среды (клубенек – растительная клетка, содержащая бактерии) и источник питания (поступающие в клубенек ассимиляты растения) [1].

Цель работы: изучение хронического излучения на бактерии *Rhizobium*, которые фиксируют азот в симбиотической ассоциации с бобовыми растениями *Medicago*. Фиксированный азот, в форме аммония или аланина потребляется растением-хозяином, которое, в свою очередь, предоставляет бактериям необходимые питательные вещества [2].

Изучали 32 растения люцерны (*Medicago sativa* - alfalfa и *Medicago lutea*), собранных в зоне радиоактивного загрязнения с уровнями мощности экспозиционной дозы 25, 90, 250 $\mu\text{R}/\text{ч}$, что, приблизительно, соответствует плотности загрязнения почвы 185, 555, 1480 $\text{кБк}/\text{м}^2$. Посредством вертикального электрофореза в агарозном геле было изучено плазмидное содержание бактериальных культур, структуру бактериальных полисахаридов исследовали хроматографическими (НРАЕС-РАД) и ЯМР-методами. В зоне Ia (29 $\mu\text{R}/\text{ч}$) можно отметить тенденцию к формированию гроздей клубеньков. В зоне II (90-92) $\mu\text{R}/\text{ч}$ равно наблюдались типичные и атипичные клубеньки (табл.)

Мощность Экспозиционной дозы $\mu\text{R}/\text{h}$	Количество растений	Количество клубеньков	Количество изо- лированных культур
25-29	16	70	23
90-92	9	48	18
250	7	31	12

У растений зоны III (250 мР/ч) наблюдался очень развитый первичный корень, немного вторичных корней, клубеньки типичные и атипичные. После культивации 148 клубеньков было изолировано 58 бактериальных культур и рассмотрено плазмидное содержание их в сравнении с дикой культурой *Sinorhizobium meliloti M5N1*, изучаемой в лаборатории Polysaccharides Microbiens et Végétaux (Франция). *M5N1* обладает двумя мегаплазмидами размера 1400 и 1700 kb и одной криптической плазмидой 136 kb.

Анализ плазмидного содержания изучаемых бактерий выявил, что ни одна из них не обладает тем же профилем, что и *M5N1*. Более того, у большинства бактерий не было визуализировано ни одной плазмиды. У 8 культур есть только одна плазида, по размеру близкая к криптической плазмиде *M5N1*. Одна культура (7.1 D) обладает тремя плазмидами. Тесты на мукозность – количество ЭПС, производимое бактериями – показали, что большинство изучаемых культур производят полисахариды. Кроме этого, были реализованы тесты инфицирования растений *in vitro*. Штаммы, у которых не было визуализировано ни одной плазмиды сохранили способность инокулировать люцерну. Можно предположить, что плазмиды, несущие гены *nif*, *nod* и *fix* или подверглись перестройке и больше не визуализуются, или произошло изменение генома и необходимые гены локализованы в хромосоме, подобные случаи описаны в литературе [3].

Тестирование культур на средах, содержащих калькофлуор, возможно благодаря способности сукциногликана, полимера производимого *Rhizobium meliloti M5N1* реагировать с калькофлуором и флуоресцировать под действием ультрафиолетового света. Среди всех протестированных культур всего одна – 7.1D флуоресцирует больше, чем *M5N1*, что позволяет предположить, что полимер, который производит эта культура является сукциногликаном. Кроме этого 7.1 D в тестах на количество производимого полимера является более мукозной.

Проведенные тесты позволили выбрать культуру 7.1 D для дальнейших исследований структуры полисахарида, производимого ею. Результаты хроматографического анализа показали, что исследуемый полимер отличается от сукциногликана, производимого *M5N1* отношением пропорций моносахаридов – глюкозы и галактозы. Результаты ЯМР анализа позволили предположить, что изучаемый полимер является сукциногликаном с модифицированными свойствами.

Полученные результаты весьма перспективны и могут быть использованы на практике (в сельском хозяйстве: повышенная фиксация азота и увеличение способности инфицировать растения, в косметологии: применение новых полимеров). Планируются последующие исследования, в перспективе возможно использование одного из полученных полимеров в косметической промышленности.

Работа выполнена в рамках международного сотрудничества между НИЛ экологического мониторинга МЭУ им. А.Д. Сахарова, Минск, Беларусь и Laboratoire des Polysaccharides Microbiens et Vegetaux (LPMV) IUT Амьен при финансовой поддержке правительства Франции.

Литература.

1. Кириченко Е.В., Маличенко С.М., Старченков Е.П.// Физиол. и биохим. культур. раст.- 1995.- 27, №5-6. С.315-323.
2. Kahn M.L, McDermott T.R, Udvardi M.K.// The Rhizobiaceae : Molecular biology of Model Plant-Associated Bacteria. 1998Dordrecht : Kluwer Acad, P. 461-485
3. Rastogi V.K, Bromfield E.S.P., Whitwill S.T., Barran L.R.// Can. J. Microbiol. -1991.- V.38. P.563-568

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНДОТЕЛИЯ АОРТЫ ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ

Лукша Н.П.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. Различные факторы эндогенного и экзогенного происхождения существенно изменяют функциональное состояние эндотелия, его влияние на сократительные и дилататорные реакции артериальных сосудов [1]. Нарушения регуляторной функции эндотелия при ряде заболеваний сердечно-сосудистой системы выступают в качестве одного из многих факторов, осложняющих течение болезни, а в ряде случаев как предвестник клинических симптомов [2]. Свободнорадикальная природа NO как основного вазодилатора эндотелиального происхождения предопределяет его участие в пострадиационных нарушениях эндотелий-зависимой регуляции тонуса артериальных сосудов [1]. С другой стороны, кислород-зависимый характер синтеза NO свидетельствует о нарушении регуляторной функции эндотелия в условиях недостаточного кислородного обеспечения [3]. Предполагается, что исследования влияния гипоксии на реактивность артериальных сосудов облученного организма позволит уточнить механизмы постлучевых и гипоксических нарушений регуляции системы кровообращения и выявить особенности формирования патологических состояний после воздействия на организм ионизирующего излучения.

Исходя из вышеизложенного, была поставлена цель - изучить роль эндотелия в регуляции сократительных и дилататорных реакций изолированной аорты облученных крыс при гипоксии.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являлись изолированные сегменты аорты крыс-самок стадного разведения массой 200-250 г. Эксперименты выполнены в различные сроки после пролон-

гированного воздействия на животных γ -излучения в дозе 50 сГр (мощность дозы - 2.8×10^{-7} Гр/с). Животных наркотизировали внутривенным введением тиопентал-натрия (40 мг/кг). При приготовлении препаратов и регистрации сосудистых реакций на действие вазоактивных веществ использовали классический метод работы с изолированными сосудами [4]. После 20 минутной перфузии препаратов оксигенированный раствор (pO_2 - 600 ± 50 мм рт ст) заменяли гипоксическим (неоксигенированным, pO_2 - 100 ± 20 мм рт ст). Экспериментальные воздействия начинали после 20-минутной перфузии препаратов неоксигенированным раствором. Изучали сократительные реакции изолированных сегментов аорты на норадреналин (НА, 5×10^{-9} - 5×10^{-7} моль/л) и дилататорные реакции на изопреналин (Изо, 10^{-7} - 10^{-4} моль/л) и карбахолин (КХ, 10^{-7} - 10^{-4} моль/л).

Результаты и их обсуждение. На 10-е сутки постлучевого периода сократительные реакции аорты с эндотелием значительно усиливались в диапазоне концентраций НА 5×10^{-8} - 5×10^{-7} моль/л. На 30-е сутки у облученных животных реакция на НА была максимальной и при концентрации агониста в растворе 10^{-7} моль/л - на 50% превышала контрольные значения ($P < 0,001$). В более поздние сроки пострadiационного периода (90-180 сутки) не было отмечено существенных различий с контролем в силе сокращения сосудистых сегментов с эндотелием на НА. После действия низкоинтенсивной радиации сократительные реакции деэндотелизованных сегментов аорты при действии НА существенно не изменялись во все сроки пострadiационного периода.

Эндотелий-зависимые дилататорные реакции изолированной аорты при действии КХ на 10-е, 30-е сут после пролонгированного воздействия γ -излучений существенно снижались. Наибольшие изменения исследуемых реакций отмечены на 10-е сут пострadiационного периода. Спустя 3 и 6 месяцев после облучения эндотелий-зависимые дилататорные реакции аорты в оксигенированном растворе достоверно не отличались от таковых у необлученных животных.

Эндотелий-независимые дилататорные реакции, вызванные стимуляцией β -адренорецепторов Изо, в пострadiационный период были также достоверно снижены на интактных сегментах аорты в пределах 30-90 сут. В аналогичных условиях реакция деэндотелизованных препаратов при действии Изо существенно не отличалась от соответствующего контроля в течение всего исследуемого пострadiационного периода.

При дефиците кислорода констрикторный эффект адrenoагонистов на сегментах с интактным эндотелием - повышался, а на деэндотелизованных препаратах - снижался. При этом дилататорные эндотелий-зависимые реакции аорты при действии КХ были существенно угнетены, а дилататорные эффекты Изо увеличивались как на интактных, так и на деэндотелизованных сегментах.

В гипоксическом растворе на 10-е сут пострадиационного периода при действии НА сократительные реакции колец аорты с эндотелием существенно не отличались от значений соответствующих контролей. На 30-е сут постлучевого периода, когда проявляются максимальные эффекты ионизирующей радиации в условиях нормоксии, при гипоксии также усиливался функциональный ответ сегментов аорты с эндотелием на НА по отношению к соответствующему контролю, преимущественно за счет снижения релаксирующих влияний эндотелия. На 180-е сут пострадиационного периода в условиях гипоксии отмечено усиление констрикторных эффектов 5×10^{-7} моль/л НА на препаратах аорты с эндотелием. В условиях гипоксии констрикторные эффекты НА на деэндотелизованных сегментах аорты существенно не изменялись в течение всего исследуемого пострадиационного периода.

Эффекты пролонгированного облучения, проявившиеся при перфузии оксигенированным раствором в угнетении эндотелий-зависимых дилататорных реакций сегментов аорты на 10 и 30 сут пострадиационного периода, сохранялись в условиях гипоксии. Однако, если в оксигенированном растворе к 90-м и на 180-е сут пострадиационного периода исследуемые реакции не отличались от контрольных, то в условиях гипоксии функциональный ответ аорты при отдельных концентрациях КХ по-прежнему был достоверно снижен.

Дилататорные реакции сосудистых препаратов облученных животных на стимуляцию β -адренергических рецепторов в условиях гипоксии снижались по отношению к соответствующим контролям, но в отличие от пострадиационных эффектов Изо в оксигенированном растворе это наблюдалось и на деэндотелизованных сегментах аорты. При этом снижение дилататорных реакций сегментов аорты с интактным эндотелием при действии Изо в концентрации 10^{-5} моль/л в условиях гипоксии сохранилось и на 180 сутки пострадиационного периода.

Таким образом, воздействие пролонгированного γ -излучения в дозе 50 сГр существенно увеличивало силу сократительных реакций изолированной аорты при действии НА и уменьшало холинергические эндотелий-зависимые и адренергические эндотелий-независимые дилататорные реакции сегментов аорты. Очевидно, основной причиной наступающих изменений являются механизмы, происходящие в эндотелии. Дополнительная функциональная нагрузка в виде перфузии гипоксическим раствором позволяет выявить скрытые изменения механизмов адренергической вазоконстрикции и β -адренергической и М-холинергической вазодилатации.

Литература.

1. Лобанок Л.М., Лукша Л.С. // Медицинские новости. 1999. №4. С.19-27.
2. Vapaatalo H, Mervaala E.// Med Sci Monit. 2001. V.7, №5. P.1075-1085.

3. Leone A.M., Palmer R.M.J., Knowles R.G. et.al. // Enzymology, Biochemistry and Immunology, London, Sept.30-Oct.2, 1991. Portland Press London. 1992. P.7-14.
4. Furchgott R.F.,Zawadzki J.V. // Nature. 1980. V.288. №5789. P.373-376.

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ И СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГИПОФИЗАРНО-ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМЫ

Малыхина С.А.

Институт радиоэкологических проблем НАН Беларуси, Минск

Введение. Ионизирующее излучение оказывает влияние практически на все основные метаболические процессы, происходящие в организме. Указанные изменения либо связаны с непосредственным действием ионизирующей радиации, либо опосредуются нейро-эндокринными механизмами регуляции обмена веществ. Среди последних одно из ведущих мест занимает гипофизарно-тиреоидная система.

Необходимо учитывать, что в условиях облучения возрастает чувствительность человека к действию неблагоприятных факторов, в частности к воздействию тяжелых металлов, как к одному из самых мощных антропогенных загрязнителей окружающей среды. Суммарный эффект этих факторов вызывает в организме более значительные нарушения в отличие от их изолированного действия. Относится это и к свинцу, накопление которого в тканях организма, оказывает токсический эффект.

В связи с этим представляло интерес в опытах на экспериментальных животных смоделировать условия, создавшиеся на загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами территориях. В проведенной работе была предпринята попытка изучить одновременное воздействие на состояние системы гипофиз-щитовидная железа организм свинца и ионизирующего облучения.

Материалы и методы исследования. Опыты выполнены на 76 белых половозрелых крысах-самцах линии Вистар стадного содержания массой 210 ± 15 г, находившихся на обычной диете в условиях вивария. В соответствии с поставленными в работе задачами животные были разделены на 4 группы: биологический контроль, радиационный контроль, контроль-воздействие солей свинца, радиационно-свинцовое воздействие.

Подопытные животные содержались в условиях вивария. Гамма-облучение осуществляли на гамма-установке УГУ-10 (источник Со-60) Института радиационных физико-химических проблем НАН Б при мощности дозы 0,07 Гр/час, 20 раз в течение месяца в суммарной дозе 1 Гр. Хи-

мическую интоксикацию вызывали введением с питьевой водой в желудок солей свинца из расчета 0.6 мг/кг массы ежедневно на протяжении 21 дня.

Животных выводили из опыта путем декапитации на 30-е сутки эксперимента. Для исследования брали сыворотку крови, выделяли надпочечники, щитовидную железу и тимус и просчитывали для них весовые коэффициенты.

Для изучения функционального состояния системы гипофиз-щитовидная железа использовали радиоиммунные методы количественного анализа трийодтиронина, тироксина и тиреотропного гормона в сыворотке крови животных [1]. Состояние организма оценивали по общему количеству белков в крови [2]. Для определения активности белка острой фазы в крови – церулоплазмину использовали экспресс-метод [3]. Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами вариационной и коррелятивной статистики с использованием пакета компьютерных программ анализа данных.

Результаты и их обсуждение. Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать заключение о том, что действие на организм животного ионизирующего излучения в малых дозах вызывает существенные нарушения функций гипофиза и щитовидной железы. Эти нарушения проявляются в форме снижения концентрации гормонов щитовидной железы в крови. Наиболее заметно изменяется уровень тиреотропного гормона (снижение в 1,2 раза). Содержание трийодтиронина и, особенно, тироксина понижается менее значительно (в 1,1 раза). Очевидно, полученные данные можно объяснить угнетающим влиянием ионизирующего излучения на функции щитовидной железы и нарушением деятельности центральных нейрогенных механизмов [4]. Можно предположить, также, что изменение метаболизма тиреоидных гормонов при γ -облучении связано с нарушением йодсвязывающей функции щитовидной железы, а также с повреждением внутриклеточных и нейрогуморальных механизмов [5]. Выработка церулоплазмину статистически значимо увеличивается в 1,1 раза, а общего белка - уменьшается.

После введения крысам свинца отмечают отчетливо выраженные признаки повышения функции щитовидной железы, связанные усилением выработки трийодтиронина и тироксина и повышением тиреотропной активности гипофиза. Количество трийодтиронина и тироксина в крови увеличивается существенно, а содержание тиреотропного гормона - незначительно. Количество церулоплазмину статистически значимо увеличивается, а общего белка уменьшается в 1,1 раза.

При введении крысам свинца на фоне хронического γ -облучения наблюдается снижение содержания тироксина и трийодтиронина на фоне одностороннего, но более выраженного изменения содержания тиреотропного гормона. В том случае, когда количество гормонов соотносили с концентрацией в крови белков, наблюдается сходная картина, очевидно, в

связи с аналогичными сдвигами содержания церулоплазмينا и общего белка в крови.

При сравнении изменений, характерных для крыс, получавших свинец на фоне длительного γ -облучения с нарушениями, характерными для однофакторных воздействий, видно, что решающую роль в изменении функционального состояния щитовидной железы играет воздействие ионизирующего облучения, поскольку оно вызывает достоверное снижение практически всех изучавшихся метаболических параметров. Исключение составляет только содержание общего белка (увеличение в 1,1 раза). Изменения, вызванные введением свинца незначительны, а количество трийодтиронина и церулоплазмينا в пересчете на белок, а также отношение тироксина к трийодтиронину вообще не изменяются. Весовые коэффициенты прибавки массы тела и некоторых эндокринных желез изменяются в меньшей степени.

Таким образом, комбинированное радиационно-химическое воздействие на организм оказывает угнетающее влияние на гипофизарно-тиреоидную функцию. Основные изменения связаны с влиянием ионизирующей радиации. Значительно тормозится выработка белка острой фазы.

Литература.

1. Славнов В.Н. Радиоиммунологический анализ в клинической эндокринологии. Киев: Здоров'я, 1988. - №2. – С.60-63.
2. Gornall A.C., Bardawill C.L., Darid M.M. // I. Biol. Chem. – V.177. – P.751-766.
3. Тэн Э.В. // Лаб. дело. – 1980. - №1. – С.334-335.
4. Цыхун Г.В., Викентьева Н.К. и др. // Радиц. биол. и радиоэкол. – 1996. – Т.36, №3. – С.387-393.
5. Должанов А.Я., Тимофеева З.А., Ушаков И.Б. // Морфология. – 1993. – Т.105, № 9-10. – С.73.

ЭКСТРАГИРУЕМОСТЬ ^{137}Cs ИЗ СЕНАЖА, ЗАГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОНСЕРВАНТОВ.

Маховик О.А.

РНИУП “Институт радиологии”, Гомель.

Введение. В последнее время большинство животноводческих предприятий, идут по пути сокращения затрат на производство кормов в целях снижения себестоимости продукции. Одним из таких путей является освоение прогрессивных технологий приготовления сенажа высокого качества [1].

Необходимо отметить, что в настоящее время довольно большое внимание уделяется изучению влияния видового состава кормовых культур, используемых для приготовления сенажа на его качественные характеристики [2]. Однако, вопросы доступности радионуклидов в организме животных из сочных кормов с различной питательностью и качеством изучены явно недостаточно. Изучение экстрагируемости радионуклидов из кормов является одним из элементов изучения доступности. В связи с этим, целью данной работы стало изучение степени экстрагируемости ^{137}Cs из сенажа, заготовленного с применением различных консервантов.

Материалы и методы исследований. На сегодняшний день разработан ряд методик определения всасываемости радионуклидов в ЖКТ, однако, большинство из них весьма трудоёмки, что во многом ограничивает их применение. Н. Бересфорд с соавторами [3] разработали относительно быстрый метод оценки биологической доступности ^{137}Cs , в основе которого лежит 2-часовая экстракция образцов кормов 0,1М раствором стабильного хлорида цезия. После экстрагирования определяется остаточная активность ^{137}Cs исследуемого образца корма и активность фильтрата. Рассчитанный далее процент экстрагируемости радионуклида преобразуется в коэффициент доступности ^{137}Cs из данного корма. В ходе проведения исследований анализировались три варианта консервирования сенажа с использованием провяленной травяной массы и масляной (B_1), пропионовой (B_2) или уксусной (B_3) кислоты. Контролем выступали образцы сенажа, приготовленные из зелёной массы естественной влажности без консерванта (K_1) и провяленной травяной массы без консерванта (K_2).

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований (таблица) показали, что доля экстрагируемости ^{137}Cs во всех вариантах опыта отличается незначительно, при этом наиболее высокий процент (достоверное различие при $p < 0.05$) экстрагируемости получен в варианте опыта K_2 — сенажирование провяленной зелёной массы без применения химических консервантов.

Анализ зоотехнических показателей качества экспериментально заготовленного сенажа показал, что наиболее высоким качеством обладает вариант K_1 . Для варианта B_3 установлено, что добавление уксусной кисло-

ты практически не повлияло на качественные показатели сенажа. Выявлена высокая корреляционная зависимость ($r = -0,85$) между содержанием клетчатки в сенаже и степенью экстрагируемости ^{137}Cs .

Таблица.

Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сенажа, приготовленного с использованием различных консервантов

Вариант заготовки сенажа	Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сенажа, %
К ₁ – сенажирование при естественной влажности без консервантов	93,0±0,9
К ₂ – сенажирование провяленной массы без консервантов	94,8±0,6
В ₁ – сенажирование провяленной массы + масляная кислота	93,8±0,7
В ₂ – сенажирование провяленной Массы + пропионовая кислота	94,2±0,4
В ₃ – сенажирование провяленной Массы + уксусная кислота	92,9±1,3

Таким образом, результаты проведённых исследований свидетельствуют о высокой степени экстрагируемости ^{137}Cs из сенажа, причём применение консервантов не оказывает существенного влияния на снижение этого показателя.

Литература.

1. Науменко П.А. // Химизация сельского хозяйства. - №9.- 1990.- С.62-65.
2. Романов В.В. // Достижения науки и техники АПК.- №5.- 1998.- С.24-26.
3. N.A. Beresford, R.W. Mayes, C.L. Barnett, C.S. Lamb, P.J. Wilson and B.J. Howard, Development of rapid techniques to assess the availability to food animals of radionuclides in or on feed. Final report to Ministry of Agriculture Fisheries and Food; Institute of Terrestrial Ecology, Grange-over-Sands, UK; TFS project TO7051L1/MAFF project N2585, 1995c.

РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ НА РАННИХ ФАЗАХ ОНТОГЕНЕЗА ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕДИ И γ -ОБЛУЧЕНИЯ

Монтик Т.А., Гапоненко В.И., Жебракова И.В.
Институт радиобиологии НАНБ, г. Минск.

Введение. Катастрофа на ЧАЭС привела к загрязнению огромных территорий России, Украины и особенно Беларуси большим количеством радионуклидов. Только радиоцезия-137 выпало в 600 раз больше, чем при

взрыве атомной бомбы в 1945 году. [1,4,5] Хотя к настоящему времени в результате многих исследований получены новые данные о накоплении радионуклидов растениями и влиянии их на биоту, по-прежнему остается актуальным выяснение механизмов действия радиационного фактора на растительный организм, включая самые ранние фазы его онтогенеза, [1,3-5] как в отдельности, так и в сочетании с тяжелыми металлами – неотъемлемыми компонентами неослабевающего антропогенного прессинга на экосистемы [2]. В настоящей работе изучали действие отмеченных выше факторов – ионизирующего излучения и тяжелого металла на физиологическое состояние растительного организма в очень ранний период онтогенеза, начиная со стадии прорастания.

Материалы и методы исследований. В одной из серий исследований часть двухдневных растений гороха сорта "Белоус", проросших на воде или на растворе CuSO_4 (10^{-5} М), подвергали гамма-облучению в разных дозах (0,01-1,50 Гр; мощность дозы 0,06 Гр/мин) и наблюдали за их дальнейшим развитием соответственно, на воде или на растворе меди. Контролями служили необлученные варианты. Очень ранними и высокочувствительными процессами жизнедеятельности растений являются также энергия прорастания и всхожесть семян. В наших опытах использовали семена растений Энотеры двулетней, сформировавшихся в условиях повышенного радиационного фона, на участках ПГРЭЗ.

Результаты и их обсуждение. Как видно из таблицы, в контрольном водном варианте происходил значительный рост корневой системы и к 7 дням опыта длина главного корня увеличилась в 2,6 раза по сравнению с двухдневным. Облучение стимулировало рост, начиная с первых суток. Наиболее благоприятной оказалась доза 0,15 Гр. При меньших и более высоких дозах эффект облучения был ниже. Наиболее оптимальное воздействие этой дозы (в 1,6 раза) проявилось на 2-ые и 3-и сутки. Полученные данные позволяют заключить, что эффект гамма-облучения корневой системы низкими дозами по критерию роста главного корня (а следовательно и интенсивности деления клеток меристемы) зависел как от полученной дозы, так и от возраста растения.

Положительное влияние ионов меди на длину главного корня в другом контрольном варианте (без облучения) увеличивалось с возрастом (в 1,5 раза) по сравнению с водным контролем, свидетельствуя о недостаточном содержании этого физиологически важного микроэлемента в развивающихся семенах. Влияние облучения на развитие варианта с медью было неоднозначным: для доз 0,01-0,15 Гр – в основном положительным, либо на уровне контроля; для доз 0,25-1,50 Гр – тормозящим. Следовательно, стимулирующий эффект таких доз облучения на процессы роста корневой системы снимался наличием в опыте элемента меди – выступающего на фоне действия ионизирующего излучения в роли одного из тяжелых металлов.

Таблица.

Изменение роста главного корня у растений гороха сорта "Белоус", проросших на воде, гамма - облученных разными дозами в двухдневном возрасте и развивавшихся также на воде (отн.ед. по сравнению с необлученным контролем).

Доза облучения, Гр	Возраст после облучения, дни.						
	1день	2день	3день	4день	5день	6день	7день
контроль	2,03±0,3 см 1	2,64±0,54 см 1	3,48±0,95 см 1	4,57±0,96 см 1	4,74±1,05 см 1	4,97±0,95 см 1	5,22±1,09 см 1
0,01	1,07	1,17	1,16	0,99	1,02	1,10	1,09
0,05	1,06	1,22	1,23	1,05	1,08	1,16	1,31
0,10	1,12	1,57	1,56	1,29	1,34	1,40	1,37
0,15	1,22	1,60	1,56	1,28	1,50	1,48	1,50
0,25	1,11	1,50	1,52	1,24	1,46	1,42	1,40
0,50	1,05	1,58	1,53	1,32	1,33	1,32	1,27
1,0	1,03	1,35	1,41	1,12	1,24	1,27	1,33
1,50	1,02	1,41	1,17	1,04	1,23	1,28	1,34

О положительном действии на растительный организм невысоких уровней ионизирующего излучения, на ранних фазах онтогенеза, говорят также данные опытов с семенами Энотеры двулетней. Получено, что при дозах внешнего гамма-облучения, превышающих уровень природного фона (20 мкР/час) в 2,5-15,0 раз (50, 150 и 300 мкР/ч) проявилось стимулирование в 1,06-1,30 раза энергии прорастания и в 1,06-1,23 раза всхожести. Длина главного корня и высота 25- дневных проростков при двух наибольших дозах внешнего облучения была выше, соответственно, в 1,07; 1,32 и 1,15; 1,50 раза по сравнению с контрольным вариантом, свидетельствуя о стимулирующем влиянии этих уровней облучения на процессы роста.

Приведенные выше результаты находятся в соответствии с развиваемыми в Лаборатории представлениями [3], о лабилизирующем действии на растительный организм атомной радиации.

Литература.

1. Алексахин Р.М. //Радиационная биология. Радиозэкология. 1996. Т. 36, вып. 4 . – С. 451-457.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. – 142с.
3. Гапоненко В. И., Суховер Л. К., Шамаль Н. В. // Радиационная биология. Радиозэкология. 1998. Т.38. Вып. 5. С.713-720.

4. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС)./Под общ.ред. В.И. Парфенова и Б.И. Якушева. Мн.: Навука і тэхніка, 1995. 582 с.
5. Konoplya E.F., Matsko V.P., Bondar Yu.I., et al//Proceedings Belarus-Japan Simposium «Acute and Late Consequences of Nuclear Catastrophes: Hiroshima-Nagasaki and Chernobyl». Minsk, 1994. P.40-47.

ПРОЛИФЕРАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК КАРЦИНОМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГИСТОЛОГИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ

Мохаммади М.Т.

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Введение. В Республике Беларусь после аварии на ЧАЭС отмечен рост заболеваемости раком щитовидной железы [1]. Аналогичная ситуация отмечается в различных регионах России, пострадавших от аварии на ЧАЭС, с ежегодным ростом как относительного, так и абсолютного числа рака щитовидной железы [2]. Все это диктует необходимость дальнейших морфологических исследований рака щитовидной железы.

По мнению Пожарисского К. М., пролиферативная активность является ведущим фактором, как в механизме злокачественной трансформации клеток, так и в биологическом поведении уже возникших опухолей [3]. Изучение пролиферативной активности опухолевых клеток карцином щитовидной железы проводится иммуногистохимическим методом с применением специальной окраски моноклональными антителами к нуклеопротейну Ki-67. Экспрессия Ki-67 позволяет выделить опухолевые клетки, находящиеся в активной фазе клеточного цикла на всём его протяжении (G1-, S-, G2- и M-периоды), от так называемых, «покоящихся» (G0-период). Однако на световом микроскопе при рутинных окрасках можно выявить только митотическую активность, что составляет лишь короткий отрезок от общего времени клеточного цикла.

Целью настоящей работы является изучение пролиферативной активности карцином щитовидной железы разной степени дифференцировки.

Материалы и методы исследований. Исследование выполнено на архивном и текущем операционном материале, полученном от больных, которым была проведена операция тироектomie или субтотальной резекции щитовидной железы по поводу узлового образования в Республиканском научно-практическом центре опухолей щитовидной железы (директор – академик Е.П. Демидчик), за период с 1996 по 2001 г.

Из парафиновых блоков приготавливались срезы толщиной 4-5 мкм, которые окрашивались гематоксилином и эозином, и моноклональными антителами к Ki-67.

Все случаи были классифицированы в соответствии с критериями, изложенными во втором издании международной гистологической классификации опухолей щитовидной железы (ВОЗ) 1988 года [4]. Определение пролиферативного индекса производилось в 4-9 полях зрения (Ч1000), где подсчитывалось общее число опухолевых клеток (не менее 1000) и количество иммунопозитивных клеток, которые экспрессировали Ki-67. Статистическая обработка производилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 1997.

Результаты и их обсуждение. Для изучения пролиферативной активности было отобрано 43 случая карцином щитовидной железы развивающегося из фолликулярных клеток, включая дифференцированную карциному (папиллярную, фолликулярную) и недифференцированную (анapластическую).

Группу папиллярных карцином составили 39 случаев, из них 30 (76,9%) женщин и 9 (23,1%) мужчин. Возраст пациентов на момент операции в среднем составил $49,5 \pm 12,8$ лет (от 28 до 71 года). Размеры папиллярных карцином варьировали от 10 до 60 мм, составляя в среднем $23,4 \pm 12,6$ мм. По гистологическому строению 12 (30,7%) карцином имели папиллярное, 8 (20,6%) фолликулярное и 19 (48,7%) смешанное строение. Наличие метастазов в лимфатических узлах наблюдалось в 23 (58,9%) случаях, из них в 6 случаях в паратрахеальных, в 16 случаях в паратрахеальных и шейных и в 1 случае в шейных и надключичных лимфатических узлах. Отдаленные метастазы имели место в 15 (38,4%) наблюдениях, из них 8 случаев были диагностированы до операции и в 7 случаях наблюдалось прогрессирование опухоли с развитием отдаленных метастазов после операции. Отдаленные метастазы в основном (13 случаев) обнаруживались в легких и в 2 случаях – в подвздошной кости. Экспрессия Ki-67 наблюдалась во всех случаях папиллярных карцином и пролиферативный индекс в среднем составил $1,87 \pm 1,19\%$ с максимальным значением 4,92% и минимальным 0,30%.

Группу фолликулярных карцином составили 3 случая. Среди них метастазов не выявилось. Один случай с минимальной инвазией капсулы и с пролиферативным индексом 1,14% и два случая с широкой инвазией в кровеносные сосуды и капсулы, их пролиферативный индекс составил 5,50% и 9,97% соответственно.

Был исследован 1 случай недифференцированной (анapластической) карциномы щитовидной железы. Полученный индекс пролиферативной активности составил 41,91%.

Полученные иммуногистохимические данные пролиферативной активности при карциномах щитовидной железы, происходящих из фолликулярных клеток, представлены в таблице.

Таблица.

Прролиферативная активность карцином щитовидной железы разной степени дифференцировки

Форма карциномы	Количество случаев	ПИ* ± СО** (%)	Диапазон значения ПИ (%)
Дифференцированная	42	2,13 ± 1,78	0,30 – 9,97
Недифференцированная	1	41,91	-

*ПИ: пролиферативный индекс
 **СО: стандартные отклонение

Проведенные нами иммуногистохимические исследования показали, что пролиферативный индекс опухолевых клеток недифференцированной формы (анапластической) карциномы щитовидной железы резко отличается от дифференцированных форм (папиллярной, фолликулярной). Снижение дифференцировки опухолей щитовидной железы (анапластический рак) приводит к достоверному ($P < 0,01$) повышению индекса пролиферативной активности до 42% и соответственно пролиферативная активность карцином щитовидной железы зависит от степени гистологической дифференцировки опухолей, чем ниже степень дифференцировки опухоли, тем выше пролиферативная активность и тем хуже прогноз.

Литература.

1. Демидчик Е.П., Сидоров Ю.Д., Дубовская Е.П. и др. //Рак щитовидной железы в Беларуси. Клиническая онкология: сб. науч. трудов под ред. Демидчик Ю.Е. – Мн., 1999.- С.24-30.
2. Хмельницкий О.К. //Актуальные проблемы тиреологии глазами клинического патолога. Санкт-Петербург. СПбМАПО. 2000.
3. Пожарисский К. М., Леенман Е. Е. // Архив патологии, 2000, № 5, с. 3-11.
4. Hedinger C., Williams ED., Sobin LH. // In: International histological classification of tumors, World Health Organization. Berlin: Springer-Verlag 1988:5-18.

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ ^{90}Sr ДЛЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ненашева М.Н.

Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины, г.Гомель

Введение. После Чернобыльского аварийного выброса значительная часть радионуклидов аккумулировалась в верхнем слое почвы, и теперь она представляет собой главный источник их поступления в сельхозпродукцию. Наличие различных физико-химических форм выпадений, неопределенность их соотношения на разных следах выброса и динамики трансформации в почвах в связи с физико-химическими характеристиками, минералогическим составом и водным режимом последних определяют различную мобильность (миграционную способность и биологическую доступность) радионуклидов аварийного выброса.

В литературе встречается информация о том, что с течением времени биологическая доступность ^{90}Sr для растений будет увеличиваться, поэтому изучение механизмов миграции данного радионуклида в основных трофических цепях является в настоящее время особенно актуальным.

Материалы и методы исследований. Для изучения закономерностей накопления ^{90}Sr различными вегетативными органами растений нами был проведен вегетационный эксперимент в условиях почвенной культуры со следующими овощными культурами: белокочанная капуста сорта Белорусская 85, морковь Нантская, свекла Бордо. Тип почвы - дерново-подзолистая, супесчаная, основные агрохимические показатели почвы - рН- 6,4, K_2O – 7,7 мг/100 г, P_2O_5 – 16,4 мг/100 г почвы. Варианты опыта: супесчаная почва с искусственным внесением водорастворимого ^{90}Sr (суммарная активность 746 Бк/кг) и контроль (без внесения ^{90}Sr , активность 146 Бк/кг).

Путем сопоставления коэффициентов накопления радионуклида из почвы, загрязненной только выпадениями, и коэффициентов накопления радионуклида, внесенного в почву в водорастворимой форме, рассчитывали относительную биологическую доступность радионуклида в выпадениях (ОБД).

Результаты и их обсуждение. Полученная информация свидетельствует о существенных различиях в размерах поступления и аккумуляция ^{90}Sr органами и тканями растений в зависимости от их биологических особенностей. Так, в контрольном варианте у растений капусты максимальное накопление радионуклида обнаружено в мезофилле нижних листьев, в верхних листьях содержание ^{90}Sr было значительно меньше (табл.1).

Таблица 1.

Содержание ^{90}Sr в вегетативных органах капусты
в условиях вегетационного эксперимента

Вариант	Верхние листья		Нижние Листья		Черешки листьев		Стебель		Корень	
	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн
Контроль	68,9	0,47	146,6	1,00	79,2	0,54	45,5	0,31	102,6	0,70
С внесением ^{90}Sr	516,3	0,69	1019,9	1,37	673,4	0,90	374,9	0,50	293,9	0,39

Таким образом, наружные старые листья содержат больше ^{90}Sr , чем молодые. По-видимому, это объясняется сходством ^{90}Sr и его аналога - кальция в поступлении и аккумуляции в растительном организме. Минимальное содержание ^{90}Sr было обнаружено в тканях стебля.

Внесение ^{90}Sr в почву существенно увеличило содержание радионуклида в тканях изучаемых растений, при этом в данном варианте опыта прослеживаются те же тенденции по уровням накопления ^{90}Sr различными вегетативными органами.

Содержание ^{90}Sr в корнеплодах свеклы оказалось существенно ниже, чем в листьях. Наиболее высоким накоплением ^{90}Sr отличался мезофилл листа и черешки листьев (табл.2). Минимальное содержание ^{90}Sr было зарегистрировано в хозяйственно-ценной части растения.

Описанные выше закономерности прослеживаются и для моркови: в листьях содержание ^{90}Sr было существенно выше, чем в корнеплодах (табл.3). Проводящие ткани накапливали радионуклид в значительно меньшей мере, чем покровные.

Также установлено существенное влияние видовых особенностей растений на размеры накопления радионуклида. Наиболее высокое содержание ^{90}Sr в хозяйственно-ценной части отмечено для капусты. Для всех изучаемых культур максимальные уровни ^{90}Sr были зарегистрированы в листьях, а минимальные - в стеблях. По уровню накопления ^{90}Sr растительные ткани изучаемых культур можно расположить в следующем убывающем порядке: мезофилл листа > покровная ткань > ксилема > флоэма.

Таблица 2.

Содержание ^{90}Sr в вегетативных органах свеклы
в условиях вегетационного эксперимента

Вариант	Мезофилл листа		Черешки листьев		Кожура		Корнеплод	
	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн
Контроль	111,0	0,76	111,5	0,76	51,5	0,35	23,7	0,16
С внесением ^{90}Sr	1098,4	1,47	671,7	0,90	417,4	0,56	200,6	0,27

Таблица 3
Содержание ^{90}Sr в вегетативных органах моркови
в условиях вегетационного эксперимента

Вариант	Мезофилл листа		Флоэма		Ксилема		Кожура	
	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн	^{90}Sr , Бк/кг	Кн
Контроль	151,0	1,03	22,1	0,15	24,3	0,17	43,3	0,30
С внесением ^{90}Sr	1186,8	1,59	171,8	0,23	168,8	0,23	371,0	0,50

В среднем по всем изучаемым культурам ОБД ^{90}Sr аварийных выпадений составляла 0,61 (61%) от биологической доступности радионуклида, внесенного в водорастворимой форме, т.е. от максимально возможной.

Таким образом, биологическая доступность ^{90}Sr продолжает оставаться высокой для многих видов растений. Поскольку основной задачей науки и производства является получение продукции с минимальным содержанием радионуклидов, необходимо проведение более детальных исследований в данном направлении.

Результаты, представленные в настоящей статье, получены при финансовой поддержке Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (№Б99М-058).

Литература.

1. Белаусов Э.В., Шумилин В.А., Левков И.А. // Итоги научных исследований в области радиозэкологии окружающей среды за десятилетний период после аварии на Чернобыльской АЭС. Сб. науч. трудов. - Гомель, 1996. - С. 174-179.
2. Бондарь П.Ф., Терещенко Н.Р., Шматок И.О. // Радиационная биология. Радиозэкология. - 1998. - 38, №2. - С.283-289.
3. Иванов Ю.А., Кашпаров В.А., Орешнич Л.А., Нечепоренко О.В. // Проблемы сельскохозяйственной радиологии. - Киев, 1991. - С.48-61.
4. Корнеев Н. А., Сироткин А. Н., Корнеева Н. В. Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства. - М.: Колос, 1977. - С.69.
5. Ненашева М. Н., Тимофеев С. Ф. // Проблемы экологии и экологического образования Полесья в постчернобыльский период: Мат-лы Международ.науч.-практ.конф. - Мозырь:РИФ "Белый ветер", 2000. - С.317-320.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС ЧЕРЕЗ 6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ВНЕШНЕГО ГАММА ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Нецецкая З.В.

Институт биохимии НАНБ, г. Гродно

Введение. Проблема заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) всегда была важной для Беларуси, поскольку во многих районах страны имеется эндемический дефицит йода. Однако её актуальность значительно возросла после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, и, по-видимому, будет оставаться таковой в ближайшем будущем, в связи со значительным ростом узлового зоба, рака ЩЖ и аутоиммунного тиреоидита. Вклад в развитие заболеваний щитовидной железы могли внести как внутреннее облучение радиоизотопами йода, так и внешнее радиационное облучение.

Проведенные нами ранее исследования показали, что однократное внешнее облучение крыс в дозах 0,25-5,0 Гр сопровождается развитием гипотиреоза в течение одного месяца после воздействия и нормализацией функции щитовидной железы через пол года [1]. Длительность воздействия или фракционирование дозы, как правило, снижают эффекты однократного воздействия в несколько раз. Для человека порог развития радиационно-индуцированного гипотиреоза определяется дозой 25-30 Гр, поглощенных железой в течение 30 суток, что в 2,5-3 раза выше, чем при однократном облучении [2]. Экспериментальные данные о влиянии внешнего фракционированного облучения на тиреоидный статус организма немногочисленны и разноречивы. Показано, что фракционированное лучевое воздействие в дозах 0,1 и 1 Гр в течение 10 дней вызывает фазные изменения функциональной активности ЩЖ крыс: в течение суток наблюдается повышение концентрации трийодтиронина (T_3) в крови, и снижение до контрольных значений через 72 часа. Однако через 6 и 9 месяцев концентрация T_3 в крови облученных животных возрастает на 19,95%; через 12 месяцев авторы отмечают [3] выраженный гипотиреоз с достоверным снижением содержания трийодтиронина в крови экспериментальных животных. По данным Конопки Е.Ф. и др. [4] внешнее хроническое облучение в дозе 1 Гр приводило к достоверному снижению уровня T_3 в сыворотке крови уже через месяц после воздействия. Было показано, что у мышевидных грызунов, обитающих на участках с повышенной радиоактивностью, наблюдаются такие гистофункциональные признаки гиподисфункции ЩЖ как увеличение размеров фолликулов и уплощение выстилающих их тироцитов, накопление и уплотнение коллоида, пролиферация фолликулярного эпителия в просветы [5].

Целью нашей работы явилось изучение функциональной активности щитовидной железы крыс через 6 месяцев после фракционированного внешнего радиационного облучения в малых дозах.

Материалы и методы. Эксперименты были проведены на крысах-самках Wistar массой 120-140г. Животных подвергали внешнему фракционированному радиационному облучению по 0,1; 0,25 и 0,5 Гр в течение 20 дней (4 недели по 5 дней) на установке "АГАТ-С" с постоянной мощностью 0,64 Гр/мин. Контрольным животным проводилось ложное облучение. Суммарные дозы составили 2, 5 и 10 Гр. Животных декапитировали через 6 месяцев после последнего облучения. В сыворотке крови определяли содержание тироксина (T_4) и трийодтиронина (T_3) с использованием радиоиммунологических наборов РИО- T_4 -ИПР и РИО- T_3 -ИПР (ХОП ИБОХ НАНБ). В цитозоле печени крыс определяли активность НАДФ-МДГ спектрофотометрическим методом. Результаты обработаны методом вариационной статистики по Стьюденту.

Результаты и их обсуждение. О функциональной активности щитовидной железы мы судили по концентрации тиреоидных гормонов в крови экспериментальных животных. Из таблицы 1 видно, что содержание в плазме крыс T_3 и T_4 достоверно понижено в группе животных, у которых поглощенная доза составила 0,5 Гр в сутки: тироксина в 1,4 раза, трийодтиронина в 1,3 раза.

Таблица 1.

Концентрация T_4 , T_3 , $T_3/T_4 \times 10^3$ в плазме крови экспериментальных животных и масса щитовидной железы через 6 месяцев после фракционированного гамма облучения (n=8). * - $p < 0.05$. \rightarrow - $0,1 > p < 0.05$.

	Контроль	0,1 Гр	0,25 Гр	0,5 Гр
T_4 [нмоль/л]	52,28±4,24	44,30±5,99	52,79±7,62	38,57±3,90*
T_3 [нмоль/л]	1,66±0,09	1,43±0,07	1,51±0,26	1,28±0,09*
$T_3/T_4 \times 10^3$	35,64±3,04	32,68±2,54	29,85±4,76	32,29±4,47
масса ЩЖ [мг]	16,50±0,71	16,63±0,80	19,88±0,79*	19,00±1,09

В группах животных, получавших 0,1 Гр и 0,25 Гр ежедневно, концентрация T_3 и T_4 не отличается от контрольных значений. Соотношение T_3/T_4 , являющееся показателем баланса тиреоидных гормонов, не изменялось. Наблюдается увеличение массы ЩЖ в группах 0,25 Гр и 0,5 Гр, что обусловлено недостаточностью тиреоидных гормонов.

Учитывая, что активность НАДФ - зависимой малатдегидрогеназы очень тесно сопряжена с обеспеченностью организма гормонами ЩЖ (T_3 стимулирует синтез специфической мРНК), мы оценили активность этого фермента у экспериментальных животных. Через 6 месяцев после длительного облучения активность НАДФ-МДГ была достоверно снижена в группах, получавших 0,25 Гр и 0,5 Гр в 1,43-1,5 раза, в расчете как на грамм ткани, так и на грамм белка (табл. 2).

Таблица 2.

Активность НАДФ-МДГ в печени экспериментальных животных через 6 месяцев после фракционированного гамма облучения (n=8). *-p<0.05.

НАДФ-МДГ	Контроль	0,1 Гр	0,25 Гр	0,5 Гр
[мкМ*мин/г ткани]	2,09±0,12	1,90±0,13	1,38±0,12*	1,58±0,18*
[мкМ*мин/г белка]	25,15±1,35	22,35±2,78	16,75±1,26*	17,79±1,96*

Низкая активность МДГ в группе 0,25 Гр, где концентрация тиреоидных гормонов находится на уровне контрольных значений, может свидетельствовать о наличии нарушений метаболизма гормонов ЩЖ в клетках печени. Поскольку было показано снижение связывания T_3 с ядрами клеток печени через 6 месяцев после хронического облучения в дозе 1 Гр [4], можно предположить, что фракционированное облучение в используемых нами дозах может вызывать изменение рецепции трийодтиронина в печени экспериментальных животных. Полученные данные свидетельствуют о снижении тиреоидного статуса крыс через 6 месяцев после фракционированного внешнего гамма облучения в дозах 0,25 и 0,5 Гр. Это обусловлено по-видимому как угнетением функциональной активности щитовидной железы, так и нарушением метаболизма тиреоидных гормонов в органах и тканях, поскольку хроническое облучение, безусловно, оказывает негативное воздействие на весь организм.

Литература.

1. Нецецкая З.В, Овчинников В.А, Надольник Л.И. // 4-й Съезд по радиационным исследованиям: Тез. докл.- Москва 2001, Т.1- с.225.
2. Дозовые зависимости нестохастических эффектов, основные концепции и величины: Рекомендации МКРЗ. Публ. 41, 42.-М., 1987.
3. Мизина Т.Ю., Ситникова С.Г.// Рад. биология. Радиоэкол.- 1998.- Т.38.-№3.- с.393-399.
4. Конопля Е.Ф., Лукша Л.Г. и др. // Рад. биология. Радиоэкол.-1997.- Т.37.- №2.- с.131-136.
5. Ермакова О.В. // Радиация и эндокринная система: Тез. докл. научно-практ. конф.- Минск 2001.- с.29.

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ, АМЕРИЦИЯ И ПЛУТОНИЯ РАСТЕНИЯМИ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Орехова М.Г., Мацко В.П., Гапоненко В.И., Сквернюк И.И., Кудряшов В.П.
Институт радиобиологии НАНБ, г. Минск

Введение. В настоящее время остаются актуальными исследования по накоплению и движению радионуклидов в пищевой биологической цепи «почва – вода – растения – животные – человек» и действию радиации-

онного фактора на живые организмы. При прогнозе радиоэкологической ситуации необходимо принимать во внимание усиливающиеся процессы деструкции топливных частиц, приводящие к вовлечению радионуклидов в геохимические циклы [1] и в состав биоты. Однако механизмы этих процессов выяснены недостаточно. Это относится к поведению ТУЭ в основных компонентах биосферы Беларуси (почва, вода, растительность), отсутствуют данные по включению ТУЭ в трофические цепи.

Доля плутония в прочносвязанном состоянии в «горячих» частицах, обнаруженных на разном удалении от ЧАЭС, выше, чем его доля в мобильном состоянии [3]. Содержание водорастворимого плутония, наименее прочно связанного с почвенным комплексом, легко извлекающимся и, как следствие, наиболее подвижным, в почвах не превышает 0,6% [2]. Мобильность америция, входящего в состав «горячих» частиц, существенно выше, чем плутония. Кроме того, биологическая опасность америция-241, являющегося дочерним продуктом распада плутония-241 и обладающего большой геохимической подвижностью, в последующие годы будет увеличиваться [4]. Существует возможность вовлечения америция в пищевые цепочки через дикорастущие растения природных комплексов.

Способность радионуклидов поступать через корневую систему в растения во многом определяется формой их нахождения в почве. В настоящее время в поверхностных слоях всех разновидностей почв цезий-137 находится преимущественно (62-98%) в «фиксированном» состоянии [2], однако нельзя исключить увеличения его доступности для растений в будущем.

Материалы и методы исследований. Использовали существующие методики определения содержания радионуклидов в образцах растений и почвы: метод спектрометрического определения ^{137}Cs , радиохимические методики определения ^{241}Am и изотопов плутония.

Исследования проводили в Хойникском р-не Гомельской обл. на участке около в.д. Масаны, представляющим собой залежь; почва дерново-подзолистая песчаная, отличалась низким содержанием калия ($\text{K}^+= 0,29$ мг-экв./100г почвы) и гумуса (1,09%); рН солевой вытяжки 5,5.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что плотность загрязнения почвы по $^{239,240}\text{Pu}$ – 42 кБк/м², по ^{241}Am – 58 и по ^{137}Cs – 6270 кБк/м²; удельная активность составляет, соответственно, 0,60; 0,83 и 89,7 кБк/кг.

Исследованы 16 видов дикорастущих растений (7 семейств) естественной флоры ПГРЭС, которые в качестве лекарственного и кормового сырья представляют большую ценность.

Выявлены пределы загрязнения травянистой растительности долгоживущими трансурановыми нуклидами, а также одним из основных в настоящее время дозообразующих элементов – ^{137}Cs . Отмечена избирательность исследованных растений в поглощении отдельных нуклидов.

В то же время интервалы по предельным значениям коэффициентов накопления (Кн, отношение удельной активности – УА фитомассы, Бк/кг, к УА почвы, Бк/кг) для всех трех радионуклидов сходные. Диапазон варьирования содержания радионуклидов у дикорастущих видов растений находится в пределах: от 0,0020 до 0,0533 - для $^{239,240}\text{Pu}$ и от 0,0027 до 0,0519 - для ^{241}Am , от 0,0040 до 0,0633 – для ^{137}Cs .

Избирательность поглощения по отношению к определенным нуклидам у растений различной систематической принадлежности проявилась довольно существенно (табл.).

Таблица.

Радиологические характеристики растений различных семейств

Семейство	Кол-во видов	Средний Кн по семейству		
		$^{239,240}\text{Pu}$	^{241}Am	^{137}Cs
Бобовые	2	0,0020 ± 0,0009	0,0083 ± 0,0049	0,0105 ± 0,0049
Гречишные	1	0,0120	0,0374	0,0255
Зверобойные	1	0,0102	0,0145	0,0117
Злаковые	4	0,0054 ± 0,0010	0,0226 ± 0,0111	0,0212 ± 0,0065
Кипрейные	2	0,0367 ± 0,0167	0,0495 ± 0,0024	0,0276 ± 0,0199
Крестоцветн.	1	0,0020	0,0145	0,0113
Сложноцвет.	6	0,0085 ± 0,0036	0,0165 ± 0,0056	0,0327 ± 0,0091

Так, по переходу $^{239,240}\text{Pu}$ из почвы в надземную фитомассу растения семейства Кипрейные опережали Крестоцветных и Бобовых в 18 раз (Кн, соответственно, равны 0,0367 и 0,0020); аналогичные различия по ^{137}Cs для семейств Сложноцветные и Бобовые составляют 3,1 раз (Кн, соответственно, 0,0327 и 0,0105); по ^{241}Am крайние по накоплению семейства - Кипрейные и Бобовые различались в 6 раз (Кн 0,0495 и 0,0083, соответственно).

По абсолютному значению (удельной активности) содержание Cs-137 в надземной части растений значительно выше по сравнению с другими элементами. В усредненном по ассоциации варианте (^{137}Cs - -1995 Бк/кг, ^{241}Am –18,4, $^{239,240}\text{Pu}$ — 6,22 Бк/кг) различия составили 108 раз по америцию и 320 раз по плутонию. Однако, биологическая опасность трансурановых элементов и дочернего элемента америция-241 не сравнима с цезием-137.

Выявлено, что в поглощении надземной фитомассой растений трансурановых элементов доля америция-241, имеющего большую биологическую подвижность по сравнению с изотопами плутония, является преобладающей. Так, например, растения семейства Бобовые (минимального накопления по всем исследованным нуклидам) имеют соотношение $^{241}\text{Am} / ^{239,240}\text{Pu} > 1$ (по УА): у дрока красильного оно составило 10,8, у клевера пашенного – 2,3, т.е. поступление ^{241}Am в надземную часть растений преимущественное.

По средним коэффициентам накопления растительной ассоциации загрязнение составило 0,0104 по $^{239,240}\text{Pu}$ и одинаковые значения по ^{241}Am и ^{137}Cs - 0,0222. Очевидна сходность процессов перехода Cs-137 и Am-241 из почвы в растения (доля перешедшего из почвы в растения ^{241}Am находится на одном уровне с ^{137}Cs). С учетом прогнозируемого увеличения содержания америция в почве сделано предположение о дальнейшем усилении фактора биологического риска.

Литература.

1. Последствия чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь. Национальный доклад. //Под редакцией акад. Конопки Е.Ф., проф. Ролевича И.В. - Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Республики Беларусь, Академия наук Беларуси, 1996.
2. Экономические, медико-биологические и социально-экономические последствия катастрофы на ЧАЭС в Беларуси. Под ред. акад. Конопки Е.Ф., проф. Ролевича И.В. - Мн.: Министерство по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Республики Беларусь. Институт радиобиологии Академии наук Беларуси, 1996.
3. Миронов В.П., Грушевич Л.Е., Кудряшов В.Г.// Тез. докл. Междунар. конф. « Химия радионуклидов и металлоионов в природных объектах ». Минск, 1992.
4. The Chernobyl trace in Belarus. — Committee for Hydrometeorology of Ministry for emergencies and population protection from the Chernobly NPP catastrophe consequences, Minsk, 1996.

ЗАКОНОМЕРНО ЛИ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ?

Парфеевец А.П.

*Пинский консультативно-диагностический центр Комчернобыля,
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. С 1990 года патологические изменения органов пищеварения у детей и подростков, состоящих на учете в Белорусском Государственном регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции, занимают второе место в структуре как первичной, так и общей заболеваемости [1, 2]. Пер-

вичная заболеваемость по этому классу составила в 1998 году 11228.0 на 100 тысяч обследованных детей, а общая заболеваемость достигла 22508.6 на 100 тысяч детского населения [1]. Итак, указанные цифры соответственно в 2.5 и 2.2 раза выше республиканских показателей. Среди выявленных заболеваний доминируют гастриты и дуодениты (6413.3 на 100 тысяч детей), а также болезни печени, желчных путей и поджелудочной железы (6202.7 на 100 тысяч детей).

Экологическое неблагополучие является основой роста не только патологических изменений в желудочно-кишечном тракте, но также и возрастания заболеваний эндокринной системы. Согласно литературным сведениям [1-4], в условиях йодной недостаточности во многих регионах Республики Беларусь отмечается отягощение эндемического процесса, проявляющегося, в частности, возрастанием числа болезней щитовидной железы.

Имеется ли закономерная связь в сочетанном возникновении патологических изменений в двух важных функциональных системах организма – эндокринной и пищеварительной – в условиях экологически неблагоприятной ситуации, сложившейся в Белорусском Полесье после Чернобыльской катастрофы? Что является первичным в указанном процессе? Существует ли единая причина инициации патологических сдвигов функций щитовидной железы и/или функций желудочно-кишечного тракта, или триггерные факторы полиэтиологичны? Ответ на эти и ряд других вопросов явился основой для проведения настоящего исследования.

Материалы и методы исследований. В 2001 году врачами выездной бригады Пинского консультативно-диагностического центра Комчеребнобыля проведено углубленное медицинское обследование детского населения (до 14 лет) городского поселка Лельчицы, Гомельской области. Для диагностики использовались портативные ультразвуковые системы фирмы Aloka Co. Ltd. (Япония).

Следует отметить, что деятельность выездных бригад за счет оснащения современным диагностическим оборудованием и укомплектованности квалифицированными врачебными кадрами позволяет в кратчайшее время дать комплексную оценку состояния здоровья детей, проживающих в конкретном населенном пункте Республики Беларусь. Помимо тотального скрининга всех детей и подростков в городском поселке Лельчицы, Гомельской области, персонал выездной бригады имел возможность непосредственно на месте объективно оценить условия жизни обследуемых, выявить действие дополнительных неблагоприятных факторов, имеющих порой решающее значение для формирования представлений об этиологии заболевания.

Результаты и их обсуждение. При обследовании детей и подростков врачами Пинского консультативно-диагностического центра Комчеребнобыля отмечено статистически достоверное уменьшение количества де-

тей и подростков первой группы здоровья (ВОЗ) и возрастание у них числа хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта. Нередко в процессе работы персонала выездной бригады обнаруживались множественные эрозии и язвы желудка и двенадцатиперстной кишки у детей и подростков городского поселка Лельчицы, Гомельской области. Примечательно, что при обследовании юношей и девушек ювенильного периода выявлялась повышенная ранимость эндокринной системы и системы желудочно-кишечного тракта именно у девушек, что актуализирует значимость профилактических и терапевтических мероприятий у девочек и девушек, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь, с целью нивелирования негативных последствий экологически неблагоприятных факторов на детородную функцию.

Важно, что в процессе проведенного обследования установлена закономерная связь между частотой заболеваний желудочно-кишечного тракта и функциональным состоянием щитовидной железы. На этом этапе работы еще рано говорить о непосредственных механизмах такой взаимосвязи. Однако следует упомянуть о том, что в процессе онтогенетического развития организма выделяют три основных критических периода (эмбриональный, неонатальный и пубертатный). В эти периоды организм детей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь, имеет повышенную чувствительность к действию неблагоприятных факторов и низкую резистентность. Итак, реально существуют объективные предпосылки для возникновения аномальных сдвигов в функционировании разнообразных систем у детей и подростков (например, в эндокринной и пищеварительной системах) при продолжающемся воздействии ионизирующей радиации. Необходимо принимать во внимание также тот факт, что дети, проживающие на территориях с естественным радиационным фоном, могли в эмбриональном и неонатальном периодах испытать необычное влияние разнообразных биологически активных и регуляторных субстанций матери, организм которой подвергся действию ионизирующей радиации, которая, в свою очередь, вызвала соответствующие адаптивные и дезадаптивные сдвиги в различных органах и системах.

Известно, что в процессе внутриутробного развития большое значение для развития разных органов и систем организма имеет эндокринная функция пищеварительной системы. Этот аспект порой забывается при односторонней трактовке механизмов взаимодействия эндокринной системы и системы пищеварения, и возможного влияния щитовидной железы на деятельность желудочно-кишечного тракта. Кстати, к 12-й неделе внутриутробного развития щитовидная железа способна концентрировать йод и синтезировать йодтирозины. Для новорожденного ребенка пищеварительная система является основным путем выделения во внешнюю среду токсических продуктов метаболизма и органом для поддержания водного и

электролитического гомеостаза (поскольку другие пути – почки, печень, кожа и т.д. – в этом возрасте еще незрелые). Эти факты являются основой для разработки этапов работы, направленной на выяснение механизмов обнаруженной взаимосвязи патологических сдвигов в системе пищеварения, с одной стороны, и дисфункций щитовидной железы, с другой стороны, у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Белорусского Полесья.

Автор выражает благодарность профессору В.А. Кульчицкому за помощь в обсуждении полученных результатов.

Исследование выполнено в инициативной форме в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Изучение влияния на организм человека и животных природных и техногенных факторов окружающей среды (Экология и адаптация)» на 2001-2005 гг.

Литература.

1. Ломать Л.Н., Неумержицкий В.А., Малахова И.В., Карницкий Г.Г., Гальбурт Г.Н., Кулинка В.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. - 2000. - №1. С.12-28.
2. Миненко В.Ф., Дроздович В.В., Третьякевич С.С., Улановский А.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. – 1996 - №4. С. 50-65.
3. Чефранова Н.И. // ПАГ. – 1997. - №4. С. 25-26.
4. Shigematsu I. (Eds.) // Effects of A-Bomb Radiation on the Human Body. Tokyo: Harwood Academic Publishers, Bukodo Co., 1995.

ВЛИЯНИЕ ЭДАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕХОДА ^{137}CS В ДРЕВЕСИНУ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Переволоцкий А.Н.
Институт леса НАНБ

Введение. Радиоэкологические исследования в лесных экосистемах проводятся, в основном, для наиболее типичных условий местопроизрастания тех или иных древесных пород. Вместе с тем, лесные насаждения в пределах одной и той же плотности загрязнения произрастают на почвах различного механического состава (от песчаных до глинистых) и степени увлажнения (от сухих до болот), т.е. в различных эдафических (почвенно-грунтовых) условиях. В лесном хозяйстве распределение насаждений по богатству почвы (трофотопам: от А – боровые до Д - дубравы) и условиям

ее увлажнения (гигротопам: 2 – свежие до 6 - болото) принято называть типами условий местопроизрастания (ТУМ).

Эти факторы могут потенциально оказывать существенное влияние на уровни накопления радионуклидов в элементах фитомассы древесных растений и требует детального изучения.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение влияния типов условий местопроизрастания на коэффициент перехода ^{137}Cs в древесину сосны обыкновенной.

Материалы и методы исследования. Исследования осуществлялись путем подбора временных пробных площадей в различных ТУМ в трех лесхозах, находящихся в II-III зонах радиоактивного загрязнения. В Ветковском было подобрано в ТУМ А2 13 пробных площадей, А3 – 7, А4 – 3, А5 – 5, В2 – 9, В3 – 3, С2 – 6, Д2 - 4. В Костюковичском: А2 – 10, А4 – 3, А5 – 4, В2 – 3, В3 – 7, С2 – 3, С3 – 1, Д2 – 3. В Лунинецком: А2 – 6, А4 – 2, В2 – 3, В3 – 7, С2 – 1, С4 – 1. Типы условий местопроизрастания определялись по таксационным описаниям и уточнялись на пробных площадях.

Временная пробная площадь имели характерный состав древесной растительности и напочвенного покрова для исследуемого типа лесного насаждения. Плотность загрязнения почв радионуклидами устанавливалась путем отбора проб почвенным буром диаметром 4 см на глубину 20 см в четырех точках на временной пробной площади. Объем отобранной почвы составлял ~1 л. В местах отбора проб измерялась МЭД на высоте 1 м и 3-4 см от поверхности почвы с помощью монитора γ -излучения Е1-1117.

Отбор проб древесины без коры осуществлялся в пределах временной пробной площади с 20-30 растущих деревьев I-II классов роста и развития на высоте 1,3 м с помощью возрастного бурава. С каждого дерева отбирался один керн. Количество деревьев, с которых отбирались керны древесины, зависело от диаметра ствола и составляло при диаметре свыше 35 см 20 штук, 25-35 см – 25 шт., менее 25 см – 30 шт. Такого количества достаточно для заполнения измерительного сосуда объемом 100 мл.

Измерение удельной активности γ -излучающих радионуклидов в почве и растительных образцах проводились спектрометрическим методом на стационарном спектрометре "Прогресс". Относительная погрешность измерения ^{137}Cs за 1800 с составляет >15%, минимально детектируемая активность на линии 662 кЭв 1 Бк, эффективность регистрации – 0,032% на линии 662 кЭв.

Результаты и их обсуждение. Наиболее значимое влияние во всех обследованных типах условий местопроизрастания в исследованных лесхозах на содержание радиоцезия в древесине сосны обыкновенной оказывает богатство почв. С увеличением трофности в свежих условиях местопроизрастания наблюдается снижение коэффициента перехода ^{137}Cs в древесину (табл. 1). Очевидно, что эта ситуация обусловлена повышением

плодородия почвы от бора (А2) к дубраве (Д2), что определяется увеличением доли мелкодисперсной фракции почвы в которой преобладают глинистые минералы, обладающие высокой емкостью почвенно-поглощающего комплекса и способствующие снижению биологической подвижности ^{137}Cs .

Таблица 1.

Различия Кп ^{137}Cs в древесину сосны в зависимости от трофности почвы

Тип условий местопроизрастания	Костюковичский лесхоз		Ветковский спецлесхоз		Лунинецкий лесхоз		Средняя величина Кп ^{137}Cs , приведен. к ТУМ А2
	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведен. к ТУМ А2	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведенное к ТУМ А2	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведен. к ТУМ А2	
А2	0,933	1,000	1,731	1,000	4,666	1,000	1,000
В2	0,210	0,225	0,582	0,336	2,041	0,437	0,333
С2	0,066	0,071	0,314	0,181	-	-	0,126
Д2	0,072	0,077	0,185	0,107	-	-	0,092

Увлажненность эдафотоп также влияет на накопление ^{137}Cs древесными растениями – по мере увеличения влажности в боровом и суборовом рядах происходит повышение накопления радиоцезия древесными растениями (табл. 2), наиболее четко выраженное в Костюковичском и Ветковском лесхозах. При переходе от свежих к влажным условиям увлажнения Кп ^{137}Cs повышается в 1,24 раза, от свежих к сырым – от 1,9 до 2,45 раза и от свежих к мокрым – в 2,7-2,9 раза. Подобная ситуация может быть объяснена повышением биологической подвижности ^{137}Cs в системе "почва-древесное растение" с возрастанием влажности почвы.

Таблица 2.

Влияние условий увлажнения на величину Кп ^{137}Cs в древесину сосны

Тип условий местопроизрастания	Костюковичский лесхоз		Ветковский спецлесхоз		Лунинецкий лесхоз	
	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведенное к ТУМ А2	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведенное к ТУМ А2	Кп ^{137}Cs , $n \times 10^{-3}$ м ² /кг	Величина Кп ^{137}Cs , приведенное к ТУМ А2
А2	0,933	1,000	1,731	1,000	4,666	1,000
А3	-	-	2,144	1,239	-	-
А4	2,290	2,454	3,357	1,939	3,451	0,740
А5	2,525	2,706	5,031	2,906	-	-
В2	0,210	1,000	0,582	1,000	2,041	1,000
В3	0,650	3,095	1,297	2,229	2,219	1,087

Региональный фактор в величине $K_{п\ 137Cs}$ в древесину сосны обыкновенной выражается в различиях исследуемых параметров накопления радионуклида в различных регионах исследований. В одних и тех же условиях местопроизрастания коэффициент перехода ^{137}Cs в древесину сосны выше в 1,5-4,7 раза в сосняках Ветковского спецлесхоза и от 1,5 до 9,7 - в Лунинецком лесхозе (табл. 1 и 2).

При этом, в наиболее распространенном типе условий местопроизрастания сосны в Беларуси – А2, где были подобрано наибольшее количество временных пробных площадей во всех лесхозах, различия в коэффициентах перехода заметны наиболее контрастно и носят статистически достоверный характер. Сходная ситуация, выражающаяся в превышении показателей поступления в Ветковском и Лунинецком лесхозах, выявлена и для других типов условий местопроизрастания и позволяет однозначно утверждать о более высоком поступлении радионуклидов в по мере продвижения от северных областей республики на юг и юго-запад.

Это может быть объяснено с одной стороны, различиями в физико-химических формах радиоактивных выпадений на "западном" и "северо-восточном" следах, а с другой – особенностями почвообразовательного процесса в указанных лесхозах.

ВЛИЯНИЕ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ECHINACEA PURPUREA НА ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ОСТРОМ ВНЕШНЕМ ОБЛУЧЕНИИ В ДОЗЕ 1 ГР

Петренёв Д.Р., *Кабушева И.Н., *Кручонок А.В.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск.
**Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск.*

Одним из биологических эффектов ионизирующей радиации является действие её на иммунную систему организма – изменение функциональной активности иммунокомпетентных клеток, изменение соотношения субпопуляций лейкоцитов, нарушение регуляторных механизмов. Следствия этих биологических эффектов хорошо известны [2], среди них активирование неспецифической резистентности организма, переходящий со временем в истощение иммунной системы, риск развития аутоиммунной патологии и онко заболеваний [1,2].

Задачей нашего исследования является изучение действия ионизирующего излучения в малых дозах на иммунную систему в сочетании с применением иммуномодулирующих веществ эхинацеи пурпурной (*E. purpurea*) [3]. В данной работе будут рассмотрены изменения в относительном содержании лейкоцитов периферической крови. В дальнейшем

планируется изучить функциональные изменения клеток иммунной системы – лимфоцитов, макрофагов, моноцитов и гранулоцитов.

Материалы и методы исследований. Опыты проведены на нелинейных крысах-самцах, содержащихся в стандартных условиях вивария ИРБ НАН Беларуси, подвергнутых острому внешнему облучению в дозе 1Гр. Облучение было выполнено на установке «Игур-1» с источником γ -лучей ^{137}Cs , мощностью 5.0 сГр/мин x20мин. Животных иммунизировали полным адьювантом Фрейнда 0,5мл подкожно во внутреннюю поверхность бедра на следующие сутки после облучения.

Водно-спиртовой экстракт *E. purpurea* готовили по методике, разработанной ВФС-42-2371-94 [4]. Далее определяли содержание оксикоричных кислот в пересчёте на цикоривую кислоту в исходном сырье методом прямой спектрофотометрии с предварительной хроматографической очисткой, после чего рассчитывали содержание комплекса в конечном объеме экстракта. Раствор с необходимым содержанием действующих веществ приготавливали ex tempore путём разведения исходного концентрата до необходимой концентрации.

Оптимальная доза и способ введения экстракта были определены в серии предшествующих опытов. Экстракт животные получали в поилках с 7х по 30е сутки эксперимента. Доза иммуномодулирующего комплекса в пересчёте на цикоривую кислоту составила 4мг/кг массы.

У животных после декапитации отбирали пробы крови и готовили мазки. Мазки высушивались и фиксировались 10 минут в метаноле. Окрашивание производили по Романовскому в собственной модификации; концентрат краски разводили 1:10 и окрашивание длилось 5 минут. Далее производился подсчёт лейкоформулы – относительного содержания лимфоцитов, сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов и базофилов. Подсчёт производили с помощью световой иммерсионной микроскопии при увеличении x800.

Постановка опыта.

Животные были сформированы в 8 групп:

1. Контроль – Интактные особи.
2. Иммунизация животных.
3. Облучение 1Гр.
4. Иммунизация + Облучение 1Гр.
5. Экстракт *E. purpurea*
6. Иммунизация + Экстракт *E. purpurea*
7. Облучение 1Гр. + Экстракт *E. purpurea*
8. Иммунизация + Облучение 1Гр. + Экстракт *E. Purpurea*

Группы 3,4,7,8, были подвергнуты острому внешнему γ -облучению в дозе 1Гр. Через сутки группы 2,4,6,8 были проиммунизированы адьювантом Фрейнда подкожно. Экстракт иммуномодулирующего комплекса *E. purpurea* добавляли в поилки групп 5,6,7,8 в течение 3х недель, начиная с

7х суток. На 30е сутки эксперимента животных декапитировали, а их кровь использовали в ряде опытов.

Результаты и их обсуждение. За образец неспецифической активации нами была взята иммунизация адьювантом Фрейнда (группа 2). Как видно из результатов опыта, в этой группе увеличена доля сегментоядерных нейтрофилов – 23,6% против 17,6% в контроле. В группе 3, подвергнутой только острому облучению 1 Гр, сегментоядерные нейтрофилы составили 18,75% от общего количества лейкоцитов периферической крови, что незначительно отличается от контроля. При сочетанном воздействии облучения и иммунизации их количество возросло до 24,8%. Подобный уровень сегментоядерных нейтрофилов наблюдался в группе 5, получавшей экстракт *E.purpurea* – 24,4%. В группах 6,7,8 их доля составила соответственно: 40%, 30,6%, 47,6%.

Таблица.

Относительный состав лейкоцитов периферической крови

Вариант опыта.	Лимфоциты %	Сегментоядерн. л. %	Моноциты %	Эозинофилы %	Базофилы %
контроль	76,6	17,6	1,6	4,2	0
Иммунизация	69,6	21,6	4,2	2,6	0
Острое облучение 1Гр	80	18,75	1,5	3	0
Острое облучение 1Гр + Иммунизация	66	24,8	1,2	2,4	0
Экстракт <i>Echinacea Purpurea</i> 2мг/кг.м.	72,4	23,4	1	2,8	0,4
Иммунизация + Экстракт <i>Echinacea Purpurea</i> 2мг/кг.м.	56,5	40	0,4	2,8	0,2
Острое облучение 1Гр + Экстракт <i>Echinacea Purpurea</i> 2мг/кг.м.	56,4	30,6	2	8	1
Иммунизация + Острое облучение 1Гр + Экстракт <i>Echinacea Purpurea</i> 2мг/кг.м.	47,6	47,8	1	3,8	0

При сравнении аналогичных вариантов опыта с применением экстракта *E.purpurea* и без него, хорошо заметен стимулирующий эффект эхинацеи; максимален он в вариантах с иммунизацией (рис). В данных случаях мы наблюдаем, фактически, суммацию действия факторов, что свидетельствует о том, что механизм стимуляции различен для каждого из них. Для изучения механизма стимуляции в дальнейшем планируется изучить функциональную активность иммунокомпетентных клеток.

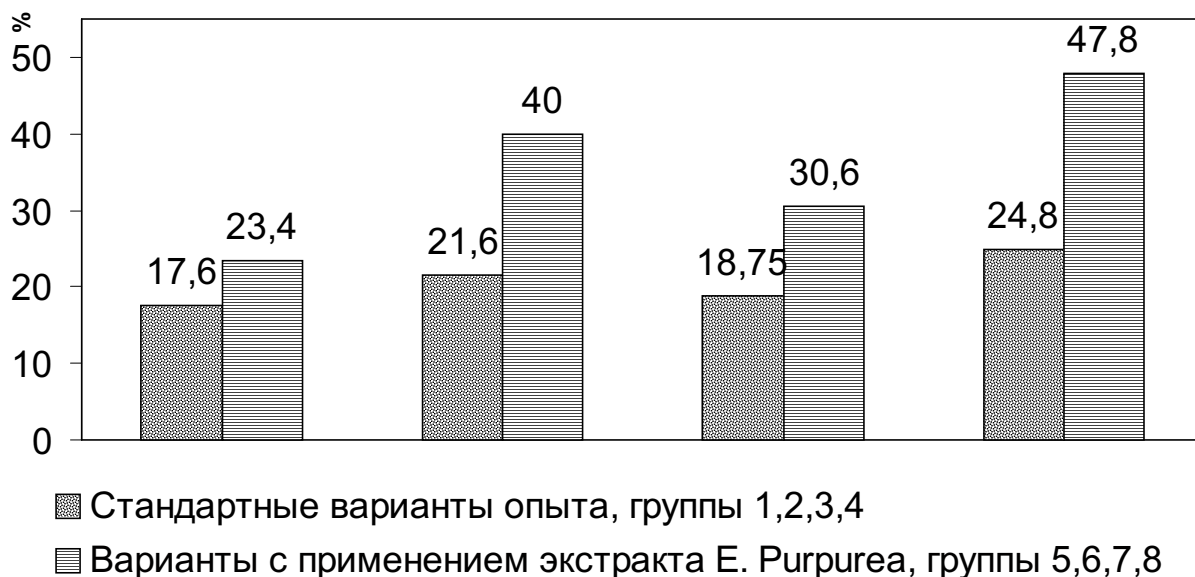


Рис. Относительное количество сегментоядерных нейтрофилов в периферической крови.

Исследования выполнены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант Б00М-063.

Литература

1. Змушко Е.И., Белозеров Е.С., Минтин Ю. А. Клиническая иммунология: руководство для врачей. – СПб: Питер, 2001. – 576с.
2. Ярилин А.А.//Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – т.37 вып.4– С. 597-504.
3. Самородов В.Н., Поспелов С.В., Моисеева Г.Ф., Серeda А.В. // Хим.-фармац. журн. - 1996. - Т.30,№4. - С.32-37.
4. ВФС 42-2371-94. Утверждено приказом Министра здравоохранения РФ №299 от 26 октября 1994г.

ИССЛЕДОВАНИЕ IN VIVO ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ФАКТОРОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ТИРЕОЦИТОВ КАРЦИНОМ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Полонцкая С.Н.¹, Чакова Н.Н.¹, Михалевич Л.С.¹, Демидчик Ю.Е.²

¹Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск

²Республиканский научно-практический центр онкопатологии щитовидной железы, г. Минск, Беларусь

Введение. Внимание к РЩЖ у детей после Чернобыльской аварии вызвано несколькими причинами: фактом резкого возрастания заболеваемости РЩЖ среди детей из наиболее загрязненных районов, особенно в отношении когорты с рождением от 1 января 1971 до 31 мая 1986; корот-

ким латентным периодом и большей агрессивностью этих раков с выраженными региональными (57%) и отдаленными метастазами (14,5%) [1]. Зависимость тяжести заболевания от возраста на момент аварии и от латентного периода до сих пор обсуждается. Одни авторы указывают на наличие такой связи [2], другие, напротив, не находят никакой корреляции между агрессивностью опухоли и возрастом пациентов на момент установления диагноза или на момент аварии. [3].

Результаты полученные в ИГиЦ НАНБ, а также литературные данные показывают, что более короткий латентный период возникновения папиллярного рака связан с перестройкой гена тирозинкиназы *c-ret* [4].

Недавние молекулярно-генетические исследования пост-Чернобыльских РЩЖ указывают на необходимость выделения в них двух субподгрупп: 1) опухолей, характеризующихся коротким латентным периодом, повышенной микросателлитной нестабильностью, *ret/PTC3* перестройками и очень агрессивным ростом; 2) опухолей с латентным периодом более 9 лет, стабильностью микросателлитов, *ret/PTC1* перестройками и меньшей агрессивностью [5].

Целью данной работы было определить возможные цитогенетические различия (по уровню микроядерных клеток) в пост-Чернобыльских РЩЖ у детей и подростков, прооперированных в 1996 и 1999 гг. с латентным периодом до 10 и более 10 лет.

Материалы и методы исследования. Материалом для цитогенетического исследования послужила гистологически нормальная ткань ЩЖ и пораженная раком 49 детей и подростков из Гомельской (22 чел.), Брестской (18 чел.), Минской (9 чел) областей, прооперированных в 1996 и в 1999 г. в Республиканском научно-практическом центре онкопатологии ЩЖ г. Минска по поводу РЩЖ.

В связи с невозможностью получения цитологического материала ЩЖ от здоровых людей в качестве контроля использовался аутопсийный материал из детского отделения патолого-анатомического бюро от 10 человек в возрасте от 1 суток до 15 лет из Минска, умерших по причинам, которые не были связаны с заболеваниями ЩЖ.

Высушенные на воздухе мазки окрашивали по Май-Грюнвальду-Гимзе. В каждом варианте анализировали не менее 1000 клеток, оценивали присутствие микроядерных клеток (МЯК). Проводилась сравнительная оценка индукции МЯК в ткани ЩЖ пациентов, прооперированных в 1996 г. с уровнем МЯК в ЩЖ детей и подростков, прооперированных в 1999 г. (в том числе и по областям) отдельно для нормальной и опухолевой тканей. Затем уровень МЯК в опухоли сравнивался с соответствующими показателями в гистологически нормальной ткани. Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартных программ.

Результаты и их обсуждение. В таблице представлены данные по уровню МЯК в группах 1996 и 1999 года обследования.

Таблица.

Результаты цитогенетического анализа ткани ЩЖ детей и подростков, страдающих РЩЖ, в динамике.

Год обследования	Группа (кол-во обследованных)	Гистологически нормальная ткань		Опухолевая ткань	
		Кол-во проанал.кл.	Кол-во МЯК ($x \pm Sx$)	Кол-во проанал.кл.	Кол-во МЯК ($x \pm Sx$)
1996 г.	Гомел. обл. (n=13)	12217	0,89±0,09* **	13012	1,51±0,11*
	Брест. обл. (n=12)	10175	1,37±0,12*	12146	1,33±0,10*
	Минская обл. (n=4)	4000	1,25±0,18*	4000	0,83±0,14*
	Срнегр.значение	26392	1,13±0,07***	29158	1,34±0,07*
1999 г.	Гомел. обл. (n=9)	10787	0,55±0,07**	11511	0,90±0,09
	Брест. обл. (n=6)	7024	0,44±0,08**	7234	0,72±0,10
	Минская обл. (n=5)	4541	0,18±0,06**	5639	0,55±0,10
	Срнегр.значение	22352	0,44±0,04**	24384	0,77±0,06

Примечание: * - Достоверная разница группы 1996 г. с группой 1999 г. ($p < 0,05$).

** - Достоверная разница гистологически нормальной ткани с опухолевой ($p < 0,05$).

В ходе исследования оказалось, что уровень МЯК и в гистологически нормальной, и в опухолевой ткани ЩЖ детей и подростков, прооперированных в 1996 г. достоверно выше, чем в тиреоцитах пациентов, у которых РЩЖ был выявлен на 3 года позже. Данная тенденция может быть связана с различными причинами, одна из которых – возрастное соотношение в популяциях 1996 и 1999 гг. Так, в группе 1996 г. 83% (24 чел. из 29) обследованных находились в возрасте до 7 лет на момент аварии (дети, обладающие большей чувствительностью к излучению). В популяции 1999 г. такой возраст был только у 40% пациентов (8 чел. из 20). Следующие возможные причины – различия в дозовых нагрузках на ЩЖ, а также элиминация нестабильных хромосомных aberrаций в процессе клеточных делений.

Уровень МЯК был достоверно выше и при сравнительном анализе мутационного процесса по областям. В мазках-отпечатках опухолевой ткани ЩЖ пациентов из Гомельской области, прооперированных в 1996, и в 1999 г МЯК было достоверно больше, чем в других областях. Это, вероятно, объясняется наиболее неблагоприятной радиационной обстановкой, которая сложилась в Гомельской области.

Поскольку количество хромосомных aberrаций находится в зависимости от дозы облучения и возраста детей, можно предположить, что популяция 1996 г. получила более высокие дозы облучения на ЩЖ и, следовательно, в тиреоцитах этих детей наблюдается больше aberrантных клеток. Причем, их количество достаточно высокое и в гистологически нор-

мальной ткани. Так, если уровень МЯК в секционном материале составил в среднем 0,21%, то ясно видно, что в Гомельской области даже в нормальной ткани он выше в 4,2 раза, в Брестской в 6,5 раз; в Минской – в 5,9 раза у обследованных 1996 г., что говорит о возможном воздействии облучения на всю ЩЖ у таких детей и о наличии мутационного процесса не только в опухолевой, но и в гистологически нормальной ткани.

Таким образом, в ходе работы установлено, что пост-Чернобыльские РЩЖ у детей и подростков с различным латентным периодом (до 10 и более 10 лет) достоверно различаются по уровню МЯК не только в опухолевой, но и в гистологически нормальной ткани. И этот уровень тем выше, чем больше степень загрязнения территорий радионуклидами.

Литература.

1. Nikiforov Y., and Gnepp D.R. // Cancer. – 1994. – Vol. 74 – P. 748-766.
2. Farahati J, Demidchik E.P., Biko J., Reiners C. // Cancer. – 2000. – Vol. 88, N. 6. – P. 1470-1476.
3. Antonelli A, Miccoli P, Derzhitski VE, Panasiuk G, Solovieva N, Baschieri L. // World J Surg. – 1996. – Vol. 20, N. 7. – P. 867-871.
4. Pisarchik A.V., Ermak G., Demidchik E.P., Mikhalevich L.S., Kartel N.A., Figge J. // Thyroid. – 1998. – Vol.7. – P. 1003-1008.
5. Lohrer H.D., Breasemann H., Richter H.E., Jacki G., Herbeck J. et al. // Int.J.Radiat.Biol. – 2001. - Vol.77, N 8. – P. 891-899.

ПАПИЛЛЯРНЫЙ РАК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПРЕССИИ ОПУХОЛЕВЫМИ ТИРОЦИТАМИ HLA-DR И ИНФИЛЬТРАЦИИ НЕОПЛАСТИЧЕСКОЙ ТКАНИ МАКРОФАГАМИ

Портянко А.С.

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск.

Введение. Рак щитовидной железы (РЩЖ) у детей Республики Беларусь является последствием аварии на ЧАЭС и представляет серьезную проблему для страны. До 1986г. спонтанные случаи составляли не более 1,7 на 100 тыс. населения. РЩЖ у детей встречался крайне редко и составлял 1 случай на 1 млн. детей в возрасте до 14 лет. Ситуация резко изменилась после аварии 26 апреля 1986г. на Чернобыльской АЭС. За период 1986-1998 гг. заболеваемость РЩЖ увеличилась в 4,2 раза [1].

Наиболее частой гистологической формой РЩЖ в возрастной группе до 18 лет включительно в Республике Беларусь (93,3%) является папиллярный рак (ПРЩЖ) [1]. Многочисленными исследованиями была проде-

монстрирована взаимосвязь между радиационным облучением и развитием ПРЦЖ [2, 3, 4]. У детей и подростков радиационно-индуцированный рак обладает свойством к быстрому внутрижелудочному и экстрагитреоидному распространению, метастатическому поражению лимфатических узлов и органов. Даже при небольших размерах первичной опухоли (3-9 мм) часто наблюдается мультифокальный рост, экстрагитреоидная инвазия и метастазирование в регионарные лимфатические узлы [1].

Таким образом, основываясь на особенностях клинического поведения ПРЦЖ у детей, можно предположить и отличия во взаимоотношениях опухоли и иммунной системы. На сегодняшний день известно, что среди клеток иммунной системы, инфильтрирующих опухолевую ткань, наибольшее значение имеют лимфоциты и антигенпрезентирующие клетки (АПК) – макрофаги и дендритные клетки [5].

Роль макрофагов в развитии опухоли до сих пор остается невыясненной. С одной стороны, являясь АПК, макрофаги имеют большое значение для презентации антигена цитотоксическим лимфоцитам (ЦТЛ), кроме того, секретируя такие цитокины как фактор некроза опухолей, они способны уничтожить опухолевую клетку, путем индукции в ней апоптоза. С другой стороны, макрофаги являются мощными индукторами ангиогенеза и пролиферации клеток, что может способствовать прогрессии опухоли.

Несмотря на то, что уже давно существует возможность исследовать экспрессию молекул МНС II класса (в частности HLA-Dr), до сих пор нет единого мнения о роли данной группы молекул в канцерогенезе в общем и в противоопухолевой иммунной реакции в частности. Молекулы МНС II класса играют принципиальную роль в активации ЦТЛ Т-хелперами и экспрессируются в норме АПК. Распознавание комплекса антиген-МНС II класса Т-хелперами необходимо для активации последних. Установлена роль экспрессии HLA-Dr неиммунокомпетентными клетками в патогенезе многих аутоиммунных заболеваний. Можно предположить, что экспрессия опухолевыми клетками HLA-Dr должна способствовать развитию выраженной противоопухолевой иммунной реакции. Однако, до сих пор нет единого мнения о роли экспрессии опухолевыми клетками HLA-Dr в развитии противоопухолевой иммунной реакции и течении опухолевого процесса.

Материалы и методы исследований. В основу исследования легло изучение гистологических препаратов 32 случаев ПРЦЖ у детей и подростков, прооперированных в Республиканском центре опухолей щитовидной железы в 1995-96 гг. Ткани были фиксированы в 10% нейтральном формалине и заключены в парафин.

Все препараты окрашивались гематоксилином и эозином для уточнения диагноза с использованием критериев ВОЗ и морфологических особенностей опухолей. Для иммуногистохимического окрашивания использовались срезы толщиной 4 мкм. В качестве маркера макрофагов исполь-

зовался CD68. Срезы депарафинизировались в ксилоле и затем регидратировались в батарее спиртов нисходящей концентрации, после чего промывались в дистиллированной воде. Эндогенная пероксидаза блокировалась 3% H₂O₂ в 0,05М Трис-буфере в течение 30 мин. Демаскировка антигенов проводилась в СВЧ-печи в цитратном буфере (pH=6,0) в течении 8 мин. Инкубация с первичным антителом (CD68, 1:200, HLA-Dr, 1:200, DAKO) производилась в течении 18ч при 4°C. Затем наносились вторичные кроличьи анти-мышинные антитела (1:400), конъюгированные с биотином (ДАКО). В качестве визуализирующей системы использовался ABCComplex (ДАКО) и диаминобензидин (Sigma). Препараты докрашивались гематоксилином Майера. В качестве контроля положительного окрашивания использовалась ткань нормальной миндалины человека. Контроль отрицательного окрашивания проводился с заменой первичного антитела на 1% раствор бычьего альбумина в Трис-буфере.

Подсчет макрофагов производился в 10 случайно выбранных полях зрения (×400). Экспрессия HLA-Dr оценивалась полуколичественно, исходя из процента положительных опухолевых клеток (0-25% – 1 балл, 25-50% – 2 балла, 50-75% – 3 балла, 75-100% – 4 балла).

Статистический анализ проводился с использованием SPSS 8.0. Для выяснения взаимосвязи между изучаемыми параметрами применялся двусторонний коэффициент корреляции Пирсона.

Результаты и их обсуждение. Возраст пациентов на момент операции варьировал от 10 до 18 лет и в среднем составил 13,1±0,4 лет. Диаметр опухолевого узла находился в диапазоне от 5,0 мм до 45,0 мм и в среднем составлял 17,2±1,7 мм. Число макрофагов в поле зрения (×400) варьировало от 0,5 до 166,0 и в среднем составляло 22,2±5,5. Экспрессия опухолевыми клетками HLA-Dr в 62,5% случаев отсутствовала, в 6,3% количество положительных клеток составляло менее 25%, в 9,4% – от 25 до 50%, в 9,4% – от 50 до 75% и в 12,5% – свыше 75% клеток.

Проведенный статистический анализ выявил прямую корреляционную взаимосвязь между экспрессией опухолевыми клетками HLA-Dr и числом макрофагов в опухоли (p<0,01), а также между размером опухолевого узла и числом макрофагов (p<0,05).

Полученные данные позволяют сделать заключение о взаимозависимости между наличием на поверхности опухолевых клеток HLA-Dr и инфильтрацией ткани опухоли макрофагами. Также обнаружена взаимосвязь между размером опухоли и числом макрофагов в ней.

Литература.

1. Демидчик Е.П., Сидоров Ю.Д., Дубовская Е.П. с соавт. // Клиническая онкология: Сб. ст. Под. ред. Ю.Е. Демидчика – 1999. – С. 24-31.

2. Bloch M.A., Miller M.J., Horn R. // Am. J. Surg. – 1969. – Vol. 118. – P. 764-768.
3. Favus M.J., Schneider A.B. et al. // N. Eng. J. Med. – 1976. – Vol. 294. – P. 1019-1022.
4. Holm L.E., Dahlqvist I., Israelsson A. // N. Eng. J. Med. – 1980. – Vol. 303. – P. 188-191.
5. Bremers A. J. A., Parmiani G. // Crit. Rev. Oncol. Hematol. – 2000. – Vol. 34, №. – P. 1-25.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТКАНЯХ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ КРЫС ПРИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ

Путырский Ю.Л.

Белорусский Государственный медицинский университет

Введение. Рак молочной железы очень часто заканчивается полным удалением указанного органа, что влечет за собой тяжелейшие психологические изменения у женщин. Поэтому над проблемой восстановления формы молочной железы работают многие ученые мира, и предлагаются различные материалы для изготовления протезов. До настоящего времени абсолютно безопасного материала для этих целей так и не найдено, поэтому исследования в этом направлении весьма актуальны.

Материалы и методы исследований. В данном фрагменте работы были исследованы на светооптическом уровне изменения в тканях молочной железы десяти крыс, которые наступают у них после трех недельного и трех месячного срока имплантации гидрогелевого эндопротеза. Контролем служили молочные железы этих же животных, но без подшитых протезов.

Результаты и их обсуждение. Морфологическое строение молочных желез крыс принципиально мало чем отличается от таковых у человека. Это также на фоне фиброзно-жировой стромы немногочисленные дольки, выстланные однорядным кубическим эпителием с довольно крупным центрально расположенным овальным ядром и нередко просветленной слабозернистой цитоплазмой. Между секреторным эпителием и тонкой компактной базальной мембраной определяются единичные миоэпителиальные клетки. Эпителиальная выстилка протоков представлена, как правило, однорядным кубическим или призматическим эпителием. Перидуктальные и перилобулярные прослойки соединительной ткани состоят из зрелых коллагеновых волокон с немногочисленными фибробластами и лимфо-гистиоцитарными элементами. Сосуды единичные, умеренно полнокровные с распластанным уплощенным эндотелием на тонкой базальной мембране, а также немногочисленными гладкомышечными и адвентици-

альными клетками снаружи. Между мышечными клетками определяются единичные эластические волокна.

Через три недели после имплантации протеза отмечается значительное увеличение перифокальных сосудов типа капилляров и артериол, их выраженное полнокровие. Эндотелий набухший, резко выступает в просвет сосудов, на отдельных участках происходит как бы обнажение базальной мембраны, которая в свою очередь разрыхляется, утолщается. Нередко происходит как бы периваскулярная зона отека. Увеличение числа сосудов может быть связано как с их новообразованием, так и с включением в интенсивный кровоток резервных капилляров.

Данные изменения могут свидетельствовать об увеличении обменных процессов и повышении тканевой проницаемости.

Вокруг протеза начинает формироваться тонкая капсула преимущественно из ретикулиновых волокон, фибробластов, гистиоцитов и единичных тонких коллагеновых волокон. Отмечается миграция клеток рыхлой соединительной ткани (типа недифференцированных и эндотелиальных клеток, гистиоцитов, тучных и плазматических клеток, лейко- и лимфоцитов) в гидрогель протеза. В отдельных случаях прослеживаются при этом сроке единичные новообразованные сосуды. Степень лимфолейкоцитарного и гистиоцитарного инфильтрата может довольно широко колебаться. Так если протез граничит с мышечной тканью, то степень инфильтрации и васкуляризации интенсивнее, чем в случае соседства с жировой тканью, что, вероятно, связано с инертностью самой жировой ткани.

В то же время, чем больше степень перифокальной инфильтрации и васкуляризации, тем выше миграция клеточных элементов в ткань протеза. Существенных изменений со стороны окружающих жировой и мышечной ткани не наблюдается, лишь в отдельных случаях можно отметить отек мышечных волокон с нарушением поперечной исчерченности и зернистой гомогенизации в них, что можно трактовать как транзитные дистрофические изменения на механическую травму при введении эндопротеза.

Со стороны прилежащего к протезу железистого компонента молочной железы также не отмечается существенных изменений. В отдельных случаях можно лишь констатировать незначительную пролиферацию долькового эпителия в виде появления двухслойной выстилки в альвеолах и некоторой гиперхромии ядер.

Следует подчеркнуть, что полностью отсутствуют очаги некроза и многоядерные макрофаги типа «инородных тел». Это позволяет предполагать, что протез обладает определенной совместимостью с тканями молочной железы и не вызывает активного отторжения.

Описанные изменения укладываются в рамки асептического воспаления и естественной в таких случаях тканевой реакцией. Отсутствие некротических очагов и относительно невысокое содержание лейкоцитов в

клеточном инфильтрате может свидетельствовать об инертности ткани протеза по отношению к тканям молочной железы.

В то же время наличие зоны отека, выраженной васкуляризации, повышенной проницаемости, как формирующейся капсулы, так и окружающих тканей с сосудистыми стенками позволяют использовать этот феномен для местного терапевтического вмешательства.

По истечению 3-х месячного срока нахождения протеза в молочной железе определяется следующая динамика морфологических изменений. Строение железистого компонента аналогично ткани молочной железы этого же животного, но без протеза. Отмеченная при 3-х недельном сроке очаговая пролиферация долькового эпителия оказалась транзитной. Менее выражены сосудистое полнокровие и степень клеточной инфильтрации, причем в последнем уменьшается доля лейкоцитов и лимфоцитов, а преобладают фибробласты, тучные и плазматические клетки, гистиоциты. В капсуле преобладают коллагеновые волокна. Эндотелий сосудов уплощается, базальная мембрана уплотняется. В периферических участках протеза появляются фибробласты и гистиоциты, а также отчетливо сформированные сосуды и коллагеновые волокна. Прилегающие мышечные волокна восстановили свою поперечную исчерченность, контактирующая с протезом жировая ткань без заметных изменений.

Дальнейшее морфологическое исследование предполагает применение дополнительных гистологических методик на выявление эластических и нервных волокон, клеточного состава перифокального инфильтрата и на степень проницаемости тканевых компонентов молочной железы.

Литература.

1. Путьрский Л.А., Блахов Н.И., Былинский Г.И. и др. Органосохранные операции у больных раком молочной железы с одномоментным эндопротезированием // II Национальный конгресс молодых ученых-медиков Украины. Тез. докл.- Киев, 1994г., стр.20-21.
2. Путьрский Л.А., Гумаргалиева К.З, Былинский Г.И. Система пролонгированного действия антисептиков и антибиотиков // Актуальные вопросы онкологии и медицинской радиологии. Минск, 1995г., стр.355-365.
3. Малыгин Е.Н., Сидоров С.В. Современные подходы к реконструкции молочной железы у онкологических больных. Маммология, 1992г., №1, стр.63-65.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ОДНОКРАТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛОЙ ДОЗЕ В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ КОРТИКОСТЕРОНА НА СТРУКТУРУ НАДПОЧЕЧНИКА

Рубченя И.Н., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск

Введение. В настоящее время проблема исследования взаимосвязи радиочувствительности организма и функционального состояния эндокринной системы является весьма актуальной. Это в полной мере относится и к нарушению функционального состояния надпочечника.

Общеизвестно, что нарушение секреции кортикостероидных гормонов как в эксперименте [1], так и в условиях клиники [2] приводит в первую очередь к изменению функционального состояния в комплексе гипофиз-кора-надпочечники. Характер и направленность изменений в органе, развивающихся под действием малых доз ионизирующих излучений, также связаны с периодической сменой фаз стимуляции и угнетения функции коры надпочечника [3,4,5]. Однако мало изученным остается вопрос о влиянии малых доз ионизирующих излучений в условиях нарушения глюкокортикоидной функции надпочечника.

Цель исследования - изучение действия внешнего однократного облучения в дозе 1,0 Гр в условиях введения кортикостерона на морфофункциональное состояние клеточных коопераций надпочечника.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена на беспородных лабораторных крысах-самцах (возраст 2-3 мес, n=5). Экспериментальные животные были разделены на четыре группы: 1 - контроль, 2 - введение кортикостерона, 3 - внешнее однократное облучение, 4 - введение кортикостерона и внешнее однократное облучение. Животным вводили ежедневно кортикостерон в растворе персикового масла в дозе 10 мг/кг в течение 1 мес. Однократное внешнее облучение животных проводили на γ -установке «ИГУР» (^{137}Cs , мощность дозы - $7,9 \times 10^{-4}$ Гр/с). Поглощенная доза 1,0 Гр. В четвертой группе животных облучали на 7 сут после начала введения гормона. Как контрольным, так и облученным животным ежедневно вводили раствор персикового масла в той же дозе. Животных декапитировали на 10 сут и 30 сут после начала введения кортикостерона.

Надпочечник (правый) обрабатывали общегистологическими методами (гематоксилин-эозин). Проводили макроскопическое (определяли относительную массу органа) и микроскопическое исследование органа, также морфометрический анализ клеток.

В ходе морфометрического анализа структуры тканей надпочечника определяли объемы основных зон коркового вещества, а также мозгового вещества надпочечника. Изучали клеточный фонд кортикоцитов зон коры

надпочечника. Все цифровые данные обрабатывали с помощью статистического пакета «Статистика для Windows».

Результаты и их обсуждение. Установлено, что введение животным кортикостерона приводит к существенному уменьшению относительной массы надпочечника лишь к 30 сут введения гормона. Микроскопический анализ органа показал, что введение кортикостерона в течение 10 сут вызывает как активизацию пластических процессов (увеличение объемов ядер, увеличение частоты встречаемости многоядрышковых клеток), так и развитие деструктивных изменений (встречаются единичные участки с некрозом кортикальной ткани и лимфоцитарной инфильтрацией). Уменьшение общего объема коркового вещества надпочечника происходит за счет сокращения объема клубочковой и пучковой зон (на 33,4%; $p < 0,001$ и 21,3%; $p < 0,01$ соответственно). В данных зонах сокращается количество кортикоцитов (на 32,1% и 21,1%; $p < 0,01$ соответственно). Выявленные морфологические изменения свидетельствуют о снижении функциональной активности клеток надпочечника.

В надпочечнике животных этой экспериментальной группы отмечаются изменения и со стороны системы микроциркуляции: кровенаполнение и стаз синусоидных капилляров пучковой и сетчатой зон, кровоизлияния.

Детальный микроскопический анализ структуры органа после длительного введения кортикостерона (30 сут) свидетельствует о развитии выраженных гипопластических изменений в органе. Грубая структурная перестройка захватывает не только клубочковую и пучковую зоны, но и сетчатую зону органа. Объемы их резко уменьшены. В кортикальной ткани наблюдаются участки некроза с макрофагальной реакцией. В сетчатой зоне обнаруживается большое количество мелких клеток с темными (пикноз) ядрами. Значительно сокращен фонд кортикоцитов. Выявленные морфологические изменения свидетельствуют о существенном снижении функциональной активности клеток надпочечника после длительного введения кортикостерона.

После внешнего однократного облучения в дозе 1,0 Гр как через 3 сут, так и через более отдаленный срок (23 дня) наблюдения значительной морфологической перестройки основных зон железы не наблюдается. На 3 сут эксперимента выявлены очаговые гиперпластические изменения кортикоцитов, в виде аденоматозных структур, без изменений объемов зон коркового вещества надпочечника. Наблюдается реакция со стороны системы микроциркуляции (стаз и расширение синусоидных капилляров). Данный вид экспериментального воздействия приводит к незначительному сокращению количества кортикоцитов в клубочковой и пучковой зонах органа с восстановлением данного показателя через 23 дня после облучения.

Сочетанное действие кортикостерона и однократного внешнего облучения в дозе 1,0 Гр вызывает уменьшение массы органа как на 10-е сут, так и на 30-е сут введения препарата и проявляется в более ускоренном развитии деструктивных процессов в органе. Даже в ранний срок наблюдения объем клубочковой зоны уменьшается на 54,1 %, ($p < 0,01$) и пучковой - на 50,4% ($p < 0,001$). Выявлено сокращение фонда кортикоцитов в клубочковой на 39,1% ($p < 0,001$) и в пучковой на 40,9% ($p < 0,01$) зонах надпочечника экспериментальных животных.

Изучение особенностей структуры тканей надпочечника в более отдаленный срок показало, что сочетанное воздействие приводит к значительному уменьшению объемов основных зон надпочечника, а также сокращению фонда кортикоцитов в клубочковой, пучковой и сетчатой зонах на 59,1%, 71,3% и 51,8% ($p < 0,01$) соответственно. Глубина деструктивных изменений кортикальной ткани органа в отдаленный срок наблюдения свидетельствует о развитии стадии истощения. Следует отметить, что радиочувствительность ткани надпочечника в условиях нарушения его гормональной функции усиливается.

Литература.

1. Годиенко В.М., Козырицкий В.Г., Дроздович И.И. // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1972.- Т.25, №10. - С. 62-68.
2. Бронштейн М.Э.// Гипоталамо-гипофизарная система в норме и патологии Калининград, 1986. - С.9-11.
3. Жербин Е.А., Ткачева Г.А. // Сб. «Механизмы повреждения, резистентности, адаптации и компенсации». - Ташкент, 1976.- 369с.
4. Лучицкий Е.В., Марков В.В., Деревянко Д.И. и др. // Актуальные проблемы ликвидации мед. последствий аварии на Черноб. АЭС: тез.докл. Укр. науч.-практич. конф., 21-23 аперля, 1992 г. - Киев, 1992.- С.137.
5. Гончаренко Е.Н., Антонова С.В., Ахалая М.Я., Кудряшов Ю.Б. // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2000.- Т.40, №2.- С.160-161.

ВЛИЯНИЕ «АКВ» НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Рутковская Ж. А.

Минский государственный медицинский университет, г. Минск

Введение. Ионизирующее воздействие на организм ведет к стимуляции процессов свободнорадикального окисления [1]. При лучевом поражении снижается суммарная антиокислительная активность тканей, следст-

вием чего является нарушение метаболизма в облученном организме. Известно, что не только высокие, но и относительно низкие дозы излучения представляют опасность для организма [2]. Облучение малыми дозами обуславливает изменение функции ЦНС, эндокринных желез, структуры ДНК, что ведет к нарушению функции мембрансвязывающих ферментов и рецепторов и, в конечном итоге, к нарушению гомеостаза. Длительное облучение низкими дозами снижает среднюю продолжительность жизни, иммунологическую реактивность организма и может вести к злокачественным новообразованиям [3].

Расстройство метаболических процессов в организме представляет опасность в том случае, когда значительно ослаблена антиоксидантная система. Следовательно, патогенетически оправдано использовать средства, повышающие антиоксидантную защиту организма в условиях длительного облучения малыми дозами излучения.

В эксперименте для снижения последствий воздействия хронического облучения на организм был использован антиоксидантный комплекс «АК». Преимущество этого комплекса по сравнению с другими радиозащитными средствами было показано в предыдущих наших исследованиях [4] и заключается в том, что этот комплекс не обладает токсическим действием на организм и включает незаменимые факторы питания — витамины А, Е, С и β -каротины; может применяться длительно. Это и дает ему преимущества при использовании в условиях хронического облучения.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены на белых половозрелых беспородных крысах-самцах. Животные подвергались хроническому облучению в суммарной дозе 1,0 Гр. Облучение проводили на установке «Гаммарид», мощность дозы 3,03 сГр/сут. После облучения животным вводили «АК β » — комплекс, содержащий витамины А, Е, С и β -каротины в специально подобранных дозировках и обладающий выраженным радиозащитным действием [4]. Антиоксидантный комплекс вводили подкожно, через сутки, пятикратно. Для исследования использовали плазму крови и печень облученных животных. Исследования проводили через 1, 14 и 54 сутки после окончания облучения. В исследуемых тканях определяли содержание МДА, АОА (общую антиокислительную активность жирорастворимых в-в), активность антиокислительных ферментов: ГП (глутатионпероксидазы), СОД (супероксиддисасуказы) и каталазы [4].

Результаты и их обсуждение. У животных, подвергшихся действию хронического гамма-облучения в дозе 1,0 Гр уже в первые сутки увеличилась на 18% ($p < 0,05$) активность глутатионпероксидазы и на 21% ($p < 0,05$) активности СОД в крови. Поскольку ГП — фермент, который участвует в окислении глутатиона — одного из важных клеточных антиоксидантов, ее активность может возрастать в ответ на повышение в клетке концентрации перекисных продуктов (в частности перекиси водорода). СОД принято

считать адаптивным ферментом, активность которого возрастает в ответ на увеличение продукции супероксидного радикала. Увеличение активности исследуемых ферментов вероятно свидетельствует об интенсификации процессов свободнорадикального окисления в тканях облученных животных через сутки после облучения.

Таблица.

Некоторые показатели антиоксидантной системы крыс в различные сроки после хронического γ -облучения.

изучаемые показатели	сроки после облучения		
	<i>14 сут после облучения</i>		
	<i>контроль</i>	<i>хр. обл-е</i>	<i>хр. обл-е + «АКβ»</i>
МДА нмоль/мл	37,4±0,48	51,4±0,54*	30,7±0,58**
МДА нмоль/г	4,7 ±0,18	6,91±0,23*	5,01±0,13**
АОА(печ.) усл.ед.	1,91±0,06	1,11±0,03*	2,10±0,04**
АОА (пл.) усл.ед.	1,23±0,02	0,82±0,04*	1,27±0,038**
СОД ед.акт./мин/гНб	42,5±1,43	37,4±0,95*	41,4±0,94
каталаза мкМ/мин/гНб	0,22±0,02	0,18±0,01	0,21±0,02
	<i>54 сут после облучения</i>		
МДА нмоль/мл	34,9±0,72	38,0±0,08*	20,3±0,91**
МДА нмоль/г	4,64±0,16	5,31±0,12*	3,15±0,04**
АОА(печ.) усл.ед.	1,84±0,04	1,13±0,04*	2,16±0,05**
АОА (пл.) усл.ед.	1,11±0,02	0,91±0,05	1,52±0,05**
СОД ед.акт./мин/гНб	41,8±1,01	47,1±0,91*	41,0±0,54**
каталаза мкМ/мин/гНб	0,20±0,006	0,15±0,05*	0,33±0,012**

* — $p < 0,05$ по отношению к контролю

** — $p < 0,05$ по отношению к облучению

У облученных животных резко, почти в 2 раза ($p < 0,05$), снижалась АОА жирорастворимых веществ. Высокая активность ферментативных и изменение содержания неферментативных антиоксидантов и обеспечили защиту клеток от свободнорадикального повреждения. Результатом этого явилось нормальное содержание продуктов ПОЛ — МДА.

В дальнейшем одной из групп облученных крыс для предотвращения неблагоприятных пострадиационных изменений вводили в течение 14 дней, через сутки «АКβ». Исследования проводили после последнего введения комплекса (14 сут после облучения).

Как видно из таблицы, содержание МДА в печени и плазме крови облученных животных возросло на 37,4% ($p < 0,05$) и 45,2% ($p < 0,05$) соответственно. Увеличение продуктов ПОЛ наблюдалось на фоне низкой антиокислительной активности тканей (снизилась общая АОА и активность СОД). У животных, которым вводили «АКβ» подобных изменений не наблюдали. Надо полагать, что применение комплекса после облучения по-

вышает антиоксидантную защиту организма, так как у крыс, которым вводили антиоксидантный комплекс увеличивается содержание неферментативных АО и нормализуется активность антиоксидантных ферментов (СОД и каталазы). Следствием этих положительных изменений и явилось нормализация содержания продуктов перекисного окисления в организме облученных животных.

Спустя месяц после окончания введения «АКβ» (54 сут. после облучения, см. табл.) у крыс, которым его вводили, изучаемые показатели оставались в пределах нормы. У животных, не получавших препарат, уровень МДА в печени и в плазме крови не нормализовался, хотя и существенно снизился. АОА печени составила 61,4 % ($p < 0,05$) по отношению к контрольной группе животных. Снизилась активность каталазы.

Таким образом, хроническое облучение в дозе 1,0 Гр вызывает изменения содержания перекисных продуктов и неферментативных АО в организме крыс. Изменяется также активность некоторых антиоксидантных ферментов. Введение «АКβ» облученным животным нормализует изучаемые показатели. Надо полагать, что примененный комплекс эффективно длительно защищает клетку от повреждающего действия свободных радикалов и, тем самым, эффективно повышает антиоксидантную защиту организма в целом.

Литература.

1. Harman D. // EXS - 1992, N 62. - P. 1-10.
2. Василенко И.Я. // Мед. радиология. - 1991. - Т.36, N 1. - С. 48-51.
3. Биологические эффекты малых доз радиации // под ред. Москалева Ю.И. - М., 1983.
5. Рутковская Ж.А. // Материалы дис. ... канд. мед. наук / Мн., 1996. - 115 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Савчук Т.Ф.

*Пинский консультативно-диагностический центр Комчernoбыля,
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. В литературе акцентировано внимание на факте специфических особенностей реактивности системы кровообращения у детей, подвергавшихся хроническому низкодозовому радиационному воздействию [1]. Проблема интересна не только в теоретическом отношении, но и акту-

альна с точки зрения выяснения возможных специфических особенностей развития аритмий сердца у детей и подростков, испытывающих воздействие радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции. Это подчеркивается, в частности, и сведениями о том, что от фибрилляции желудочков сердца в США ежегодно погибает до полумиллиона людей [2, 3], а механизмы внезапной сердечной смерти до настоящего времени так и остаются не изученными.

Есть еще один аспект, на который нельзя не обратить внимание. В Республике Беларусь после аварии на Чернобыльской атомной электростанции выявлен катастрофический рост заболеваний щитовидной железы у лиц разного возраста. Хорошо известно, что дисфункция щитовидной железы сопровождается нарушениями сердечной деятельности. Следовательно, представляют интерес даже скрининговые исследования, направленные на констатацию фактов об уровне заболеваемости сердечно-сосудистой системы в конкретном регионе Республики Беларусь, находящемся в экологически неблагоприятной зоне, и аналитические исследования, ставящие цель выяснить коррелятивные связи между нарушением функции щитовидной железы у населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях, с одной стороны, и функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы, с другой стороны. Учитывая слабую изученность проблемы, в настоящей работе предпринята попытка оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у детей и подростков, постоянно проживающих в ряде населенных пунктов Гомельской и Брестской областей.

Материалы и методы исследований. На базе Пинского консультативно-диагностического центра Комчернобыля проведено углубленное комплексное исследование сердца у 496 детей и подростков, проживающих в различных населенных пунктах Белорусского Полесья (г.п. Лельчицы, Гомельской области, и трех деревнях Пинского района, Брестской области – Чухово, Ботово и Новый Двор). К моменту обследования плотность радиоактивного загрязнения в г.п. Лельчицы по Cs-137 составила до 1-5 Ки/км² и более. Жители деревней Пинского района проживали в зоне с естественным радиационным фоном. Для диагностики использовался электрокардиограф ECG-9320K (Nihon Kohnden, Japan). Внимание акцентировалось на регистрации особенностей электрической активности сердца в состоянии относительного покоя.

Результаты и их обсуждение. При обследовании в Пинском консультативно-диагностическом центре Комчернобыля детей и подростков из г.п. Лельчицы нарушения ритма сердца обнаружены у детей в 21% случаев, а у подростков – в 10.7%. У детей и подростков Пинского района эти цифры составляли соответственно, 10.6 и 7.4%. Примечательно, что укорочение интервала QT, которому придают в настоящее время важное прогностическое значение [2, 3], было зарегистрировано в двух случаях при

обследовании детей и подростков из г.п. Лельчицы. У 214 обследованных детей и подростков из Пинского района подобной аномалии ЭКГ выявлено не было.

Помимо обозначенных выше особенностей, фактически не было выявлено существенной разницы в характере электрической активности сердца в обеих обследованных группах. Этот факт можно было ожидать, так как трудно было предположить, что столь жизненно-важный орган как сердце будет претерпевать радикальные изменения в условиях повышенного радиационного фона. В данном случае подразумеваются изменения за счет прямого действия радиации на сердце. Деятельность сердца могла существенно трансформироваться за счет измененного фона тиреоидных гормонов (кстати, рост нарушений функций щитовидной железы является одним из характерных признаков состояния здоровья населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь), сдвига соотношения различных электролитов во внутренней среде организма, возрастания уровня катехоламинов и т.д. Таким образом, выделение различных групп обследуемых детей и подростков, с целью проведения корреляционного анализа различных факторов, способных изменить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, будет одной из задач будущих исследований в этом направлении. Кстати, весьма затруднительно учесть множество неблагоприятных факторов (включая действие радионуклидов, поступающих в организм алиментарным или иным путем), влияющих на здоровье детей и подростков, проживающих в условно «чистых» зонах.

Желательно учесть также то, что полученные факты подтвердили существующее мнение о высокой эффективности компенсаторно-приспособительных процессов организма, обеспечивающих высокий уровень адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды. Адаптационные способности организма детей и подростков необходимо принимать во внимание при оценке последствий воздействия радионуклидов, поскольку недоучет этих механизмов может привести к ошибочным заключениям, когда напряжение функциональных систем на уровне срыва (хотя и продолжающих обеспечивать гомеостазис) может трактоваться как функциональный оптимум.

Проблема настолько важна, что требует дальнейшего изучения с целью уточнения всех позитивных и негативных слагаемых, вызывающих сдвиги в деятельности сердечно-сосудистой системы детского населения.

Автор выражает благодарность профессору В.А. Кульчицкому за помощь в обсуждении полученных результатов.

Исследование выполнено в инициативной форме в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Изучение влияния на организм человека и животных природных и техногенных факторов окружающей среды (Экология и адаптация)» на 2001-2005 гг.

Литература.

1. Аринчин А.Н. // Здоровоохранение. – 1999. - №2. - С. 9-13.
2. Rawson N.S., Cox J.L., Stang M., Rawson M.J. // Can. J. Cardiol. – 2002.- Vol. 18, №1. - P. 43-50.
3. Stoupel E., Jottrand M. // Rev. Med. Brux. – 2001.- №6. - P. 488-496.

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЖЕННОСТИ ЗДОРОВЬЯ КАК АКСИОЛОГИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ СОЗНАНИЯ В ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ИЗ РАДИАЦИОННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ

Северин А.В.

Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина

В настоящее время в условиях экологического неблагополучия и социально-экономической нестабильности проблема формирования здорового образа жизни (ЗОЖ) среди населения, особенно студенческой молодежи, не вызывает сомнения. Сложившаяся система образования не способствует формированию ЗОЖ. Это связано с тем, что в школе рекомендации по ЗОЖ детям часто насаждаются в назидательной и категоричной форме, что не вызывает у них положительных эмоций и, поэтому, знания о ЗОЖ не становятся их убеждениями. Наблюдается парадокс: хотя многие люди знают о правилах ЗОЖ и положительно относятся к ним, но в реальности их используют лишь 10 – 15 % опрошенных [2]. Также это происходит из-за низкой активности людей, их поведенческой пассивности.

Долгое время понятие «здоровье» рассматривалось в медицине. В психологии вопросы, связанные со здоровьем широко не обсуждались. Хотя очевидно, что понятие здоровья тесно связано с проблемой здорового образа жизни, которая является сложной и комплексной, то есть это не только медицинская, но и философская, психологическая и социальная проблема.[1-4].

С целью изучения степени выраженности здоровья как аксиологической единицы сознания в жизни студентов нами было проведено исследование на базе психолого-педагогического факультета БрГУ им. А.С. Пушкина. В проведенном исследовании приняло участие 60 человек в возрасте от 18 – до 23 лет. Из них 30 представителей студентов из экологически чистых районов (контрольная группа) и 30 студентов из радиационно загрязненных районов (экспериментальная группа). Пол испытуемых не учитывался.

Задачи исследования: 1) выявить знания студентов о здоровье и здоровом образе жизни; 2) оценить контроль студентов за своим здоровьем, волевое усилие в организации ими своей жизни.

В качестве гипотезы выступило предположение о том, что в жизни студентов контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) групп здоровье как аксиологическая единица сознания имеет разную степень выраженности. Для проверки данной гипотезы использовались методики: 1) незаконченные предложения; 2) тест «Гармония образа жизни» (О. Мотков); 3) тест-опросник уровня субъективного контроля (УСК) (Бажин и соавт.); 4) сочинение «Программа самовоспитания для обучения здоровому образу жизни».

Понимая, что объем статьи не позволяет привести количественный анализ, поэтому ограничимся итогами качественного анализа, который мы представим в виде 4-х таблиц:

ТАБЛИЦА 1 (по первой методике исследования)

Категория анализа	Единицы анализа (номера предложений)	Ответы испытуемых (1-3 курса)					
		Положительные		Отрицательные		Нейтральные	
		КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ
Знание о здоровье и ЗОЖ	№ 1	15	5	5	9	10	16
	№ 4	13	4	4	10	13	16
	№ 5	17	2	4	13	9	15
	№ 6	23	2	2	16	5	12
	№ 7	13	12	4	7	13	11
Сампознание здоровья	№ 2	20	3	1	19	9	8
	№ 3	19	3	7	19	4	8

ТАБЛИЦА 2 (по второй методике)

Испытуемые Ранг ГОЖ	ГИ		ГО		Уровень ГОЖ	
	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ
Высокий	12	6	9	4	9	4
Псевдовысокий	2	-	-	2	-	1
Средний	13	18	17	17	19	15
Низкий	3	6	4	7	2	10

ТАБЛИЦА 3 (по третьей методике)

Испытуемые УСК	Шкалы оценки					
	Ио			Из		
	Интернал	норма	Экстернал	Интернал	норма	Экстернал
Кг	18	4	8	21	4	5
Эг	20	7	3	24	5	1

ТАБЛИЦА 4 (по четвертой методике)

Категория анализа	Единицы анализа	Ответы испытуемых (1-3 курса)					
		Положительные		Отрицательные		Нейтральные	
		КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ
Я-усилия в организации жизни	№1 Наличие представлений о мерах по укреплению и сохранению здоровья	5	14	10	7	15	9
	№2 Наличие представлений о необходимости Я-усилия в организации жизни студентов	4	20	4	5	20	5

Таким образом, можно подвести некоторые итоги:

1. Из представленных выше таблиц видно: в жизни студентов контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) групп действительно наблюдается различная выраженность здоровья как аксиологической единицы сознания

2. По представленным двум показателям оценки степени выраженности здоровья у студентов (первый показатель «Знание о здоровье и ЗОЖ» – методики № 1-2; второй показатель «Я-усилие в жизни студентов» – методики № 3-4) также наблюдаются различия. Они связаны, на наш взгляд, с тем, что для студентов КГ актуальны знания о ЗОЖ, но реально они не хотят ничего предпринимать для своего здоровья. У студентов ЭГ снижена актуальность знаний о ЗОЖ. («Кругом одна радиация. В радиации живем, в ней и помрем» - высказывание одной студентки из ЭГ). Но вместе с тем, у них наблюдается повышенная готовность к действию, к усилиям, но, к сожалению, бездумные, оторванные от реальности, действия и усилия студентов могут гораздо больше усугубить их состояние здоровья.

3. Необходимо разработать теоретически с учетом особенностей студентов (для КГ и ЭГ) и затем практически воплощать систему постепенных, целенаправленных занятий по формированию здорового образа жизни в учебно-воспитательный процесс, в организацию их досуга и др. Поэтому, первичная профилактика, пропаганда здорового образа жизни должна стать основой гигиенического воспитания студентов.

Литература.

1. Васильева О.С. Валеопсихология – актуальное направление современной психологии. // Психологический вестник. - Ростов-на-Дону.: Изд-во Рост. Ун-та, 1998.-Вып. 3. - С.406-411.
2. Казин Э.М. и др. Основы индивидуального здоровья человека.- М, 2000.
3. Киколов А.И. Обучение и здоровье. - М.: Высшая школа, 1985.
4. Розин В.М. //Мир психологии - 2000. - № 1. - С.21.

КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ И ФОРМАЛЬДЕГИДА НА СОЕДИНИТЕЛЬНУЮ ТКАНЬ

Синило О.И.

Институт радиэкологических проблем, Минск

Введение. Проблема воздействия на организм малых доз ионизирующей радиации на фоне интоксикации различными антропогенными соединениями является одной из актуальных проблем радиобиологии. Актуальность данной проблемы возрастает в регионах, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС и загрязненных дополнительно антропогенными соединениями.

Наиболее опасным источником загрязнения атмосферы городов является формальдегид. Полагают, что близость к промышленным источникам загрязнения не является единственной причиной токсического его воздействия на здоровье. Значительный вклад в загрязнение им окружающей среды вносят автотранспорт и сельхозтехника.

Загрязнение окружающей среды вызывает различные патологические состояния, в том числе и, респираторные заболевания, астму у детей и др., что подтвердил International Congress on Pediatric Pulmonology [1]. Имеются также свидетельства о том, что атмосферные загрязнители могут являться причиной развития и другой патологии.

Оценка состояния окружающей среды служит основой для разработки и осуществления прогноза воздействия на организм человека ее загрязнителей и базой для экологического нормирования антропогенных нагрузок, т.е. деятельности по разработке экологических норм нагрузок на человека.

Степень экологического риска и принятие решения в зависимости от ее состояния на основании базовых понятий «затрата-выгода» стали одним из основных методологических инструментов при выборе и реализации экологической политики во многих индустриально развитых странах мира [2]. Эта методология основана на понятии «приемлемый риск», который общество, его государственные и общественные структуры считают возможным принять.

Картографический анализ и интеграция расчетных показателей ряда критериев, а также ранжирование территории как по совокупности медико-экологической ситуации, так и по доминантным формам позволили оценить состояние некоторых регионов по медико-экологической ситуации и выделить следующие ее типы: удовлетворительная, неудовлетворительная, напряженная и напряженно очаговая [3].

Полагаем, что влияние радиационного загрязнения и химических выбросов может проявить особую техногенную опасность для здоровья населения и нуждается в тщательном изучении. Особенно важным явля-

лось изучение влияния, на ключевые метаболические процессы организма, формальдегида на фоне воздействия малых доз радиации.

Материалы и методы исследования. Опыты проводились на 72 белых крысах-самцах линии Вистар стадного содержания массой 200 ± 10 г. В соответствии поставленными в работе задачами животных разделили на 4 группы: биологический контроль, радиационный контроль, контроль - воздействие формальдегида, комбинированное воздействие ионизирующего излучения и формальдегида. В каждой группе было по 18 крыс-самцов.

Гамма-облучение осуществляли на гамма-установке УГУ-10. Мощность дозы облучения - 0,07 Гр/час, облучение проводили 20 раз в течение первого месяца наблюдений в суммарной дозе 1 Гр. Химическую интоксикацию вызывали формальдегидом: животных помещали в баракамеры, где проводили затравку формальдегидом по 1 часу в день (всего 20 раз). Забивали животных путем декапитации на 30-е сутки эксперимента.

Для исследования у животных брали кровь, ткани миокарда и аорты. Исследование общего количества углеводно-белковых соединений служит основанием для суждения о выраженности деструктивных и дезорганизационных процессов в соединительной ткани. Увеличение уровня общих гликопротеидов в тканях в большей степени свидетельствует о развитии репаративных процессов [4]. Состояние соединительной ткани оценивали по общему количеству сиаловых и гексуриновых кислот в крови. Для определения сиаловых кислот - безбелковый фильтрат сыворотки подвергали гидролизу. В результате гидролиза из состава сиалогликопротеидов выделялись сиаловые кислоты, которые с раствором серной кислоты в кипящей водяной бане дают красное окрашивание. Определение вели на ФЭЖе с зеленым светофильтром в кювете с шириной слоя 10 мм. Уроновые кислоты определяли по реакции с карбазолом. Образовавшееся розовое окрашивание оценивали на ФЭЖе при длине волны 530 нм. Определение оксипролина основано на окислении его до соединения, близкого по строению к пиррулину [5]. Последующая конденсация этого соединения с реактивом Эрлиха приводит к образованию продукта, окрашенного в красный цвет, определяемого на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 558 нм.

Результаты и их обсуждение. Загрязнение окружающей среды формальдегидом является одним из важнейших факторов окружающей ее среды влияющим на здоровье человека, в особенности на загрязненных радионуклидами территориях. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что уже в небольших количествах вдыхание животными формальдегида усиливают развитие склеротических процессов в тканях сердечно-сосудистой системы, и вызывает повышение количества коллагена в аорте. Эти изменения сопровождаются ростом содержания в крови сиаловых и, особенно, гексуриновых кислот.

Во многом сходным с формальдегидом действием обладает ионизирующая радиация. Возникающие в организме расстройства выявляются

уже в течение первого месяца опытов. Ведущим в данном случае являются изменения содержания коллагена в миокарде и аорте, а также количества гексуроновых и сиаловых кислот в крови.

Под влиянием комбинированного действия ионизирующей радиации и формальдегида происходит усиленное образование коллагена в тканях сердечно-сосудистой системы и увеличение содержания сиаловых и гексуроновых кислот в крови.

Повышение в кровотоке содержания сиаловых и гексуроновых кислот является, очевидно, в большей мере следствием воздействия ионизирующей радиации и в меньшей - формальдегида.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что длительное действие на организм неблагоприятных факторов химической и радиационной природы обладают эффектом синергизма структурно-функциональные изменения в соединительной ткани.

Литература.

1. Indoor air pollution and the respiratory health of children : Pap. 3rd International Congress on Pediatric Pulmonology, Monaco, June, 1998. Burr Michael L. *Pediat. Pulmonol.* 1999, Suppl. N18. - P. 3-5.
2. Ревич Б.А., Быков А.А. // Экон. техн., экол. 1998, №4. - С. 20-27.
3. Хлебович И.А., Ротанова И.Н., Щербиков А.Н. // Сиб. ассоц. МАНЭБ, Барнаул, 1997. - С. 219-225.
4. Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии // 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Беларусь. - 1982.
5. Зайдес А.Л., Михайлов А.Н., Пушенко О.И. // Биохимия. – 1964. – Т. 29, №1. – С. 5-7.

ВЛИЯНИЕ МХОВ НА ВЕЛИЧИНУ $K_{II}^{137}\text{CS}$ В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ

Собченко В.А.

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Введение. В лесных экосистемах в процессы миграции с опадом, кроновыми и лизиметрическими водами вовлекаются десятые доли процента от общего запаса ^{137}Cs в ценозе (не более 0,3% в биогеоценозах ближней зоны загрязнения ЧАЭС). Поступление ^{137}Cs на поверхность лесной подстилки практически полностью компенсирует его потери с внутрипочвенным стоком, что указывает на высокую степень рециклирования подвижных форм нуклида. Радиоцезий в лесных биогеоценозах находится в состоянии квазидинамического равновесия в системе «почва-растение» [1].

Различные виды мхов, составляющие основную массу мохового покрова лесных биогеоценозов, благодаря своим биологическим особенностям являются аккумуляторами ^{137}Cs . При массовом развитии и высоком проективном покрытии мохового покрова запас ^{137}Cs в нём может достигать достаточно высоких величин.

Целью настоящей работы являлась изучение зависимости $K_{\text{п}} \text{ } ^{137}\text{Cs}$ в системе «мох-субстрат» от условий произрастания мхов и их видовых особенностей, а также оценка запасов ^{137}Cs в моховом покрове биогеоценозов различного типа.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на протяжении полевого сезона 2001 г. Было заложено 20 пробных площадок, расположенных в различных типах леса на территории Гомельского и Буда-Кошелёвского районов Гомельской области, Костюковичского и Климовичского районов Могилёвской области. Все данные были сгруппированы по принадлежности к определённому эдафотопу, типу леса и ассоциации. Выделение ассоциации проводилось с использованием всей совокупности данных о древостое, подросте, подлеске, с учетом видового состава и обилия травяно-кустарничкового и видового состава и проективного покрытия мохово-лишайникового ярусов /2/.

Отбор проб почвы проводилось стандартным методом на глубину 20 см, отбор мхов – пробоотборником 100×100 мм, отдельно по видам на всю толщину моховой дерновинки с площади 500-700 см², лесной подстилки – тем же пробоотборником до минерального слоя с площади 500 см².

Определение содержания ^{137}Cs проводилось на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 (минимальная детектируемая активность 2 Бк/кг в геометрии Маринелли 1,0 л, относительное энергетическое разрешение не более 9,5%, эффективность регистрации по линии 662 кэВ – $2,46 \pm 0,49 \cdot 10^{-2}$ Бк/(л×с).

Статистическая обработка данных производилась с помощью стандартного пакета Statistica for Windows 5.5 a ('99 Edition).

Результаты и их обсуждение. На пробных площадях были представлены следующие эдафотопы: А₂ (сосняки вересково-, чернично- и бруснично-мшистые), А₃ (сосняк елово-черничный), А₄ (сосняки елово- и осоково-долгомошные), А₅ (сосняки пушице-осоково-сфагновый и багульниково-осоково-сфагновый), В₂ (сосняки дубняково-мшистые), В₃ (сосняк дубняково-черничный), С₂ (сосняк лециново-кисличный), С₃ (ельники сосняково-черничные).

Для анализа $K_{\text{п}}$ были выбраны два вида мхов с наиболее широким экологическим диапазоном по показателям увлажнения и трофности: *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Dicranum polysetum* Sw. Так как выбранные виды мхов получают минеральное питание в основном из лесной подстилки, отдельно выполнялся расчёт $K_{\text{п}}$ относительно плотности загрязне-

ния территории (Кп1) и относительно плотности загрязнения лесной подстилки (Кп2). Зависимость $K_{п}$ от условий увлажнения показана на рис. 1.

Величина Кп1 и Кп2 как для *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., так и для *Dicranum polysetum* Sw. с увеличением степени увлажнения среды повышается, что, по-видимому, отражает увеличение доли подвижных форм ^{137}Cs в субстрате питания. Мхи более чувствительны к загрязнению среды ^{137}Cs , чем большинство высших растений, и Кп2 находится в большей зависимости от условий увлажнения, чем Кп1.

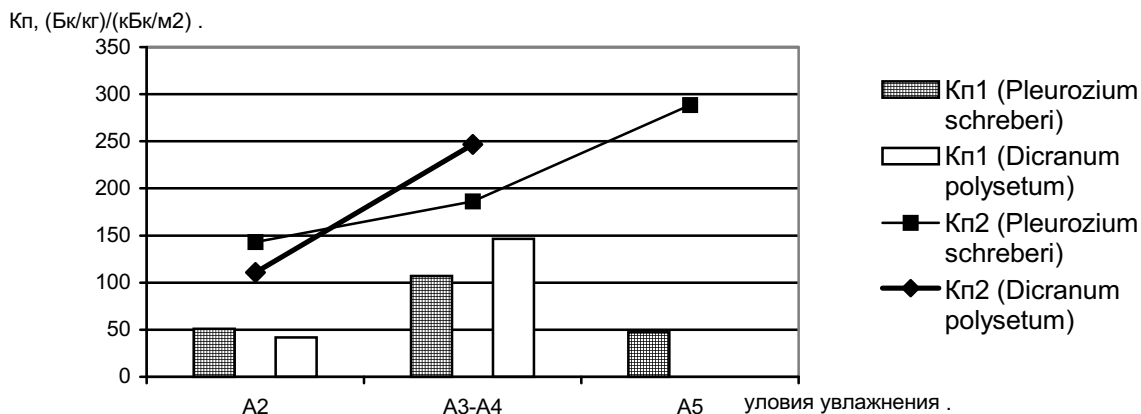


рис.1 Зависимость Кп в системе "мох-субстрат" от условий увлажнения

Для изучения зависимости Кп1 и Кп2 от трофности условий произрастания данные были сгруппированы следующим образом: А₂-А₃, В₂-В₃, С₂-С₃ (рис.2.)

Величина Кп1 для *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и для *Dicranum polysetum* Sw. с увеличением трофности условий снижается. Кп2 соответственно имеет тенденцию к снижению, которая у *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. выражена в большей степени. Данное явление связано с тем, что *Dicranum polysetum* Sw. обладает развитым ризоидным войлоком и более активно взаимодействует с субстратом, поглощение минеральных веществ *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. происходит нижней частью стеблей из растворов, скапливающихся в нижней части дерновинок.

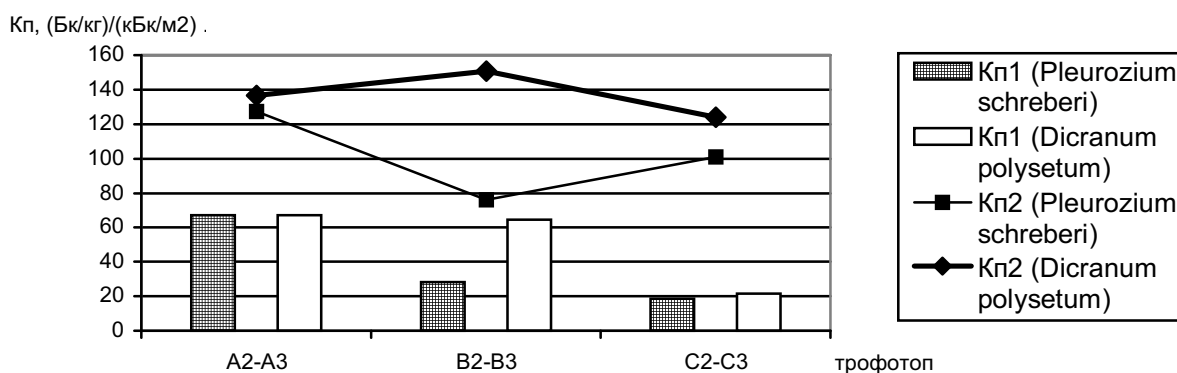


рис.2 Зависимость Кп в системе "мох-субстрат" от трофности субстрата

Расчёт суммарного запаса ^{137}Cs в моховом покрове производился с учётом удельной активности всех видов мхов, произрастающих на пробной площади, их биомассы и проективного покрытия. Запас нуклида составил соответственно для трофотопов: $A_2 - 1,98 \pm 0,43$ (медиана 1,58), $A_3-A_4 - 4,52 \pm 0,73$ (5,22), $A_5 - 3,48 \pm 0,49$ (3,48), $B_2-B_3 - 0,96 \pm 0,44$ (0,87), $C_2-C_3 - 1,12 \pm 1,07$ (0,94) % валового содержания в системе мох-подстилка-подлежающий слой почвы (до глубины 20см).

Ранее в модельных опытах было показано, что из различных видов мхов после установления динамического равновесия в системе «мох-раствор» в раствор вымывается 30-70 % инкорпорированного ^{137}Cs /3/. Средний возраст живой части мха составляет 4-6 лет /4/, после чего одновременно с нарастанием верхней части мохового покрова, происходит постепенное отмирание нижней. Благодаря этому ^{137}Cs , аккумулированный в моховом покрове, является более рециклируемым, так как присутствие мхов в напочвенном покрове ускоряет в нем круговорот минеральных веществ. Таким образом, сорбированный моховым покровом ^{137}Cs в лесных биоценозах является потенциально доступным для корневого питания сопряженных с ним высших растений. Кроме того, моховой покров способен превышать долю обменных форм ^{137}Cs в подлежащих слоях почвы.

Литература.

1. Кляшторин А.Л., Щеглов А.И., Цветнова О.Б. // Почвоведение. – 1999. - №12. – С. 1509-1514.
2. Юркевич И.Д. Лесотипологические таблицы (Пособие для лесоводов, лесоустроителей и студентов). – Мн.: Наука и техника, 1969. – 51 с.
3. Молчанова И.В., Боченина Н.В. // Экология. - 1980. - № 3. - С. 42-47.
4. Малышева Т.В. Эколого-фитоценологические исследования мохового покрова в сосняках Ярославской области. Автореф.дисс..канд.биол.наук (03.00.05). – М.: МГУ, 1973. – 23 с.

РОЛЬ ЭНДОТЕЛИЯ В ПОСТРАДИАЦИОННОЙ МОДИФИКАЦИИ α -АДРЕНЕРГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА АРТЕРИАЛЬНЫХ СОСУДОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

Соловьева Н.Г.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Ионизирующее излучение - мощный повреждающий фактор, оказывающий дестабилизирующее влияние на механизмы регуляции многих жизненно важных функций. Сердце и сосуды относятся к числу

наиболее радиорезистентных органов млекопитающих, но механизмы их регуляции подвержены определенной модификации даже при действии относительно малых доз ионизирующей радиации. В результате этого значительно снижается гомеостатическая устойчивость сердечно-сосудистой системы и, как следствие, приспособительные возможности организма в целом [1].

В соответствии с постулатами классической радиобиологии, на ранних стадиях онтогенеза организм является наиболее радиочувствительным в течение постнатального развития. В пределах сердечно-сосудистой системы по морфологическому критерию наиболее радиочувствительным элементом является эндотелий, функциональным изменениям которого принадлежит решающая роль в пострадиационной модификации не только дилататорных, но и сократительных реакций ГМК сосудов [2]. В частности, изменения интенсивности ингибирующих влияний эндотелия на сократительные реакции аорты при действии вазоконстриктора могут нивелировать, либо усугублять пострадиационные эффекты. Ингибирующие свойства эндотелия, прежде всего, определяются высвобождением из эндотелиоцитов NO [3]. Свободнорадикальная природа NO предопределяет его взаимодействие с радиационно-индуцированными радикалами, что может привести к инактивации его дилататорных свойств и образованию высокотоксичных продуктов [2]. Исходя из выше указанного, цель данного исследования заключалась в оценке вклада эндотелия в адренергические механизмы регуляции тонуса артериальных сосудов неполовозрелых крыс, подвергшихся воздействию острого и/или пролонгированного γ -облучения в дозе 1 Гр.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на 160 белых крысах-самках неполовозрелого возраста. Крыс облучали γ -квантами Cs^{137} мощностью ($9 \cdot 10^{-4}$ Гр/с при остром режиме облучения и $2,3 \cdot 10^{-7}$ Гр/с при пролонгированном) до поглощенной дозы 1 Гр. Длительность облучения в первом случае составила 18 мин, во втором - 48 суток. Исследования проводили на 10, 30 и 90-е сутки пострадиационного периода. В качестве контроля использовали одновозрастных, однополых животных. Объектом исследования являлись изолированные кольцевые сегменты нисходящей части грудной аорты. Для определения роли участия эндотелия в формировании пострадиационных эффектов, исследования проводили на препаратах с интактным эндотелием и деэндотелизованных. Для оценки функционального состояния адренергических механизмов регуляции тонуса артериальных сосудов осуществляли стимуляцию α -адренергических рецепторов норадреналином и фенилэфрином в возрастающих концентрациях (НА, 10^{-10} - 10^{-6} моль/л и ФЭ, 10^{-9} - 10^{-5} моль/л).

Результаты и их обсуждение. Установлены существенные различия в интенсивности и направленности пострадиационных изменений в механизмах регуляции тонуса артериальных сосудов неполовозрелых крыс в

зависимости от мощности дозы облучения. На 10-е сутки после острого γ -облучения в дозе 1 Гр функциональный ответ интактных препаратов аорты неполовозрелых крыс при стимуляции α -адренергических рецепторов НА существенно не отличался от таковых в контроле, в то время как на деэндотелизованных сегментах констрикторные эффекты НА в низких концентрациях были выше ($5 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-8} моль/л). Данные различия можно объяснить усилением ингибирующих свойств эндотелия, отмеченных в этот период, которые и нивелировали пострадиационное повышение сократительных реакций ГМК. Параллельно с этим отмечено увеличение чувствительности α -адренергических рецепторов ГМК без изменения их плотности: EC_{50} на деэндотелизованных препаратах облученных животных составила $7,0 \pm 0,9$ и на контрольных – $9,9 \pm 0,9$ нмоль/л при $P < 0,05$. Таким образом, в начальные сроки после облучения в первую очередь модификации подвергаются эндотелиальные механизмы регуляции сосудистого тонуса. Это подтверждается и результатами, полученными при стимуляции α -адренергических рецепторов ФЭ: сократительные реакции сегментов аорты с интактным эндотелием и деэндотелизованных практически не отличались от контрольных. Ингибирующее влияние эндотелия, несмотря на отсутствие пострадиационных изменений в чувствительности и плотности α_1 -адренорецепторов, усиливалось. Известно, что концентрация NO может значительно возрастать в различных тканях на фоне увеличения активности свободнорадикального окисления при стрессе нерадиационной природы [4]. Исходя из этого, по-видимому, на начальных этапах пострадиационного периода происходит дополнительная активация ферментного пути, приводящего к синтезу свободного радикала NO.

На 30-е сутки после острого γ -облучения из-за снижения эндотелий-зависимых дилататорных влияний сократительные реакции сегментов аорты с интактным эндотелием и без на действие НА усиливались. Функциональная реактивность аорты при стимуляции α_1 -адренергических рецепторов ФЭ также усиливалась. На более поздних этапах пострадиационного периода, как последствие высокой концентрации NO в ближайшие сроки, проявляется эндотелиальная дисфункция: угнетение базального и рецептор-опосредованного синтеза/высвобождения NO. Последнее, по-видимому, связано со снижением функциональных возможностей эндотелиальных α_2 -адренергических рецепторов.

В отличие от ближайших эффектов острого γ -облучения, на 10-е сутки после пролонгированного облучения ингибирующее влияние эндотелия, напротив, ослабевало. В силу чего констрикторные реакции деэндотелизованных препаратов и препаратов с интактным эндотелием на НА значительно превышали таковые контрольных особей. Другая причина гиперреактивности сосудистых сегментов аорты неполовозрелых крыс заключается в увеличении плотности α_1 -адренергических рецепторных структур.

Доказательством служит отмеченное в этот пострadiационный срок усиление R_{\max} при действии ФЭ. В более поздние сроки постлучевого периода отмечена тенденция к снижению сократительных реакций аорты на НА. Спустя месяц после радиационного воздействия величина сократительных реакций дезэндотелизованных сегментов при максимальной концентрации агониста ($5 \cdot 10^{-7}$ моль/л) превышала контрольные значения на 8%, в то время как на 10-е сутки данный показатель был увеличен на 33%. Дилататорные свойства эндотелия в этот период по-прежнему снижены, в результате чего, сократительные реакции аорты с интактным эндотелием при действии высоких концентраций НА ($5 \cdot 10^{-7}$ моль/л) оставались высокими. Вазоконстрикторные эффекты ФЭ увеличивались по сравнению с контролем только при действии агониста в низких концентрациях, свидетельствуя о высокой чувствительности α_1 -адренорецепторов. На 90-е сутки после облучения функциональная активность аорты при стимуляции α -адренергических рецепторов НА и ФЭ практически полностью восстанавливалась. Однако уровень базального синтеза/высвобождения эндотелиального NO оставался низким.

Анализ полученных результатов позволил заключить, что пострadiационные изменения α -адренергической регуляции тонуса артериальных сосудов заключаются в модификации чувствительности и плотности рецепторных структур и интенсивности процессов синтеза эндотелиального NO. При этом наиболее существенному изменению после γ -облучения у неполовозрелых крыс при стимуляции α -адренорецепторов подвергается базальное высвобождение NO по сравнению с рецептор-стимулируемым. Характер пострadiационных изменений эндотелий-зависимых дилататорных влияний на ранних стадиях онтогенеза зависел от мощности γ -облучения только лишь в ближайшие сроки постлучевого периода.

Литература

1. Барабой В.А., Олейник С.А. // Радиационная биология. Радиозэкология. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 438-443.
2. Bourlier V., Diserbo M., Joyeux M., Ribouot C. et.al. // Br. J. Pharmacol. – 1998. – V. 123, № 6. – P. 1168-1172.
3. Luscher T.F. Barton M. // Clin.Cardiol. - 1997. - V.20 (11, Suppl.2). - P. 110-113.
4. Маленюк Е.Б., Аймашева Н.П., Манухина Е.Б., Микоян В.Д. и др. // Бюл. экспер. биологии и медицины. – М. – 1998. - № 9. – С. 274-277.

МЕХАНИЗМЫ ГИПОТЕНЗИВНОЙ РЕАКЦИИ НА КАРБАХОЛИН ДО И ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Сташкевич Д.Г.

Институт радиобиологии НАН, Минск, Беларусь

Введение. Регуляция должного уровня кровоснабжения тканей осуществляется многоуровневой системой, в которой важное место принадлежит непрерывному взаимодействию гомеостатических центральных и периферических механизмов. Особая роль в гипотензивных реакциях принадлежит М-холинорецепторам сердца и сосудов. Нисходящие тормозные влияния с ядер блуждающего нерва увеличивают длительность сердечного цикла, дилатацию сосудов и, тем самым, снижают артериальное давление в сосудистом русле [1]. Целесообразно исследовать характер гипотензивной реакции, а также экстракардиальную регуляцию у животных после воздействия ионизирующих излучений в зависимости от поглощенной дозы.

Материалы и методы исследований. В острых опытах на крысах под тиопенталовом наркозом в условиях автоматизированной системы управления физиологическим экспериментом изучали основные показатели центральной гемодинамики. Острое облучение (1Гр) проводили на установке «ИГУР» при мощности 5,4 Р/мин. Исследования выполнены через 15–20 дней после облучения. Для активации холинорецепторов сердечно-сосудистой системы использовался раствор карбахолина в концентрации 5 мкг/мл, который в течение 10 минут вводился в бедренную вену управляемым инжектором со скоростью 0,03 мкг/кг/с. Для блокады холинорецепторов применяли атропин в дозе 2 мкг/кг, а для блокады NO-синтазы использовали L^w-nitro-L-arginine methyl ester (L-Name) в дозе 10 мг/кг. Для анализа фармакокинетических показателей (E_{max} , $S_{0,5}$ и h) применяли метод Хилла [2].

Для оценки функционального состояния регуляторных систем организма использовали установку "РИТМ". По специальным программам проводился математико-статистический анализ сердечного ритма по 100 и более последовательным кардиоинтервалам [3].

Результаты и их обсуждение. Методом анализа на ЭВМ длительности сердечного цикла изучали состояние сердечно-сосудистой системы и ее регуляцию у контрольных и облученных животных. Результаты исследований показали, что экстракардиальная регуляция сердечно-сосудистой системы у облученных особей существенно не изменялась по сравнению с контролем. Но при анализе экспериментальных данных мы наблюдали следующие тенденции: после облучения росла частота сердечных сокращений, при одновременном снижении величины моды, которая отражает

диапазон значений наиболее часто встречающихся R-R интервалов (ЭКГ). На 7% увеличивался индекс напряжения регуляторных систем при одновременном усилении на 5% активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Возрастала активность подкорковых нервных центров, о чем свидетельствовало увеличение средней мощности медленных волн I-порядка на 37%. После облучения также уменьшалось соотношение между активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и ведущим уровнем функционирования синусового узла на 10%. Это говорит о развитии дисрегуляции сердечного ритма со стороны центральной и периферической нервных систем у облученных крыс и согласуются с результатами других исследователей.

Реакция сердечно-сосудистой системы на введение карбахолина, характеризовалась снижением артериального давления, инотропной и хронотропной функций сердца. При анализе динамики артериального давления, выявлена двухцентровая модель, связанная с функцией сердца и сосудов. Значительное уменьшение давления регистрировалось в начале введения препарата, что обусловлено активацией M_2 -холинорецепторов сосудов, а в дальнейшем – M_1 -холинорецепторов сердца.

Суммарная гипотензивная реакция, связанная с возбуждением M-холинорецепторов сосудистого и сердечного механизмов, существенно не различалась у контрольных и облученных животных, однако вклад сосудистого компонента в развитие гипотензии у облученных особей был достоверно большим. Так, в контроле он составлял 77%, а после облучения – 91%. Соответственно уменьшилась роль сердечного компонента. Вклад сердечного механизма в формирование гипотензии у контрольных крыс был, примерно, в 3,6 раза меньше, чем сосудистого, а у облученных - в 10 раз. Увеличение уровня экстракардиальной регуляции и гипотензивной реакции у облученных животных может быть связан с усилением восстановительных процессов в пострadiационном периоде.

У облученных особей наблюдалось некоторое понижение чувствительности M-холинорецепторов сердца. Если в контроле показатель $S_{0,5}$ был равен 0,5 мкг/кг, то после облучения – 0,8 мкг/кг. При этом коэффициент Хилла достоверно не изменялся. У контрольных животных при введении карбахолина чувствительность M-холинорецепторов сосудов была в 22 раза больше, чем рецепторов сердца, а у облученных особей различия по чувствительности были меньшими в 7,5 раза.

При блокаде холинорецепторов отмечалось уменьшение гипотензивной реакции при действии карбахолина, при чем у контрольных особей на 34%, а у облученных – на 47. Одновременно с этим увеличилось значение показателя $S_{0,5}$ с 0,5 до 0,7 мкг/кг (на 35%). Важно отметить, что при этом снижался коэффициент Хилла с 3,5 до 1,6.

Известно, что карбахолин стимулирует продукцию релаксирующего фактора - NO в эндотелиальных клетках, за счет активации M₂-холинорецепторов, управляющих Ca²⁺-каналами [4].

У контрольных животных при совместном действии L-name и карбахолина достоверное снижение артериального давления по сравнению с животными, которых подвергли только воздействию карбахолина, не происходило (41%). Но после облучения блокада NO-синтетазы понижала гипотензию на 32% против 55% у облученных животных, которым просто вводили карбахолин. Одновременно с этим повышалась чувствительность M₂-холинорецепторов сосудов при уменьшении положительной кооперативности, а для M₁-холинорецепторов сердца - наоборот (табл. 1).

Подводя итог вышесказанному, можно предположить, что ионизирующие излучения, вероятно, уменьшают количество функционально активных M-холинорецепторов в сердечно-сосудистой системе и разнонаправлено, в сердце и сосудах, изменяют их аффинитет в результате изменения физико-химических свойств клеточных мембран [5]. Снижение функциональных способностей гипотензивных механизмов при воздействии ионизирующих излучений может существенно повышать на длительной время артериальное давление при воздействии на организм экстремальных факторов.

Таблица 1

Фармакокинетические параметры гипотензивной реакции на карбахолин у контрольных и облученных животных

Серии	Компоненты гипотензивной реакции					
	Сосудистый M ₂			Сердечный M ₁		
	E _{max}	S _{0,5}	h	E _{max}	S _{0,5}	h
	Контроль					
Карбахолин	40,6±3,9	0,5±0,2	3,5±1,5	12,0±2,9	11,0±1,9	12,0±4,0
Атропин+кар	26,7±3,8	0,7±0,2	1,6±0,6	17,1±4,9	10,5±1,1	7,6±1,6
L-name+карб	41,4±5,0	0,9±0,4	12,1±3,2	23,0±3,8	3,5±1,4	3,3±0,3
	Облучение 1 Гр					
Карбахолин	54,8±3,9*	0,8±0,3	3,6±1,2	5,4±1,9*	6,0±1,9*	2,0±0,8*
Атропин+кар	28,8±3,4	0,5±0,1	3,6±1,0*	19,0±3,8	10,4±1,2	20,3±5,3*
L-name+карб	37,3±2,4	0,5±0,2	7,3±2,7	23,0±4,0	9,2±2,1*	12,0±3,3*

*-достоверное различие между контролем и опытом (p≤0,05)

Литература.

1. Лебедев В.П. // В кн. Физиология кровообращения.. Л: Наука, 1986.- С. 230-271
2. Комиссаров И.В. // Механизмы химической чувствительности синаптических мембран. – Киев: Наукова думка, 1986.- 240 с.
3. Баевский Р.М. и др. // Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.- М.:Наука, 1984.- С.201.

4. Морман Д. Хеллер Л. // Физиология сердечно-сосудистой системы. – С.Петербург: Питер, 2000. – С.120-150.
5. Милютин А.А., Кирпичева Т.М., Лобанок Л.М. // Радиобиология. - 1993. - Т.33, вып.2. - С. 302-305.

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ И МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Стрильчук Ю.Г., Осинцев А.Ю.

ДГП Институт радиационной безопасности и экологии РГП Национальный ядерный центр Республики Казахстан, г. Курчатов

Введение. Проведение ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) привело к радиоактивному загрязнению, как самой территории полигона, так и прилегающих регионов. Оценка радиационной обстановки на территории СИП является одной из основных работ проводимых Институтом радиационной безопасности и экологии. Целью работы являлось уточнение границ площадного распределения радионуклидов, накопления их в почве и растительности на территориях, загрязненных в результате проведения наземных ядерных испытаний.

Материалы и методы исследований. Первые наземные площадные радиоэкологические исследования территории СИП были начаты в 1996 году. Полученные результаты полевых измерений и лабораторных анализов отобранных проб природной среды позволили выявить общую картину радиационной обстановки [1]. В 1998-1999 годах были проведены работы по изучению радиационной обстановки на отдельных участках территории южной части СИП.

Участки обследования расположены на расстоянии 90-110 км в южном направлении от испытательной площадки "Опытное поле", где проводились наземные ядерные испытания. Основное радиоактивное загрязнение территории произошло в результате проведения 24 сентября 1951 года наземного ядерного испытания мощностью 38 кт [2].

Исследования проводились на двух участках общей площадью 200 км². Объектами исследования являлись почвы, вегетативная, корневая часть растительности и поверхностные воды. Пробы почвы отбирались методом "треугольника" с площади 300 см² и на глубину 15 см.

Для изучения миграционных свойств радионуклидов в почвах обследованного региона проводился послойный отбор проб почв на глубину 15 см с интервалом 5 см и определение их типа и механического состава. Пробы растительности содержали, в основном, кормовые виды растений и отбирались с площади, обеспечивающей массу сырой пробы не менее 2 кг. Для

оценки степени загрязнения грунтовых и поверхностных вод были обследованы источники питьевой воды, ручьи и открытые водоемы.

Отобранные пробы окружающей среды: почва, вода и растительность были проанализированы на содержание радионуклидов в лабораториях Института. Содержание естественных и техногенных гамма-излучающих радионуклидов определялось гамма-спектрометрическим методом. Содержание радионуклидов ^{90}Sr и $^{239/240}\text{Pu}$ определено в результате проведения радиохимического анализа исследуемых проб.

Результаты и их обсуждение. Величины радиационных параметров, измеряемых в каждой обследованной точке, не превышали следующих значений: по мощности эквивалентной дозы – 0,25 мкЗв/час, по плотности потока α -частиц – 1,5 част./см²*мин., по плотности потока β -частиц – 50 част./см²*мин.

В результате полевых работ были обследованы 98 точек, отобрана 221 проба объектов природной среды. Из них проб почвы – 120, проб почвы для послойного анализа – 27, проб растительности – 95 (в том числе проб корневой части растений – 6), проб воды – 9.

Проведение лабораторных анализов позволило установить, что плотность поверхностного загрязнения почвы радионуклидом ^{137}Cs в 28 точках превышает фон глобальных выпадений, принятый равным 150 мКи/км², радионуклидом ^{90}Sr превышает фон глобальных выпадений в восьми точках, принятый равным 70 мКи/км² [3]. Плотность поверхностного загрязнения почвы радионуклидом $^{239/240}\text{Pu}$ повсеместно во много раз превышает фон глобальных выпадений, принятый равным 7 мКи/км² (1 Бк/кг).

В пробах растительности удельное содержание радионуклида ^{137}Cs колеблется в пределах от 2 до 700 Бк/кг, ^{90}Sr – от 0,18 до 53 Бк/кг, $^{239/240}\text{Pu}$ – от 0,13 до 90 Бк/кг.

Удельное содержание радионуклида ^{137}Cs в исследованных пробах воды, отобранных как из открытых водоемов, так и из питьевых источников, не превышает уровня вмешательства 11 Бк/кг, согласно Нормам радиационной безопасности (НРБ-99). Однако, в двух пробах воды удельное содержание ^{90}Sr превышает уровень вмешательства, равный 5 Бк/кг, в 2 и 4 раза соответственно.

По полученным данным лабораторных анализов проб почвы были построены карты-схемы распределения плотности поверхностного загрязнения радионуклидами. По сравнению с данными обследования 1996 года наглядно видна детализация и локализация отдельных участков радиационного загрязнения. В результате проведенных исследований были обнаружены новые локальные участки загрязнения, пропущенные предыдущими исследованиями.

При оценке радиоактивного загрязнения территорий можно отметить некоторые особенности распределения радионуклидов, связанные с их ми-

грационными способностями. Места незначительного загрязнения ^{137}Cs носят локальный характер и, возможно, были сформированы во время выпадения радиоактивных частиц из облака ядерного взрыва. Большая часть ^{137}Cs находится в кислотно-растворимых и фиксированных формах (от 40 до 90%) и прочно связывается гумусовым слоем почвы и глинистыми минералами [4]. Находясь в связанной форме с органической составляющей почвенного горизонта, ^{137}Cs ограничен как в горизонтальной, так и в вертикальной миграции. Это подтверждается распределением ^{137}Cs по глубине – основная часть, свыше 60 %, сосредоточена в верхнем 5-ти сантиметровом слое.

Наименее прочно в почвах закрепляется ^{90}Sr [4]. Большая часть этого радионуклида (50-90 %) находится в водно-растворимом и обменном состоянии, поэтому он более подвижен. В результате горизонтальной миграции с поверхностными водами, особенно на местности со значительными перепадами высот, он может перемещаться и накапливаться в низменных местах: в лощинах, у подножий холмов и в долинах малых рек. Его миграционные способности подтверждаются вертикальным распределением в почвенном горизонте: 0–5 см – 30%, 5–10 см – 38%, 10–15 см – 32%.

$^{239/240}\text{Pu}$, в основном, находится в фиксированных формах, плохо мигрирует в глубину почвенного горизонта и слабо связывается с гумусовым слоем, поэтому основным путем миграции плутония является ветровой перенос загрязненных частиц грунта и смыв их поверхностными (дождевыми и талыми) водами. Таким образом, территория загрязнения плутонием совпадает, в основном, с низменными местами русел малых рек и ручьев.

Загрязнение растительного покрова происходит двумя путями: поглощение растениями радионуклидов из почвы и пыле-ветровой перенос радионуклидов. Проведенные исследования показали, что основной причиной, влияющей на коэффициент накопления, являются особенности самих радионуклидов образовывать соединения с почвенными компонентами, которые находятся в легко доступной для усвоения растениями форме.

Полученные данные подтверждают, что ^{137}Cs более подвижен в системе почва – корни – вегетативная часть растения, чем ^{90}Sr , а величина его удельного содержания, в первую очередь, зависит от вегетативной фазы растения. Содержание радионуклидов в корнях растений, в основном, превышает содержание этих же радионуклидов, как в почве, так и в наземной части растения.

В результате использования территорий как сенкосно-пастбищных угодий происходит подъем пыли с поверхностного слоя почвы. Таким образом, за счет ветрового переноса радиоактивных частиц почвы в приземном слое воздуха может наблюдаться вторичное загрязнение растительного покрова путем оседания радионуклидов на органах вегетативной части растений.

Литература.

1. Изучение радиационной обстановки на территории бывшего СИП. Отчет ИРБЭ НЯЦ РК 1996 г.
2. Ядерные испытания в СССР. Том 2.
3. Израэль Ю.А. Чернобыль: радиационное загрязнение природных сред. Лен. Гидрометеиздат, 1990.
4. Куликов И.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Радиоэкология почвенно-растительного покрова. Свердловск: УрО АН СССР, 1990.

РОЛЬ NO-ОПОСРЕДОВАННЫХ МЕХАНИЗМОВ В ПОСТРАДИАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ХОЛИНЕРГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ КОРОНАРНОГО ПОТОКА И СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА

Суворова Т.А.

Институт радиобиологии НАНБ, Минск

Введение. Сердце считается высокорезистентным органом. Вместе с тем, выполненные к настоящему времени исследования указывают на изменение функционального состояния сердечной мышцы и регуляторного аппарата системы кровообращения при действии ионизирующего излучения в относительно малых дозах [1]. Большинство лучевых повреждений сердца обусловлено действием радиации на коронарные сосуды и вторичными изменениями миокардиальной ткани, а также опосредованным влиянием ионизирующего излучения на функцию кардиомиоцитов. Одним из важнейших регуляторов функционального состояния сердца и коронарных сосудов является NO. NO в пострadiационный период может выполнять двойную роль. С одной стороны антиоксидантные свойства предполагают выполнение им защитной функции, заключающейся во взаимодействии с радиационно-индуцированными радикалами и снижением их количества, с другой – на фоне увеличения эндогенной концентрации NO выступает в качестве повреждающего агента, продукты метаболизма которого обладают высокой токсичностью и мутагенными свойствами. Целью данной работы было изучение NO-опосредованных механизмов холинергической регуляции коронарного потока и сократительной функции сердца после воздействия на организм γ -излучения в дозе 1 Гр.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на белых крысах-самках в возрасте 6-8 месяцев. Животные подвергались острому γ -облучению на установке «ИГУР» (^{137}Cs , 9×10^{-4} Гр/с). Эксперименты проводили на 3, 10, 30-е сутки пострadiационного периода. Под тиопенталовым наркозом (60 мг/кг) сердца изолировали по методу Лангендорфа и

перфузировали в условиях постоянного давления (60 мм.рт.ст.) оксигенированным раствором Кребса-Хензелейта при pH=7,4 и t=37⁰С. Регистрировали: внутрижелудочковое давление (P_{max}, мм рт.ст.), скорости его нарастания (+dP/dt_{max}, мм рт.ст./с) и падения (-dP/dt_{max}, мм рт.ст./с), объемную скорость коронарного потока (ОСКП, мл/мин.), частоту сердечных сокращений (ЧСС, сокр./мин.). С целью исследования NO-опосредованных механизмов регуляции функционального состояния сердца в перфузионный раствор вводили блокатор NO-синтазы N^onitro-L-arginine methyl ester (L-NAME, 5x10⁻⁶ М). Для стимуляции и холинергических рецепторов использовали карбахолин (КХ) в концентрациях 10⁻⁹ -10⁻⁶ М. Достоверность статистических различий оценивали на ПЭВМ по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. В ближайшие сроки пострадиационного периода наступает снижение сократительной способности и расслабления миокарда, изменяется NO-опосредованная регуляция инотропной функции сердца. На 3-и сутки пострадиационного периода выявлено увеличение коронарного потока, обусловленное возрастанием базального синтеза NO (Рис.1), а к 10-м суткам ОСКП не отличалась от контрольных значений. Принимая во внимание пострадиационное увеличение концентрации внутриклеточного Ca²⁺ [2] мы предполагаем, что после острого облучения в дозе 1 Гр активность конститутивной Ca²⁺-зависимой NO-синтазы увеличивается. Кроме того, увеличение коронарного потока на фоне ухудшения сократительной способности миокарда свидетельствует о снижении эффективности коронарного кровообращения.

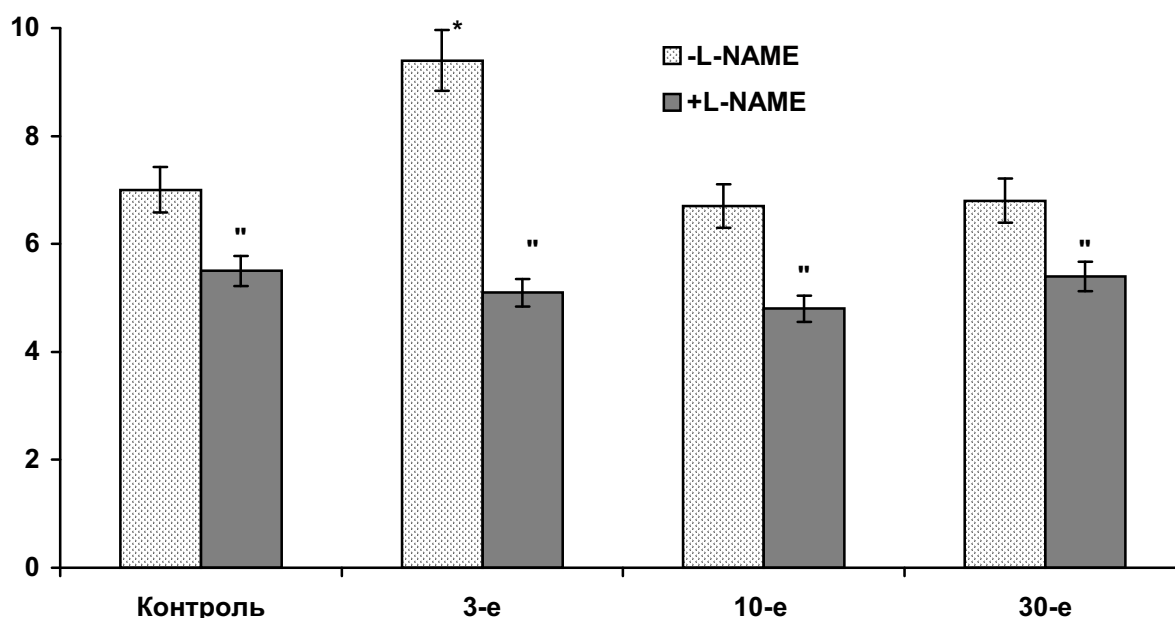


Рис.1 Значения ОСКП (мл/мин) изолированного

В результате выполненных исследований установлены пострadiационные особенности М-холинергической регуляции функции сердца и коронарных сосудов. Стимуляция холинорецепторов КХ оказывала отрицательный хроно- и инотропный эффект, снижала коронарный ток в основном за счет активации М-холинорецепторов миокарда и гладкомышечных клеток. Во все исследуемые сроки после облучения отрицательный инотропный эффект КХ и коронарная вазоконстрикция на КХ были снижены. Ингибирование синтеза NO увеличивает отрицательный инотропный и вазоконстрикторный эффекты КХ. Прирост отрицательного инотропного эффекта на КХ, в концентрации, вызывающей максимальный эффект, после блокады NO-синтазы в пострadiационный период был значительно меньше на 3-и (4%) и на 10-е сутки (13%), чем в контроле (40%) (Рис.2). Мы предполагаем, что одновременно с изменением чувствительности и плотности холинорецепторов значительно снижается NO-опосредованная регуляция инотропной функции сердца при действии холиномиметиков.

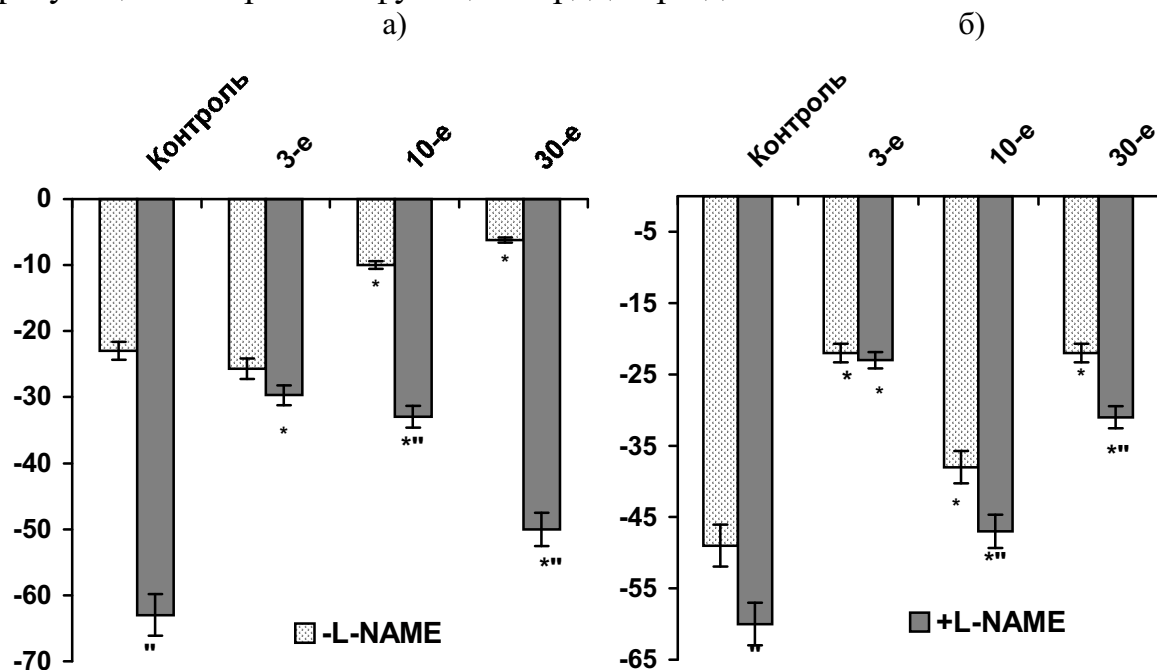


Рис 2. Влияние L-NAME на величину изменения Pmax (а) и ОСКП (б), вызываемого введением КХ (10^{-6} М), по оси ординат – процент изменения показателя.

*-различия достоверны по отношению к контролю ($P \leq 0,05$); †- по отношению к соответствующим условиям без L-NAME ($P \leq 0,05$).

На 3-и сутки после облучения степень прироста вазоконстрикции на КХ на фоне введения L-NAME снижается в 3 раза (Рис.2). Следовательно, NO-опосредованная вазодилатация вносит меньший вклад в общую реакцию коронарных сосудов на КХ. Возможно, это связано с изменением чувствительности гладкомышечных клеток (из-за повышенной базальной NO продукции) к КХ-опосредованному высвобождению NO, со снижением агонист-стимулируемого NO синтеза или с повышенной инактивацией NO

радикалами, образующимися вследствие фазных изменений антиоксидантно-прооксидантного равновесия в постлучевой период.

Таким образом, воздействие γ -излучения в дозе 1 Гр модифицирует механизмы холинергического контроля функционального состояния сердца. В наступающих пострadiационных изменениях важная роль принадлежит NO-опосредованной регуляции коронарного потока и биомеханической функции миокарда.

Литература.

1. Москалев Ю.И. // Отдалённые последствия воздействия ионизирующих излучений. М.: Медицина, 1991. 464 с.
2. Милютин А.А., Войткун В.А., Лобанок Л.М. // Радиобиология.-1990.-Т.30.-С.54-56.

ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ В ДОЗЕ 1,0 ГР НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОМБОЦИТОВ КРЫС

Тарарук Т.А.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Ионизирующее излучение в сублетальных дозах стимулирует систему внутрисосудистого свертывания крови с последующим развитием тромбгеморрагического синдрома [1]. При этом наиболее уязвимым звеном в системе гемостаза являются тромбоциты, число и структура которых резко меняются [2]. Наряду с количественными и морфологическими изменениями тромбоцитов отмечаются нарушения их функциональных свойств: уменьшается адгезивность, способность к агрегации (скорость и степень агрегации падают), повышается дезагрегация тромбоцитарных агрегатов, снижаются тромбопластиновая, фибриназная, серотонинзахватывающая, ретрактивная и ангиотрофическая функции тромбоцитов [2]. Все приведенные выше примеры нарушения функционирования системы гемостаза демонстрируют поражающее действие больших доз ионизирующей радиации. Вопрос о воздействии ионизирующей радиации в малых дозах на систему крови и, в частности, тромбоциты остается не изученным.

В связи с этим целью работы стало изучение количественных и функциональных характеристик тромбоцитов в ранние и отдаленные сроки после острого γ -излучения в дозе 1,0 Гр.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проводились на половозрелых белых крысах-самцах стадного разведения (4-6) мес. Острое облучение осуществляли на установке «ИГУР» с цезиевым источни-

ком при мощности дозы 10^{-3} Гр/с. Эксперименты проводили на 3-и, 10-е, 30-е и 90-е сутки пострадиационного периода.

Кровь для исследования брали из сердца крыс, прокалывая его иглой с силиконированной трубкой, собирали в пластмассовые пробирки и стабилизировали 3,8% раствором цитрата Na (1:9).

Измерения количественного состава тромбоцитов проводили на гематологическом анализаторе фирмы Technicon Н-1, принцип работы которого основан на проточной цитометрии.

Агрегацию тромбоцитов исследовали с применением компьютеризированного анализатора агрегации тромбоцитов AP 2110 научно-производственного центра «СОЛАР» (Минск, Беларусь). В качестве индуктора агрегации использовали АДФ в концентрациях $2,4 \times 10^{-5}$ М и $2,4 \times 10^{-6}$ М.

Содержание цАМФ и цГМФ в тромбоцитах определяли с помощью специальных для каждого вида нуклеотида наборов (ИБОХ НАНБ).

Результаты и их обсуждение. Зрелые тромбоциты, как клетки специализированные, принято считать достаточно устойчивыми к действию ионизирующей радиации. Очевидно по этой причине ширина распределения тромбоцитов и их средний объем не изменялись во все исследованные сроки постлучевого периода. Только на 10 сутки после острого облучения наблюдается снижение числа тромбоцитов и величины тромбокрита. Этот постлучевой эффект, вероятно, может быть результатом воздействия радиации на костно-мозговое кроветворение, поскольку время жизни тромбоцитов в кровяном русле крыс составляет 4-5 суток. К 30-м суткам обнаруживается полное восстановление числа тромбоцитов.

Агрегационную активность тромбоцитов оценивали с помощью АДФ. В наших экспериментах мы использовали АДФ в концентрациях: $2,4 \times 10^{-5}$ М - вызывающей максимальную необратимую агрегацию тромбоцитов и $2,4 \times 10^{-6}$ М - вызывающей обратимую агрегацию тромбоцитов у контрольных животных. Реакция тромбоцитов на высокие концентрации АДФ принято использовать в качестве теста на геморрагии. Исследование агрегационной способности тромбоцитов на низкие концентрации АДФ, выявляя обратимую агрегацию, позволяет судить о степени и характере функциональных нарушений тромбоцитов.

После острого облучения в дозе 1 Гр агрегационная способность тромбоцитов существенно не изменяется в ближайшие сроки постлучевого периода (3-30 сутки), но в общей выборке облученных животных увеличивается число особей, имеющих пониженную способность к агрегации, стимулированной высокой концентрацией АДФ. Тенденция к снижению агрегационной способности тромбоцитов, отмечаемая на 3-30 сутки перерастает в достоверные различия к 90-м суткам.

Полученные результаты позволяют заключить, что после острого γ -излучения в ближайшие сроки в общей выборке облученных животных

увеличивается число особей, имеющих тромбоциты с низкой агрегационной способностью, а к девяностым суткам число таких особей становится абсолютным, что свидетельствует о снижении тромбоцитарной активности у облученных особей в отдаленные сроки постлучевого периода.

В отличие от выше сказанного, показано, что на 3 сутки происходит значительное расширение диапазона ответных реакций тромбоцитов при стимуляции низкими концентрациями АДФ, что приводит к четкому разделению выборки облученных животных на 2 группы: с пониженной степенью реактивности тромбоцитов и с высокой реактивностью. У этих животных агрегация тромбоцитов даже на малые дозы АДФ носит необратимый характер, а средние значения степени и скорости агрегации приближаются к значениям, характерным для агрегационных кривых, полученных при стимуляции агрегации большими концентрациями АДФ у контрольных животных.

На 10 сутки у большинства особей превалирует тенденция к сниженной агрегационной способности тромбоцитов и нами не отмечено каких-либо значительных различий в исследованной группе животных.

На 30 сутки реакция тромбоцитов большинства облученных животных не отличается от таковой у контрольных. Однако в общей выборке животных встречается небольшое число особей (17,6%) с повышенной степенью агрегации.

На 90 сутки пострадиационного периода у большинства облученных животных АДФ в концентрации $2,4 \times 10^{-6} \text{M}$ вызывает лишь изменение формы тромбоцитов и образование псевдоподий, но не стимулирует агрегацию.

Таким образом нами установлено, что ионизирующее излучение в дозе 1,0 Гр оказывает повреждающее действие на функциональную активность тромбоцитов в ближайшие и отдаленные сроки после воздействия радиации. Однако в ближайший пострадиационный период эти нарушения носят менее выраженный, но разнонаправленный (3 сутки) характер и выявляются только при тестировании низкой концентрацией АДФ. В отдаленные сроки отмечается резкое падение функциональной активности тромбоцитов, вплоть, до отсутствия реакции на стимуляцию АДФ в концентрации $2,4 \times 10^{-6} \text{M}$.

Существенная роль в регуляции структурно-функционального состояния тромбоцитов принадлежит циклическим нуклеотидам цАМФ и цГМФ [3]. Накопление циклических нуклеотидов ингибирует агрегацию тромбоцитов и ускоряет их спонтанную дезагрегацию; уменьшение их концентраций оказывает противоположное действие. Поэтому, для интерпретации пострадиационных эффектов мы считаем целесообразным использовать полученные нами данные о содержании циклических нуклеотидов и активности АЦ и ГЦ в тромбоцитах облученных животных.

Литература.

1. Лукоянова Т.И., Козельская Л.В. //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1983. – Т.96, №12. – С.33-35.
2. Балуда В.П., Володин В.М., Сушкевич Г.Н. //Медицинская радиология. – 1979. –Т.24, №9. – С.67-71.
3. Самаль А.Б. и др.//Агрегация тромбоцитов: методы изучения и механизмы. -Минск: Университет. -1990. –104 С.

СОСТОЯНИЕ ГОМЕОСТАЗА ЛЕГКИХ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВНЕШНЕМУ И ВНУТРЕННЕМУ ОБЛУЧЕНИЮ

Тимохина Н.И.

Институт радиобиологии НАН Б, г.Минск

Введение. Состояние местной иммунной защиты легких существенно определяет патогенез бронхо-легочного воспалительного процесса, в то время как характер течения заболеваний в основном определяется состоянием общей иммунологической реактивности организма. Формирование легочной патологии при облучении рядом авторов связывается с радиационными поражениями иммунитета, неспецифической защиты и последующим снижением устойчивости к инфекциям. В условиях иммунодефицита именно легкие часто оказываются мишенью для целого ряда патогенных и «условно патогенных» начал [1,2].

Численность свободных клеточных элементов является высокоинформативным показателем реакции легких на воздействие факторов окружающей среды. Состояние иммунных и эффекторных клеток бронхоальвеолярных смывов довольно полно отражает структурные изменения, происходящие в легочной ткани, и поэтому может иметь весьма важное значение для дифференциальной диагностики, определения степени активности патологического процесса в легких, а возможно и для определения степени облучения. Влияние облучения на эффекторные клетки, функциональную активность альвеолярных макрофагов мало изучено, а имеющиеся сведения противоречивы.

Материалы и методы исследований. Для исследований использованы белые крысы-самцы, с исходным возрастом 5 месяцев. Одна группа животных была подвергнута внешнего облучению γ -излучением в дозе 1,0 Гр. Животным другой группы в течение 16 суток внутрижелудочно вводили ^{137}Cs по 50 и 100 кБк/кг ежедневно в суммарной дозе 160 и 320 кБк (содержание ^{137}Cs в легком через 10 суток - 291 ± 62 и 558 ± 107 Бк соответственно). Часть животных подверглась комбинированному воздействию внешнего облучения γ -излучением в дозе 1,0 Гр и введению ^{137}Cs в тех же дозах. Забой животных проводился на 10, 30, 90, 180 сутки после оконча-

ния введения ^{137}Cs . Контролем служили животные аналогичного возраста к каждой серии опытов.

Цитологическое исследование бронхоальвеолярных смывов проводили по [3]. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Цитологический анализ эндопульмональных цитогрaмм экспериментальных животных выявил, что наиболее существенное увеличение общего цитоза БАС произошло в группе животных, подвергшихся комбинированному воздействию внешнего (в дозе 1,0 Гр) и внутреннего (^{137}Cs в количестве 320 кБк) облучения. Уже на 10 сутки эксперимента общее количество свободных клеточных элементов в данной экспериментальной группе составляло 156,1% от контроля. Максимальный общий цитоз выявлен на 30-е сутки после воздействия. Эндопульмональные цитогрaммы экспериментальных животных в этот срок исследования характеризуются резким ростом числа АМ, увеличением числа нейтрофилов и лимфоцитов. Самым важным из этих изменений является то, что выявляются сдвиги не только в количественном соотношении различных клеточных популяций лаважной жидкости, но и качественном составе каждой популяции, что отчетливо прослеживается на макрофагах. Активация популяции макрофагов, проявляющаяся повышенной частотой встречаемости молодых форм, наиболее заметна в эксперименте с введением ^{137}Cs в количестве 320 кБк и при комбинированном воздействии изотопа в данной дозе с внешним облучением. В отдаленный период наблюдения (180 сутки) общая численность свободных клеточных элементов остается на более высоком относительно контрольного уровне.

Усиленный выход АМ в просветы альвеол при комбинированном воздействии внешнего и внутреннего облучения свидетельствует о выраженности компенсаторно-приспособительных реакций легкого.

Нейтрофильная реакция, лимфоцитоз и повышенное количество клеток эпителия отмечались в течение всего периода наблюдения у экспериментальных животных

Полученные результаты свидетельствуют о том, что все клеточные популяции лаважной жидкости, выполняющие определенную функцию, проявили ориентацию на повышение резистентности организма к облучению в исследуемой дозе. Цитоз, лейкоцитоз и изменения в популяции макрофагов (сдвиг в сторону молодых) можно расценивать как компенсаторно-приспособительную реакцию легкого. Превышение значений цитоза, характерных для контрольных животных, в результате роста численности макрофагов, нейтрофилов и лимфоцитов при заметном увеличении количества микроорганизмов в смывной жидкости, указывает на проявление местного воспалительного процесса и на напряжение защитных реакций в легких, что в дальнейшем способствует развитию хронического воспаления [4].

Следует отметить, что облучение в данной дозе приводит также к нарушениям в сурфактантной системе, о чем свидетельствуют количественные изменения клеток эпителия в БАС в различные сроки после облучения в исследуемых дозах. Концентрация клеток эпителия во все сроки наблюдения значительно превышает контрольные уровни. Наиболее интенсивно процессы сращивания клеток происходят в начальный период после воздействия. Численность данных клеток в БАС на 10-30 сутки эксперимента увеличена в 1,4 – 2,4 раза, что является показателем относительно высокой чувствительности сурфактантной системы к облучению. Уменьшение количества сращенных эпителиальных клеток в более поздние сроки наблюдения, снижение доли поврежденных клеток в межальвеолярных перегородках, эпителиальной выстилке терминальных и респираторных бронхиол, относительная нормализация клеточных соотношений оцениваются как критерии состояния адаптации.

Локальные реакции, определяемые в виде повышенной функциональной активности макрофагов после изолированного воздействия ^{137}Cs в количестве 160 кБк, а также после комбинированного облучения, проявляемые в округлении, увеличении размеров, четком очерчивании их границ, вакуолизации цитоплазмы в целом также свидетельствует о развитии компенсаторных реакций в легких.

Таким образом, полученные в приведенном исследовании данные по динамике лейкоцитарной инфильтрации, сращивании эпителиоцитов, признаков альтерации клеточных элементов барьерных систем (клетки эндотелия капилляров, эпителия, выстилающего бронхиолы и альвеолы) характеризуют раннее неблагоприятное действие указанных доз облучения и коррелируют со снижением резистентности организма. Однако, увеличение доли макрофагальных элементов, а также лимфоцитов указывает на относительную стабильность состояния адаптации.

Литература.

1. Суркова Л.К. Патоморфоз, морфология и иммунопатогенез туберкулеза легких в современных условиях: Автореф. дисс. ... д.м.н.: 14.00.15 / Минский Ордена Трудового Красного Знамени Государственный Медицинский Институт. - Мн., 1997. – 32 с.
2. Valenti S., Scordamaglia A. // *Europ. J. Respir. Dis.* – 1982. – vol. 63, № 6. – p. 564 – 569.
3. Федосеев Г.Б., Лаврова Т.В., Шихарев С.С. Клеточные и субклеточные механизмы защиты и повреждения бронхов и легких, Л. - Наука, 1980. -198с.
4. Поплыко М.Г., Любчанский Э.Р. // *Мед. радиология.*- 1978.- №7.- с. 56 – 61.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ткачук С.О., Бердович Т.Ж.

*Пинский консультативно-диагностический центр Комчernoбыля,
Институт физиологии НАН Беларуси, Минск*

Введение. Рост заболеваний щитовидной железы у населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь, обусловил необходимость многостороннего подхода к изучению не только патомеханизмов данного процесса, но и особенностей влияния гормонов щитовидной железы на деятельность разнообразных органов и систем [1-5]. Вопрос актуален, поскольку известно, что тиреоидные гормоны оказывают многообразные физиологические эффекты, в том числе и на рост, развитие и дифференцировку тканей и органов, особенно на центральную нервную систему [1]. Недостаточность или избыток тиреоидных гормонов может привести к нарушению процессов дифференцировки клеток в нервной системе, что неизбежно отражается на интегративной деятельности мозга.

В связи с этим, в настоящей работе внимание было акцентировано на сопоставлении особенностей интегративной деятельности мозга у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь, с функциональным состоянием щитовидной железы у обследуемых.

Материалы и методы исследований. На базе Пинского консультативно-диагностического центра Комчernoбыля проведено углубленное медицинское обследование детского населения (возраст от 10 до 17 лет) Лунинецкого района, Брестской области. В исследование были включены 80 человек с гиперплазией щитовидной железы (50 девочек и 30 мальчиков). Количественное определение уровня тиреотропного гормона в сыворотке крови и оценку гормональной активности щитовидной железы осуществляли с помощью иммуноферментного метода («Trinita», Италия).

С помощью общепринятых методик проводили анкетирование обследуемых для выяснения у них особенностей процессов мышления, внимания, памяти. Принималось во внимание, что высшие функции мозга формируют умственную деятельность человека на основе сенсорного восприятия, целенаправленной деятельности, обучения и памяти, эмоций, речи и мышления, бодрствования и сна, и, наконец, сознания. Выяснить особенности высших функций мозга у детей с гиперплазией щитовидной железы было одной из задач работы.

Результаты и их обсуждение. При обследовании детей и подростков врачами Пинского консультативно-диагностического центра Комчербобля отмечены следующие особенности. Во-первых, у лиц обоего пола с гиперплазией щитовидной железы выявлен достаточно большой процент снижения уровня свободного тетраiodтиронина (T_4). Конкретно, у мальчиков и девочек снижение свободного T_4 составило, соответственно, 46.6 и 38.0%. Во-вторых, отклонение содержания тиреотропного гормона от естественного уровня встречалось лишь в единичных наблюдениях. Конкретно, у мальчиков и девочек повышение уровня тиреотропного гормона зарегистрировано, соответственно, в 3.3 и 6.0%. Известно, что тиреотропин секретируется непрерывно, с максимальным содержанием в сыворотке крови в часы, предшествующие сну. Тиреотропин связывается с рецепторами фолликулярных клеток щитовидной железы и вызывает метаболические реакции с помощью циклического аденозинмонофосфата, инозитол-3-фосфата, диацилглицерола и кальмодулина. Итак, в клетках фолликулов щитовидной железы тиреотропин регулирует обмен и захват йода, синтез тиреоглобулина, синтез и секрецию тиреоидных гормонов, усиливает гидролиз тиреоглобулина и т.д. Тиреотропин вызывает прирост массы щитовидной железы, благодаря увеличению синтеза РНК и белков. Поскольку в процессе обследования детей с гиперплазией щитовидной железы лишь в единичных наблюдениях установлено повышенное содержание тиреотропного гормона в сыворотке крови, можно заключить, что этот фактор не является ведущим в инициации процессов гиперплазии щитовидной железы. Наоборот, учитывая выявленный факт снижения функциональной активности щитовидной железы (что, кстати, вполне могло быть обусловлено недостаточным уровнем тиреотропина), можно допустить что процесс гиперплазии является одним из вариантов реактивного состояния ткани в условиях снижения ее функциональной активности.

В качестве дополнительного исследования проводился целенаправленный опрос детей, с целью выявления возможного изменения защитных реакций организма в условиях гипофункции щитовидной железы. Оказалось, что более чем 80% обследованных детей предъявляют жалобы на частые (несколько раз в году) заболевания острыми респираторными заболеваниями. Этот факт в аспекте важных метаболических и физиологических эффектов тиреоидных гормонов требует дополнительного осмысления с целью разработки действенных профилактических мероприятий, направленных на оптимизацию деятельности иммунокомпетентных органов и систем у детей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь.

У обследованных детей с гиперплазией щитовидной железы в 45% случаев установлена высокая степень утомляемости. В 60% случаев обнаружена низкая и удовлетворительная способность акцентировать внимание, и, примерно, в 75% случаев – низкая и удовлетворительная способ-

ность к запоминанию. Хотя физиологические механизмы извлечения и воспроизведения материала, сохраняемого в памяти, окончательно не известны, нельзя не принимать во внимание существующие сведения о ключевом значении гормонов щитовидной железы для интегративной деятельности мозга на разных этапах онтогенеза. Таким образом, среди множества проблем, которые необходимо решать в связи с аварией на Чернобыльской атомной электростанции, необходимо принимать во внимание и многокомпонентные последствия выброса радионуклидов на интегративные функции мозга человека.

Безусловно, что для более корректной оценки полученных данных необходимы дальнейшие дополнительные исследования, направленные на выяснение плотности загрязнения радионуклидами территории, времени пребывания обследуемых на данной территории, особенностей накопления радионуклидов в организме детей, специфичности питания обследуемых и т.д. Важно сопоставить полученные факты с аналогичными исследованиями детей, проживающих в экологически благоприятных регионах Республики Беларусь.

Итак, фактический материал настоящей работы позволяет выделить еще одну важную проблему последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Эта проблема сохранности интеллекта нации. Как известно, одним из кратких определений интеллекта человека является то, что это – человек в целом, взятый со стороны его способностей. Достаточные ли способности проявит нынешнее поколение для сохранения интеллекта нации в будущем?

Авторы выражают благодарность профессору В.А. Кульчицкому за помощь в обсуждении полученных результатов.

Исследование выполнено в инициативной форме в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Изучение влияния на организм человека и животных природных и техногенных факторов окружающей среды (Экология и адаптация)» на 2001-2005 гг.

Литература.

1. Астахова Л.Н.(ред.) // Щитовидная железа у детей. Мн., 1996.
2. Демидчик Е.П., Цыб А.Ф., Лушников Е.Ф. // Рак щитовидной железы. Мн., 1996.
3. Ломать Л.Н., Неумержицкий В.А., Малахова И.В., Карницкий Г.Г., Гальбурт Г.Н., Кулинка В.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. - 2000. - №1. С.12-28.
4. Миненко В.Ф., Дроздович В.В., Третьякевич С.С., Улановский А.В. // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационным бюллетень. – 1996 - №4. С. 50-65.
5. Shigematsu I. (Eds.) // Effects of A-Bomb Radiation on the Human Body. Tokyo: Harwood Academic Publishers, Bukodo Co., 1995.

ЗАГРЯЗНЁННОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ (ОХОТНИЧЬИХ УГОДИЙ) И ОРГАНИЗМА ПАРНОКОПЫТНЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ – ПРЕДПОСЫЛКА ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И НАПРАВЛЕННОСТИ ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ

Тышкевич В.Е.

*Институт зоологии НАН Беларуси
Государственное учреждение БелГосОхота*

Загрязнённость охотничье-промысловых копытных радионуклидами – одна из причин затрудняющих использование продукции охоты (мясной продукции), что в свою очередь косвенным образом влияет на ранговую значимость охотничьих угодий. В результате длительного периода исследований, охватывающего 1986-2001 гг., был собран обширнейший материал относительно загрязнённости парнокопытных на территории республики, только проб из организма косули было обработано более тысячи.

Исследованиями установлено, что Cz_{137} присутствовал в организме косуль из всего перечня лесхозов республики, приводимого ниже, несколько реже встречались случаи загрязнения организма кабана и редко лося (таблица).

Выявленные особенности загрязнения копытных, в особенности таких территориально консервативных, как косуля, позволяют нам утверждать, что радиационному заражению подверглась вся территория Беларуси, однако разная загрязнённость самцов и самок у этого вида позволяет выдвинуть рабочую гипотезу более высокого накопления цезия самцами из-за физиологически необходимого потребления большего количества побегов деревьев и кустарников в период формирования рогов в ноябре-апреле [1].

Замедленный, в сравнении с косулей, обмен веществ у лося и несколько иная специфика питания позволяет этому виду накапливать на порядок меньшее количество радионуклидов в организме [2].

Появление проб с низким уровнем загрязнённости кабана цезием в Витебской области (Полоцкий, Шумилинский, Суражский и Оршанский лесхозы), полученных в 2001г., возможно связано с использованием фуражного зерна из загрязнённых районов республики в целях зимней подкормки. В связи с этим вытекают особенности использования ресурсов популяций важнейших видов охотничьей макротериофауны. Несомненным является перенацеливание охотничьих хозяйств с сильным уровнем загрязнения угодий и дичи прежде всего на разведение трофейных животных. Повышение доли животных старшего возраста в популяциях оленей и кабана позволит с успехом развивать охотничий туризм.

Загрязнённость копытных и угодий радионуклидами

Лесхоз	Загрязненность радионуклидами				
	Парнокопытных, в бк/кг			Площади угодий, в %	
	косуля	кабан	лось	лесных	пригодных
Минская область					
Березинский, Воложинский	***	***	**	25, 10	30, 24
Борисовский, Крупский	**	**	*	10, 13	14, 17
Вилейский, Логойский, Столбцовский, Узденский	*	*		3, 6, 5	8, 12, 8
Клецкий, Копыльский, Слуцкий	*			2, 2	2, 3
Стародорожский, Пуховичский, Червенский	**	**	*	10	14
Смолевичский, Минский, Молодеченский	*			2, 1	3, 2
Брестская область					
Барановичский, Брестский, Ганцевичский	*				
Ивацевичский, Ляховичский, Пружанский	*				
Кобринский, Пинский	**	**	*	10, 5	15, 8
Лунинецкий, Столинский	***	***	**	15, 30	25, 40
Телеханский	*	*		5	7
Гомельская область					
Б.-Кошелёвский, Гомельский, Жлобинский	**	**	*	17, 19, 17	25, 31, 30
Василевичский, Мозырский, Ельский	***	***	**	46, 40, 50	55, 52, 62
Ветковский, Комаринский	***	***	***	73, 79	89, 89
Житковичский, Калинковичский, Лельчицкий	***	***	**	27, 35, 30	35, 41, 40
Петриковский, Речицкий	**	**	*	23, 16	29, 21
Октябрьский, Рогачёвский, Светлогорский	**	**	*	17, 17, 14	22, 20, 19
Наровлянский, Хойникский, Чечерский	***	***	***	90, 79, 70	95, 90, 84
Гродненская область					
Волковысский, Гродненский, Дятловский	*				
Лидский, Островецкий, Слонимский	*				
Ивьевский, Новогрудский	**	*		10, 14	11, 19
Сморгонский, Щучинский	*				
Витебская область					
Бегомльский, Бешенковичский, Витебский	*				
Богушевичский, Верхнедвинский, Глубокский	*				
Городокский, Дисненский, Суражский	*				
Лепельский, Лиозненский	*				
Оршанский	**	*		5	5
Полоцкий, Шумилинский	*	*			
Поставский, Россонский, Ушачский	*				
Толочинский	**	**	*	5	15
Могилёвская область					
Белыничский, Кличевский	***	***	**	45, 40	51, 44
Бобруйский, Могилёвский, Горецкий	**	**	*		
Быховский, Костюковичский	***	**	*	21, 12	35, 18
Глусский, Осиповичский	**	*			
Краснопольский, Чериковский	***	***	***	75, 60	83, 74

*Низкая (0,01-50 бк/кг); **Средняя (51-250 бк/кг); ***Высокая (251 и > бк/кг)

Как показали исследования, трофеи полученные даже с территорий с относительно высоким уровнем загрязнения радионуклидами накапливают последние лишь в незначительной степени [2]. Продукцию охоты на всей территории республики необходимо подвергать обязательному дозиметрическому контролю, в случае появления проб содержащих радионуклиды в условно «чистых» районах, проводить дополнительную проверку кормов, используемых этими видами.

Для территорий со средним уровнем загрязнения животных (в целях снижения поступления радионуклидов с кормом) рекомендую возделывание кормовых культур, накапливающих минимальное количество цезия. Для представителей семейства оленых – жёлтый люпин и люцерну, кабана – бобовые культуры и кукурузу. При применении зимней подкормки копытных отказаться от концентрированных кормов и корнеплодов.

В лесхозах республики с низкой или незначительной загрязнённостью организма косули радионуклидами нужно ограничивать поступление в организм животных древесно-веточных кормов. Это можно сделать создавая в угодьях пригодные для пастбы посевы озимых культур (зерновые и рапс) или применяя для подкормки легкоусвояемые влажные и концентрированными корма [4].

В связи с развернувшимися работами по ранжированию охотничьих угодий Беларуси необходимо при определении значимости (ранга) угодий учитывать кроме показателя загрязнённости территории и показатель степени загрязнения основных видов фауны. Это позволит сформировать стратегию управления популяциями в зависимости от уровня загрязнения угодий и объектов охоты, а это в свою очередь будет определять стоимость аренды охотничьих угодий и специализацию охотничьих хозяйств.

Литература: авторские публикации

1. Dynamics for roe deer open lands use (*Capreolus capreolus* L.) in Polessky State Radiation Ecology Preserve 1987-1997. // Wildlife management and land use in open landscapes // XXIII Congress Game biol. – Lyon, 1997; с.214-216.
2. Эколого-этологические адаптации косули (*Capreolus capreolus* L.) Полесского заповедника // Вести НАН Беларуси №1. – Минск, 1999, с.119-122.
3. Трофическое влияние и потребность в древесно-веточных кормах косули (*Capreolus capreolus* L.) в осенне-зимний период // Лес и наука. Сборник трудов Института леса. Гомель, 1999. С. 182-185.
4. Особенности питания европейской косули в межвегетационный период // Биологическое разнообразие. Сборн. трудов Национального Парка Припятский. Туров, 1999. С. 346-349.
5. Косуля (*Capreolus capreolus* L.) Беларуси (биологические основы охраны и использования ресурсов) // Автореферат диссер. канд. биол. наук. Москва, 2001. 20 с.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМ ВОСТОЧНО-БЕЛОРУССКОЙ ПРОВИНЦИИ

Хвалец О.Д., Дацкевич П.И., Комиссаров Ф.Д.
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Цель работы - изучить состояние радионуклидного загрязнения компонентов водных систем с целью оценки последствий Чернобыльской катастрофы для водных ресурсов Республики Беларусь и использования полученных результатов при разработке защитных мер. Объектами изучения являются водные системы слабопроточного и проточного типов - водохранилище Малиновка и р. Сенна Чериковского р-на Могилевской области, а также компоненты этих систем - вода, взвеси, донные отложения, доминирующие виды водной растительности.

В результате проведенных исследований выявлены особенности динамики радиоэкологической ситуации и роль отдельных компонентов в общем балансе радиоактивного загрязнения водных систем Восточно-Белорусской провинции. Данные по содержанию радионуклидов в воде и водной растительности позволяют оценить степень опасности этих составляющих в случае поступления в организм человека непосредственно либо опосредовано, по пищевым цепям. Полученные закономерности в распределении радионуклидов между компонентами изучаемых экосистем могут быть применимы для других систем лентического и лотического типов (озера, крупные пруды, реки), используемых для нужд населения.

Материалы и методы исследований. В процессе исследований использовали стандартные методики β -радиометрии, с применением полупроводниковой γ -спектрометрии, дозиметрии, радиохимического анализа с заключительным этапом β - и γ -спектрометрии. Для измерений использовали следующие приборы: β -радиометр РКБ-4-2еМ; β -радиометр КРВП-3АБ; многоканальный полупроводниковый γ -спектрометр с Ge (Li) детектором ДГДК-100В-3 и амплитудным анализатором фирмы AFORA- LP-4900 В; радиометры-дозиметры ДРГ-01Т.

Результаты и их обсуждение. Отмечено, что плотность загрязнения ^{137}Cs территории водосбора р.Сенна у д.Чудяны - более 40 Ки/км^2 , характер рельефа - долинный зандр Сожского оледенения. Средний максимальный годовой объем стока реки Сенна у д.Чудяны - $5,99 \text{ млн.м}^3$, среднегодовой расход воды - $4,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Средний годовой сток наносов (взвесей) - $0,19 \text{ тыс.тон}$, средний годовой расход наносов - $0,006 \text{ кг/с}$. Деревня Чудяны на р. Сенна расположена в 5 км от водохранилища .Малиновка. Водоохранилище Малиновка имеет следующие гидрологические характеристики: площадь водного зеркала водохранилища на отметке НПУ - $26,6 \text{ га}$, а на отметке УМО - $16,1 \text{ га}$. Емкость водохранилища на отметке НПУ -

373 тыс.м³. Максимальная ширина - 0,36 км, длина - 1,8 км. Средняя глубина - 2,0 м. Водохранилище локализовано на участке долины р. Сенна в ее среднем течении, расположенной в 400 м восточнее окраины д. Малиновка. Водохранилище было сдано в эксплуатацию в 1982г.

Водохранилище у д. Малиновка и р.Сенна по физико-гидрологическим показателям, особенностям географического расположения, являются типичными водными системами Восточно-Белорусской провинции и в связи с высокими показателями радиоактивного загрязнения компонентов ландшафта были выбраны в качестве объектов долгосрочного радиоэкологического мониторинга. Получены данные по распределению радионуклидов ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr в фитоценозах. В экосистеме водохранилища доминируют по биомассе следующие виды макрофитов - элодея канадская, рогоз широколистный, низшие водоросли семейств Cladophora, Oedogonium; в меньшем количестве представлены омежник водный, манник водный, частуха подорожниковая водная, хвощ приречный. Наибольшие значения удельных активностей ¹³⁷Cs за годы исследований наблюдали в 1991 году - от 2 110 Бк/кг у рогоза до 377 000 Бк/кг у элодеи канадской. Установлено, что в разные вегетационные сезоны для элодеи значения активностей ¹³⁷Cs составляют величины от 1 920 до 377 000 Бк/кг, а по ⁹⁰Sr - 29,5 - 721 Бк/кг; у рогоза - от 387 - до 15 113 Бк/кг ¹³⁷Cs и 32 - 500 Бк/кг ⁹⁰Sr; в пробах нитчатых водорослей - 932 - 70 300 Бк/кг ¹³⁷Cs и 22 - 214 Бк/кг ⁹⁰Sr. Средние значения удельных активностей водной растительности за 10-летний период исследований находятся в интервале значений 1 100 - 132 000 Бк/кг для ¹³⁷Cs и 67 - 355 Бк/кг для ⁹⁰Sr, причем устойчивого снижения средних значений активностей с годами не происходит, что, вероятно, связано с проточностью водохранилища, когда в разные годы и сезоны может привноситься различное количество радионуклидов с водами р.Сенна. Полученные значения коэффициентов накопления ¹³⁷Cs гидрофлоры находятся в диапазоне 6 790 - 294 900, в то время как значения Кн ⁹⁰Sr на 1-2 порядка меньше таковых ¹³⁷Cs и составляют величины от 321 до 965. Устойчивого снижения Кн ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr с годами не происходит; во все годы наблюдений значения Кн ¹³⁷Cs больше Кн ⁹⁰Sr (Кн ¹³⁷Cs/ Кн ⁹⁰Sr > 1). Установлено, что сезонность в развитии растений может влиять на распределение радионуклидов в разных частях водных растений таким образом: у рогоза максимум ¹³⁷Cs в вегетативных частях зафиксирован в июле, а в корневой системе - в мае, т.е. в начале вегетации; в корневой системе максимум ⁹⁰Sr зафиксирован в мае, а максимум содержания этого изотопа в вегетативной массе - в конце вегетации, в октябре. У элодеи канадской, имеющей наиболее продолжительный период вегетации, содержание ¹³⁷Cs последовательно увеличивается от мая к июлю, а затем - к октябрю; содержание ⁹⁰Sr увеличивается от мая к июлю, а затем снижается. Установлена пропорциональная зависимость содержания радионуклидов

^{137}Cs , ^{90}Sr от их макроаналогов, когда с увеличением концентраций макроаналогов в растении увеличивается и содержание радионуклидов.

Исследования показали, что при увеличении концентраций катионов Na^+ , K^+ (аналогов ^{137}Cs) в воде от июня-июля к октябрю содержание ^{137}Cs в элодее уменьшается, и при увеличении концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} (аналоги ^{90}Sr) в воде от июня-июля к октябрю содержание ^{90}Sr также уменьшается. Значения удельных активностей детрита находятся в интервале 1 970 - 114 700 Бк/кг, а элодеи канадской - 1 860 - 10 700 Бк/кг. Установлено, что ^{137}Cs содержится в среднем в 1,2 раз больше в детрите, чем в живом растении, а ^{90}Sr почти всегда больше в живой растительности по сравнению с детритом. Площадь зарастания водной растительности водохранилища не превышает 1 756 м² или 0,66% от площади поверхности водного зеркала; относительно небольшая площадь зарастания объясняется в первую очередь тем, что водохранилище Малиновка - молодая водная экосистема с возрастом в 15 лет и является проточной. Наибольшая площадь зарастания в водохранилище характерна для рогоза - от 319,2 до 1 088,72 м² и элодеи - 239,4 - 590,52 м², а также низших водорослей - до 234,5 м². Подсчитаны запасы радионуклидов в фитоценотической составляющей экосистемы водохранилища, которые составляют 112×10^3 - 8038×10^3 Бк по цезию-137 и 22×10^3 - 213×10^3 Бк по стронцию-90. Запасы цезия-137 в фитомассе в среднем превышают запасы стронция-90 на 1-2 порядка. Установлено, что вклад растительных гидробионтов в суммарную радиоактивность основных компонентов экосистемы водохранилища не превышает 0,023% по ^{137}Cs при среднем показателе 0,0047% и 0,014% по ^{90}Sr при среднем показателе 0,0052% в силу незначительного возраста водохранилища и небольшой площади зарастания водной растительности и, как следствие, небольших биомасс составляющих фитоценозы видов. Средние удельные активности Sr-90 водной растительности водохранилища в 2,25 раз больше таковой собственно реки, в то время как показатели по Cs-137 - практически одинаковы, что можно объяснить большим содержанием Sr-90 в экосистеме водохранилища, особенно в донных отложениях, по сравнению с цезием-137, а также тем, что формы стронция со временем становятся более подвижными, в то время как цезий становится более инертным.

Показано, что водохранилище Малиновка - молодая водная экосистема, в которой, по существу, еще только начинается становление растительных сообществ. Основной вклад в суммарную радиоактивность вносят донные отложения - более 90% по цезию-137 и 57-99% по стронцию-90. Возможно, со временем, по мере увеличения площадей зарастания и общей биомассы водной растительности, вклад этой составляющей в общую радиоактивность будет более весомым, при условии, что гидрологические

параметры и технические характеристики, а также радиоэкологические показатели водохранилища существенно не изменятся.

Что касается р.Сенна у д.Чудяны, то здесь в силу проточности радиоэкологическая ситуация может меняться значительно чаще по сравнению с водохранилищем и в большой степени зависит от климатических факторов, главным образом, от частоты и количеств атмосферных осадков, обуславливающих поступление радионуклидов с площадей водосборов.

ИНДУКЦИЯ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ В ЛИМФОЦИТАХ БОЛЬНЫХ ЭПИДЕРМОИДНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Чакова Н.Н.¹, Муравская Г.В.², Артемова Н.А.², Полонецкая С.Н.¹, Михалевич Л.С.¹

¹*НИИ генетики и цитологии НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь*

²*НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Александрова, г.Минск, Беларусь*

Введение. Среди ряда важных радиобиологических факторов, влияющих на ответ опухолей в процессе лучевой терапии, на первом месте находится их радиочувствительность, оценка которой у раковых пациентов позволит оптимизировать методы радиационной терапии, повысить ее эффективность, с одной стороны, и снизить вероятность отрицательных побочных эффектов, с другой.

Для оценки индивидуальной радиочувствительности широко используется изучение уровня индуцированных хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови (ЛПК) в условиях *in vitro* [1, 2].

Важным направлением исследований современной радиационной онкологии является разработка более быстрых и вместе с тем информативных методов, позволяющих вести прогнозирование радиочувствительности нормальных и опухолевых тканей онкологических больных.

В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение *in vivo* цитогенетических повреждений, индуцированных однократным терапевтическим облучением, в популяции лимфоцитов периферической крови (ЛПК) больных раком легкого (РЛ) и возможности использования этих данных для прогнозирования радиочувствительности опухоли.

Материалы и методы исследования. Нами были обследованы 20 курящих мужчин в возрасте 50-70 лет, страдающих эпидермоидным РЛ, после однократного облучения в дозе 4 Гр с известной степенью резорбции. В соответствии с принятой клинической классификацией радиочувствительности опухолей [3] все больные были разделены на три группы: 1 – больные с полной регрессией опухоли (7 человек); 2 - с резорбцией более 50% (10 человек); 3 – с резорбцией менее 50% (3 человека).

Оценка мутационного процесса в ЛПК больных производилась до и после облучения с использованием модифицированного нами интерфаз-

ного метода *in vivo* [4, 5]. Подсчет общего количества лимфоцитов и микроядерных клеток (МЯК) осуществлялся в соответствии со стандартными критериями. Проводилось сравнение данных, полученных до и после однократного облучения у одних и тех же больных внутри и между выделенными группами.

Статистическую обработку материала проводили с использованием стандартного пакета программ Excel.

Результаты и их обсуждение. На основании индивидуальных цитогенетических показателей ЛПК больных РЛ в таблице представлены среднегрупповые данные уровня мутационного процесса до и после однократного терапевтического облучения для каждой из обследованных групп.

Таблица.

Результаты цитогенетического анализа ЛПК больных РЛ до и после однократного облучения в процессе радиотерапии.

Степень резорбции опухоли	До облучения		После облучения	
	Кол-во просмотр. клеток	Клетки с МЯ $x \pm Sx$	Кол-во просмотр. клеток	Клетки с МЯ $x \pm Sx$
100%	2027	0,30±0,12	1206	0,91±0,29* **
Больше 50%	4523	0,35±0,11	2971	0,57±0,14
Меньше 50%	1357	0,07±0,05	895	0,34±0,19

Примечание: * - Достоверная разница с параметрами до облучения ($p < 0,05$).

** - Достоверная разница между радиочувствительной и радиорезистентной группами ($p < 0,05$).

Цитогенетический анализ показал, что во всех трех группах обследуемых среднегрупповой уровень индуцированных облучением МЯ превышал в 2-3 раза условно спонтанный и был достоверно выше у больных с полной резорбцией опухоли. Причем количество МЯ после облучения в этой группе было в 1,6 раз выше (0,91±0,29%), чем во 2 (0,57±0,14%) и в 2,7 раза достоверно выше, чем в 3 (0,34±0,19%).

Проведение цитогенетических исследований на клиническом материале больных эпидермоидным РЛ со строго верифицированными результатами лечения позволило получить данные, характеризующие различную степень резорбции. Несмотря на внутригрупповую вариабельность исследуемого признака, нами обнаружена следующая закономерность, наблюдаемая как в случае использования относительно спонтанного (статья в печати), так и индуцированного первым облучением уровня мутационного процесса в ЛПК: чем выше значение анализируемых показателей, тем чувствительнее опухоль в ответ на лучевую терапию. Это в целом согласуется с данными других авторов (Scott D. et al., 1999; Coco Martin J.M. et al., 1999). Наиболее точный прогноз возможен для больных с полной резорбцией опухоли.

Таким образом, цитогенетический анализ уровня индуцированных однократным облучением хромосомных aberrаций в ЛПК раковых больных может быть перспективным для ранней характеристики радиочувствительности клеток опухоли при достаточном количестве анализируемого материала. Относительная методическая простота исследований, которые могут быть организованы на базе гематологических лабораторий, их достаточная информативная чувствительность, возможность автоматизированного анализа позволяют надеяться на их широкое использование в клинической практике.

Литература.

1. Coco Martin J.M., Mooren E., Ottenheim C., Burrili W., Nunez M.I., Sprong D., Bartelink H., Begg A.C. // Int. J. Radiat. Biol. – 1999. – Vol. 75, N. 9. P. 1161-1168.
2. Scott D., Barber J.B.P., Spreadborough A.R., Burrill W., Roberts S.A. // Int. J. Radiat. Biol. – 1999. – Vol. 75, N. 1. – P. 1-10.
3. Муравская Г.В., Минайло И.И. и др. // Медицинская радиология. – 1998. – Vol. 43, N. 5. – P. 30-35.
4. Fenech M., Perepetskaya G.A., Mikhalevich L. // Environmental and Molecular Mutagenesis. – 1997. – Vol. 30, N. 2. – P. 112-118.
5. Mikhalevich L.S., Zwart F.A. De, Perepetskaya G.A., Chebotareva N.V. et al. // Int. J. Radiat. Biol. – 2000. – Vol. 76, N. 10. – P. 1377 – 1385.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ НА ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ В ПОЧВЕННЫЕ РАСТВОРЫ

Черевко Е.С., Данилович А.С.

Научно-исследовательская лаборатория радиохимии Белгосуниверситета

Введение. С точки зрения оценки миграционной способности радионуклидов в почвенном профиле и их биологической доступности при переходе из почвы в растения особого внимания заслуживает информация о распределении радионуклидов между твердой фазой и поровыми водами почвы. Почвенные поровые растворы играют важную роль в жизнедеятельности растений. Через свою корневую систему растения накапливают элементы минерального питания, а вместе с ними и радионуклиды, присутствующие в почвенном растворе. Степень увлажнения почв является одним из главных факторов, определяющих поступление радионуклидов в почвенные растворы и далее в растения. Данная работа посвящена изучению влияния влажности почв на распределения радионуклидов между твердой фазой и поровыми водами почв. Проанализировано межфазное

распределение долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах с различной структурой сорбционного комплекса при содержании почвенной влаги в интервале от 60 до 100 % от полной почвенной влагоемкости (ПВ).

Выбор исследуемого интервала степени увлажнения почв связан с особенностями климата Беларуси. Территория республики расположена в умеренно теплой и влажной климатической зоне, для которой характерно значительное количество атмосферных осадков (600-650 мм/год) и продолжительные дождливые периоды [1]. Верхняя граница содержания почвенной влаги (100 % от ПВ) соответствует предельной степени водонасыщения, при которой твердая фаза почвы удерживает максимально возможное количество воды, нижняя (60 % от ПВ) — условиям увлажнения, оптимальным для развития растений.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили образцы минеральной и органической почв, отобранные на территории контрольных участков, расположенных в Хойникском районе Гомельской области на расстоянии 20 км от ЧАЭС. Проанализировано поведение радионуклидов в дерново-подзолистой рыхлой песчаной почве (ДП) верхнего участка дюны эолового происхождения, расположенной в пределах поймы реки Припять, и в торфяной почве (Т) мелиорированного заболоченного участка, который находится в пределах надпойменной террасы вдали от мелиоративных каналов. Подвижность радионуклида при перераспределении в системе «твердая фаза почвы — почвенный раствор» оценивали по величине условного коэффициента межфазного распределения K_d (отношение удельной активности анализируемой почвенной фазы к удельной активности почвенного раствора). При этом, чем выше K_d , тем ниже подвижность радионуклида в рассматриваемой системе.

Почвенные растворы извлекали из искусственно водонасыщенных образцов почв с помощью высокоскоростного центрифугирования (установка SIGMA-4-10) в соответствии с ранее описанной методикой [2]. За время насыщения устанавливалось равновесие между твердой фазой и раствором и не происходило существенного изменения в соотношении катионообменных и фиксированных форм радионуклидов (в частности, ^{137}Cs практически не мигрировал в межслоевое пространство глинистых минералов) [3]. Эксперимент с водонасыщением почв и получением почвенных растворов осуществляли двукратно. Образцы почв и почвенных поровых растворов анализировали на содержание радионуклидов: ^{137}Cs — гамма-спектрометрически (гамма-спектрометрическая установка ADCAM-300), ^{90}Sr — методами радиохимического анализа с идентификацией дочернего ^{90}Y бетта-радиометром КРК-1-01А [2]. Нижние пределы идентификации радионуклидов: ^{137}Cs — 0,5, ^{90}Sr — 0,1 Бк/проба. Относительные ошибки определения радионуклидов в большинстве исследованных образцов составляли 3-10 % по ^{137}Cs и 5-15 % по ^{90}Sr . Агрохимические свойства

почвенных образцов установлены по принятым в почвоведении стандартным методикам.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что при увеличении влажности минеральной и органической почв доли ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвенных поровых водах относительно содержания каждого радионуклида в почве существенно не меняются. И в той, и в другой почве, независимо от ее влажности, доля ^{90}Sr в составе почвенного раствора (0.6-3.5 % относительно общего содержания радионуклида в почве) намного превышает соответствующую долю ^{137}Cs (0.01-0.06 %). При степени увлажнения от 60 до 100 % от ПВ в поровых водах торфяной почвы наблюдается более высокое относительное содержание ^{137}Cs (0.03-0.06 %) и ^{90}Sr (1.9-3.5 %) по сравнению с поровыми водами песчаной почвы (0.01-0.02 % для ^{137}Cs и 0.6-0.8 % для ^{90}Sr).

Сравнительно высокое относительное содержание ^{137}Cs в поровых водах торфяной почвы может быть связано с ее значительной влагоемкостью, а также с более высоким содержанием в структуре почвенного комплекса подвижных (способных переходить в водную фазу) форм химического аналога радионуклида — калия (16.2 мг-экв/кг) по сравнению с минеральной почвой (0.06 мг-экв/кг). В анализируемых образцах почв поведение ^{137}Cs в основном определяют катионы калия, конкурирующие за места селективной сорбции радиоактивного цезия (расширенные области межпакетных пространств по краям слоистых структур глинистых минералов) [3]. Концентрация в почвах подвижных катионов аммония, которые также могут конкурировать с цезием за места селективной сорбции, более чем на два порядка ниже.

По сравнению с ^{137}Cs сорбция ^{90}Sr твердой фазой почв по механизму ионного обмена осуществляется неселективно. Повышенное относительное содержание радионуклида в поровых водах торфяной почвы, кроме влагоемкости почвы, по-видимому, связано с более высокой ионной силой почвенного раствора, в частности, с более значительным содержанием в них катионов химических аналогов стронция: Ca^{2+} и Mg^{2+} . Переходу радиоактивного стронция в раствор способствует и высокое содержание в водной фазе органических компонентов (до 2030 мг/л), среди которых преобладают фульвокислотные составляющие почвенного гумуса с молекулярной массой 600-800 и 2000 [4], которые образуют подвижные комплексные соединения со стронцием.

В результате проведенных исследований установлено, что в песчаной почве удельные активности поровых вод по ^{137}Cs и ^{90}Sr убывают соответственно увеличению содержания почвенной влаги, в торфяной почве снижение удельной активности почвенного раствора происходит более интенсивно, чем увеличение содержания поровых вод. Характер изменения коэффициентов межфазного распределения радионуклидов свидетельствует о снижении подвижности ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе «твердая фаза почвы —

почвенный раствор» при увеличении влажности почв, что может быть связано с особенностями механизма массообмена на границе раздела «твердая фаза — раствор». По-видимому, поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвенные растворы осуществляется, главным образом, по механизму ионного обмена, аналогично катионам элементов-аналогов, конкурирующим за места обменной сорбции радионуклидов. С увеличением степени увлажнения почв отмечается уменьшение концентрации калия в почвенных растворах, а в случае торфяной почвы, кроме того, наблюдается снижение концентрации кальция и магния, что, несомненно, способствует уменьшению поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в соответствующие растворы.

Полученные данные относятся к области водонасыщения почв 60-100 % от ПВ [5]. Отметим, что при влажности ниже 60 % от ПВ вода, содержащаяся в почве, очень тесно связана с твердой почвенной фазой и, как правило, не доступна растениям.

Таким образом, установлен характер изменения подвижности ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе «твердая фаза — почвенный раствор» при изменении влажности почв, что позволяет оценивать целесообразность реабилитационных мер, связанных с проведением мелиоративных мероприятий на основе регулирования сорбционной емкости почв и непосредственно связанной с ней почвенной влагоемкости.

Литература.

1. Почвы Белорусской ССР. // Под ред. Кулаковской Т.Н. и др. Мн.: Ураджай, 1974. – 328 с.
2. Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Кильчицкая С.Л. и др. // Доклады НАН Беларуси – 1999. – Вып. 43, № 2. – С. 103 - 109.
3. Овсянникова С.В., Соколик Г.А., Эйсмонт Е.А. и др. // Изв. НАН Беларуси. Серия хим. наук. – 1999. – № 3. – С. 119 – 122.
4. Sokolik G., Ovsiannikova S., Kimlenko I. // Abstracts of Int. congress on the radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments. Aix-en-Provence, France. – 2001. – P. 33.
5. Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Кильчицкая С.Л. и др. // Доклады НАН Беларуси – 1999. – Вып. 43, № 4. – С. 87 - 91.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЗУБНЫХ ЗАЧАТКОВ КРЫС МАЛЫМИ ДОЗАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

Чешко Н.Н.

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Введение. До настоящего времени спорным и недостаточно изученным остается вопрос о характере действия малых доз ионизирующей радиации (МДИР) на биологические объекты. Эта проблема особенно актуальна для нашей республики, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС. Сообщений о влиянии МДИР на течение одонтогенеза в литературе мы не нашли. Хотя бы частично восполнить этот пробел – задача нашего исследования, с обращением внимания на избирательность поражения структур зубных зачатков у одного и того же животного.

Материалы и методы исследований. Эксперименты были поставлены на белых беспородных крысах–самках стадного разведения в возрасте 4 мес и массой 160 ± 10 г. Облучение крыс проводили в Институте радиобиологии НАН Беларуси на установке «Гаммарид – 192/120» с мощностью экспозиционной дозы 110 мР/ч с 1-х суток беременности до забора материала на 16, 18–е сутки. Поглощенная доза для 16–суточных плодов составила 0,38 Гр, 18–суточных – 0,42 Гр.

Материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, заливали в парафин по общепринятой методике. Сагиттальные «серийно--выборочные» срезы [3] окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван-Гизону, нуклеиновые кислоты выявляли галлоцианином по методу Эйнарсона, эластические волокна - по Харту, аргирофильные – по Бильшовскому в модификации Г.А. Берлова [1]. Пролиферативную активность определяли по методике И.А. Казанцевой [2]. С помощью системы анализа изображений «Bioscan – АТ» на гистологических препаратах выполняли измерения основных структур зачатков зубов.

Результаты и их обсуждение. Уже на ранних этапах эмбрионального развития под действием МДИР в эксперименте в зубных зачатках крыс при светооптическом и морфометрическом исследованиях был выявлен ряд изменений. Так, некоторые зубные почки вместо врастания в подлежащую мезенхиму прорастали в ротовую полость. Однако рядом с инвертированными зубными почками находились структуры, сохранявшие свой нормальный рост. В местах отсутствия зубных почек клетки мезенхимы на отдельных участках прорастали зубную пластинку и проникали в полость рта. Лишенные нормального тканевого окружения они атрофировались и исчезали, вероятно, путем апоптоза, на более поздних этапах одонтогенеза.

Почему происходит избирательное, очаговое поражение одних и тех же структур у одного и того же животного, остается неясным. В поисках мор-

фологически заметных отличий в растущем клеточном пласте, которые можно было бы считать центрами регуляции, дифференцировки и координации клеточного движения, мы обратили внимание на «концентрические структуры», описанные нами ранее [4], упоминание о которых отсутствует в литературе.

Интересно, что в эксперименте у 16-суточных плодов эти «концентрические структуры» не выявлялись на фоне резкого неравномерного истончения зубной пластинки, иногда до одного слоя уплощенных несколько атрофичных эпителиальных клеток. Количество слоев в ней в 2,67 раза было меньше таковых в контроле : $2,00 \pm 0,23$ и $5,33 \pm 0,42$ соответственно ($p < 0,001$). Подобно зубной пластинке площадь эмалевого органа у подопытных животных была в 2,79 раза меньше аналогичного показателя в контроле: $(1,44 \pm 0,10) \times 10^4$ и $(4,02 \pm 0,66) \times 10^4$ мкм² ($p < 0,001$). Оказалось меньшим в 1,61 раза количество клеточных слоев в эмалевом эпителии: в опыте $2,30 \pm 0,18$ и $3,70 \pm 0,39$ в контроле ($p < 0,01$). Толщина внутреннего эмалевого эпителия у подопытных и контрольных крыс составила соответственно $24,99 \pm 1,51$ и $46,17 \pm 3,84$ мкм ($p < 0,001$), разница в 1,85 раза. Толщина наружного эмалевого эпителия была в 1,84 раза меньше у экспериментальных животных по сравнению с контрольными: $25,26 \pm 1,56$ и $46,44 \pm 4,80$ мкм ($p < 0,001$).

В опыте резко падала митотическая активность клеточных элементов, участвующих в одонтогенезе. Так, митотический индекс в клетках внутреннего эмалевого эпителия снизился в опыте в 2,34 раза: с $20,88 \pm 1,69$ до $8,91 \pm 2,96\%$ ($p < 0,05$). Еще сильнее митотическая активность уменьшилась в клетках пульпы эмалевого органа, а именно в 3,78 раза: с $41,09 \pm 0,94$ до $10,88 \pm 0,99\%$ ($p < 0,001$), и в 5,05 раза – в клетках зубного сосочка: с $15,10 \pm 0,65$ до $2,99 \pm 0\%$ ($p < 0,001$).

Не приводя абсолютных цифр, можно заключить, что аналогичные изменения наблюдались в зубных зачатках и на более позднем этапе развития одонтогенеза у 18-суточных плодов. Под действием МДИР у них также значительно снижалась пролиферативная активность клеток зубных зачатков. С этим, вероятно, была связана задержка их на более ранних стадиях одонтогенеза, уменьшение размеров, количества клеточных слоев, изменение формы вплоть до появления уродливого вида зачатков зубов, исчезновение «концентрических структур». В этой серии экспериментов были обнаружены такие изменения, которые нельзя объяснить только снижением пролиферативной активности: отек, вакуолизация клеток, изменение взаимоотношений между эпителиальной и мезенхимной частями зубов, «агрессивное» поведение клеток мезенхимы, частично разрушавших базальную мембрану и прораставших в пульпу эмалевого органа.

Таким образом, под действием МДИР наиболее резкие изменения в эксперименте у крыс проявлялись на ранних стадиях одонтогенеза. Максимально избирательно повреждались клетки в премитотическом периоде.

Это приводило к снижению митотической активности клеток зубных зачатков. Подавлялись и исчезали вероятные центры регуляции дифференцировки и клеточного движения в тканевых слоях, в виде так называемых «концентрических структур». Это приводило к структурным изменениям зубных зачатков, которые не могли отрицательно не сказаться на состоянии зубов в постнатальном периоде. Значительный теоретический и практический интерес представляет изучение причин избирательного повреждающего действия МДИР и возникающих при этом репаративных процессов, но это задача отдельного исследования.

Литература.

1. Берлов Г.А. // Архив патологии. – 1956. - Т.18, № 2. – С.124-125.
2. Казанцева И.А. Патология митоза в опухолях человека. – Новосибирск, 1981. – 144 с.
3. Чешко Н.Н. // Здоровоохр. Беларуси. – 1993. – № 1. – С.35-36.
4. Чешко Н.Н. // Современн. стоматология. – 2000. – № 3. – С.14-16.

ОБ ЭФФЕКТАХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ПРИ РЕГУЛИРУЕМОМ РЕЖИМЕ ПИТАНИЯ

Шабалева М.А, Старовойтова Т.В.
Институт леса НАН Беларуси, г.Гомель

Введение. Разработка методов снижения накопления ^{137}Cs древесными растениями требует изучения эдафических факторов, воздействие на которые оказывает максимальное влияние на потребление данного радионуклида. В частности, на минеральных почвах наиболее эффективной в данном отношении является регуляция питательного режима посредством внесения в почву различных макроэлементов [1]. В этой связи особый интерес представляет изучение возможных механизмов данного воздействия, что в дальнейшем будет способствовать выбору оптимальных доз и сочетаний макроэлементов, даст возможность прогнозировать их влияние на поступление радионуклидов в растения. Из сельскохозяйственной и лесной радиоэкологии известно два наиболее значимых эффекта, сопровождающих снижение накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями при внесении в почву удобрений – эффект «антагонизма» и «разбавления». Первый связан с конкурентными взаимоотношениями радионуклидов и их макроэлементов-аналогов (для ^{137}Cs это калий, для ^{90}Sr – кальций) на разных стадиях потребления растениями. Второй обусловлен непосредственным разбавлением радионуклида в возросшей фитомассе за счет неадекватного изменения темпов ее прироста и накопления ^{137}Cs растениями [2, 3]. Целью настоя-

щей работы являлось изучение проявления указанных эффектов при использовании различных доз и сочетаний макроэлементов в условиях вегетационного опыта.

Материалы и методы исследований. Исследования осуществлялись на специально созданной в Институте леса вегетационной установке в строго регулируемых условиях водного и питательного режимов. Сосуды вегетационной установки заполнялись почвенными монолитами непосредственно в радиоактивно загрязненном насаждении при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 1,5-2,5 кБк/м². Почва – дерново-подзолистая, слабоподзоленная, развивающаяся на песке связном, подстилаемом с глубины 40 см песком рыхлым.

В каждый из сосудов, являющихся повторностями вариантов опытов, вносились определенные дозы и сочетания макроэлементов и высаживалось по 11 сеянцев сосны обыкновенной, выращенных в «чистых» районах Витебской области. Ростовые характеристики испытуемых растений и их радиационные показатели измерялись в первой декаде сентября, то есть в конце вегетационного периода. Продолжительность вегетационного опыта - 2 года.

Результаты и их обсуждение. Изучение воздействия различных сочетаний макроэлементов на снижение накопления ^{137}Cs саженцами сосны показало, что наиболее значимым влиянием характеризуется внесение калийного удобрения с максимальной дозой K_2O 300 и 600 кг/га по д.в. (таблица). При этом в первом варианте имело место снижение фитомассы саженцев сосны, а во втором – ее увеличение. Однако прирост фитомассы при внесении максимальной дозы калия не следует признавать значимым, так как сохранность растений в данном случае оказалась весьма низкой. Подобное явление, очевидно, связано с угнетением жизнедеятельности растений в связи с «разбалансированием» соотношения основных элементов питания в хвое за счет избыточного содержания в ней калия.

Вероятно, в рассмотренных случаях наблюдается проявление эффекта «антагонизма», связанного с конкурентными взаимоотношениями ^{137}Cs и его макроэлемента-аналога - калия. Следует отметить, что степень антагонистического воздействия калия определяется дозой вносимого макроэлемента, так как коэффициент накопления ^{137}Cs в хвое саженцев сосны обратно пропорционален дозе калия с коэффициентом корреляции, равным $-0,79$. Однако наиболее значимым параметром, определяющим поступление радиоцезия в растения сосны, является содержание обменного калия в почве. В данном случае отмечена достоверная корреляционная связь между содержанием K_2O в почве и коэффициентом накопления ^{137}Cs (коэффициент корреляции составляет $-0,93$).

Таблица

Изменение коэффициентов накопления ^{137}Cs (КН) в компонентах фитомассы растений сосны под влиянием макроэлементов (в % от контроля)

№	Вариант опыта	Доза, кг/га	Фитомасса, г		КН			Сохранность растений
			Общая	Одного растения	хвоя <u>1999</u> 2000	ство- лики	кор- ни	
1	N K ₂ O	50	55,5	67,9	<u>61,3</u>	34,2	34,4	82,09
		50			37,4 ¹			
2	K ₂ O Доломитовая мука	100	48,8	69,2	<u>2,4</u>	21,4	35,7	70,15
		5000			23,3 ¹			
3	N P ₂ O ₅ K ₂ O	150	128,8	131,8	<u>6,4</u>	17,0 ¹	33,8 ¹	97,01
		150			23,4 ¹			
		150						
4	N P ₂ O ₅ K ₂ O Доломитовая мука	150	55,9	144,7	<u>3,4</u>	7,5 ²	9,7 ¹	38,81
		150			9,2 ¹			
		150						
		5000						
5	N P ₂ O ₅ K ₂ O	300	51,6	151,5	<u>11,9</u>	4,0	14,1	34,33
		300			6,9 ¹			
		300						
6	K ₂ O	300	65,0	77,3	<u>2</u>	4,3 ²	18,5 ²	83,58
					5,2 ¹			
7	K ₂ O	600	12,8	141,1	<u>0,4</u>	1,5 ²	5,8 ¹	8,96
					1,6			

¹ – разница между вариантом и контролем достоверна при уровне значимости 95% и более;

² – результат достоверен при уровне значимости 91-94%

В результате проведенного эксперимента установлено также, что внесение полного минерального удобрения обеспечивает менее выраженное, по сравнению с действием калия, снижение накопления ^{137}Cs саженцами сосны, однако здесь наблюдается весьма существенное увеличение их фитомассы. Наиболее вероятно, что в данном случае наряду с «антагонистическим» действием калия проявляется и влияние «разбавления» радионуклида, которое обеспечивается приростом фитомассы за счет обеспечения оптимального питательного режима растений. Кроме того, установлено, что максимальная доза NPK (300 кг/га по д.в.) привела к снижению накопления ^{137}Cs на второй год исследований, по сравнению с первым, что также может являться дополнительным подтверждением дейст-

вия эффекта «разбавления», которое в данном варианте опыта проявляется с течением времени.

Таким образом, наиболее действенным фактором, обуславливающим снижение накопления ^{137}Cs древесными растениями в строго регулируемых условиях водного и питательного режима, является внесение калий-содержащих удобрений за счет «антагонистического» взаимодействия ^{137}Cs и его макроэлемента-аналога. При внесении полного минерального удобрения снижение поступления радиоцезия в растения сосны оказывается менее значимым, однако оно происходит на фоне существенного роста фитомассы, что дает основание предположить о преобладающем влиянии эффекта «разбавления» в данном случае. В целом, как правило, имеет место совместное воздействие этих двух эффектов, однако на основании данных о биометрических и радиометрических показателях исследуемых растений можно предположительно судить о преобладающем влиянии одного из них.

Литература.

1. Ипатьев В.А., Булавик И.М., Багинский В.Ф. Лес и Чернобыль. (Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС 1986-1994г.г) // Под ред. Ипатьева В.А. – Мн.: МНПП «Стенер». 1994. – С. 178-204.
2. Алексахин Р.М., Васильева А.В., Дикарев В.Г. и др. Сельскохозяйственная радиоэкология.- М.: Экология, 1991. – 396 с.
3. Ипатьев В.А., Булко Н.И. //Докл. НАН Беларуси, т.44, №2, с.66-68.

СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И СИСТЕМ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПРОПИЛТИОУРАЦИЛОВОМ ГИПОТИРЕОЗЕ

Шиманская Д.А., Урбан А.С., Романовский И.В.
БГМУ, кафедра биоорганической химии, Минск

Введение. Постоянное образование прооксидантов в живых организмах уравновешено их дезактивацией антиоксидантами (АО), поэтому для поддержания гомеостаза необходима непрерывная регенерация антиоксидантной способности. Отсутствие или сбой этой непрерывности приводят к возникновению и накоплению окислительных повреждений. Избыток или дефицит тиреоидных гормонов в организме сказывается на активности многих ферментных систем крови, в том числе и антиоксидантой.

Для Республики Беларусь, особенно в постчернобыльский период все большую значимость приобретают заболевания щитовидной железы, в частности гипотиреоз, характеризующийся длительным и выраженным дефицитом тиреоидных гормонов. Распространенность врожденного гипо-

тиреоза в Республике Беларусь составляет 4,6 случаев на 100 тыс. населения, приобретенного-128,9 на 100 тыс. населения [2]. В связи с этим, разработка и усовершенствование экспериментальных методов моделирования гипотиреоза и использование их для скрининга фармакологических препаратов с целью компенсации гипотиреоидных состояний и коррекции антиоксидантного статуса организма является важной проблемой.

Материалы и методы исследований. В нашем исследовании была апробирована и охарактеризована модель экспериментального пропилтиоурацилового гипотиреоза. В основу разрабатываемой модели экспериментального гипотиреоза положены исследования Taurog и Dorris, которые вызывали гипотиреоз внутрибрюшинным введением раствора пропилтиоурацила (ПТУ), меченого по S^{35} [0]. Эксперименты выполнены на 45 беспородных крысах-самцах массой от 160 до 210 г. У опытных животных (24 крысы) вызывали пропилтиоурациловый гипотиреоз путем приема 0,02% водного раствора ПТУ (производство Sigma, Германия) при свободном доступе к воде в течение 21 дня. По ориентировочным расчетам каждая особь получала примерно 0,74 мг ПТУ/100 г массы тела в сутки. Животных выводили из эксперимента под тиопенталовым наркозом путем забора крови из сонной артерии. Кровь и органы для исследования брали на 4-, 7-, 14-, 21-е сутки. В сыворотке крови определяли содержание гормонов щитовидной железы - общий тироксин (T_4), общий трийодтиронин (T_3), а также тиреотропный гормон гипофиза (ТТГ) методом РИА, при помощи тест-систем ИБОХ (Беларусь). Антиоксидантный статус (АОС) оценивали по специализированным системам ферментативных АО, к которым относятся супероксиддисмутаза (СОД), катализирующая реакцию дисмутации O_2^{\bullet} в H_2O_2 , каталаза, разлагающая H_2O_2 , глутатионпероксидаза (ГП), регулирующая уровень перекисей липидов, глутатион. Также измеряли содержание конечного продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ) - малоновый диальдегид (МДА). Экскрецию йода с мочой определяли экстракционно-фотометрическим методом на 20 сутки после водной нагрузки, составляющей 2,5% от массы тела. В динамике определяли массу тела и органов. Аналитические исследования результатов провели с помощью методов вариационной статистики с использованием ПЭВМ («EXEL», «STATISTIKA for Windows 5»).

Результаты и их обсуждение. Начиная с 7-х суток, у опытных животных наблюдалось развитие выраженного гипотиреоза. Кроме субъективных симптомов диагноз гипотиреоза подтверждался прогрессирующим увеличением весовых коэффициентов щитовидной железы, достигая максимума в 3,6 раза к 21 дню по сравнению с контролем, снижением уровней гормонов щитовидной железы (T_3 , T_4) в сыворотке крови и одновременным нарастанием в ней уровней ТТГ. Так, на 4-е сутки уровень T_4 составил 79%, T_3 -80%, ТТГ-112% от контроля, принятого за 100%. На 7-е сутки уровень T_4 равнялся 38%, T_3 -10%, ТТГ-89%. К 14-м суткам уровень T_4 со-

ставлял 44%, T_3 -7%, ТТГ-161% . И, наконец, к 21-му T_3 практически не определялся, уровень T_4 составил 9%, а уровень ТТГ достиг максимального значения 222% от контроля. Индекс компенсации T_4/T_3 , отражающий механизм биосинтеза T_3 в контроле составил 24,3, а опытной группе на 7 сутки был 7,42, к 14 дню равнялся 6,19 и к 21 суткам уменьшился почти в 12 раз по сравнению с контролем. Снижение индекса T_4/T_3 свидетельствует о переходе на внутритиреоидную продукцию T_3 или усиление периферического дейодирования T_4 .

Согласно данным литературы [1] ингибирование образования тиреоидных гормонов под влиянием ПТУ осуществляется на разных этапах их биосинтеза: 1) главным образом на этапе органификации йода - блокадой его включения в тирозильные остатки тиреоглобулина и 2) торможением реакции конъюгации моно - и дийодтирозинов, ведущей к образованию йодтиронинов в составе тиреоглобулина. Действительно при изучении на 20-е сутки экскреции йода с мочой у экспериментальных животных после водной нагрузки оказалось, что в контрольной группе она составляла $14,09 \pm 7,93$ мкг йода/100 г массы тела, а у опытных животных - $39,695 \pm 12,1$ мкг йода/100 г массы тела, т.е. увеличена в 2,8 раза.

Некоторые авторы приводят данные об увеличении скорости ПОЛ в гомогенатах тканей, митохондриях печени, фрагментах саркоплазматического ретикулума скелетных мышц гипертиреоидных животных. В свою очередь снижение уровня тиреоидных гормонов в организме приводит к замедлению скорости ПОЛ в митохондриях печени [3]. В нашем исследовании отмечено снижение содержания МДА в эритроцитах крови белых крыс: в контроле уровень МДА составил $1,57 \pm 0,19$ мкмоль/мг Нв, а к концу 3-ей недели $1,01 \pm 0,05$ ($p < 0,01$). Выявлено падение активности СОД в эритроцитах крови с $14,1 \pm 0,48$ Ед/мг Нв в контроле до $12,8 \pm 0,68$ в опытной группе к 21 дню эксперимента. Также наблюдалось уменьшение активности каталазы: контрольная группа $388,2 \pm 33,6$ мкМ H_2O_2 /мг Нв•мин, опыт- $357,6 \pm 15,8$ на 21 сутки. Содержание глутатиона в эритроцитах и гомогенатах печени и селезенки было повышено по сравнению с контролем. Так уровень глутатиона в селезенке на 4-е сутки у опытной группы был в 2,1 раза выше, чем в контрольной группе, на 7-е сутки - в 2,6 раза больше ($p < 0,02$). Активность ГП в эритроцитарной массе и гомогенатах органов снизилась незначительно. Между уровнем гормонов щитовидной железы и содержанием ферментов антиоксидантной защиты выявлена корреляционная связь. Так, между уровнем тироксина и активностью каталазы, глутатиона крови, ГП селезенки существует прямая статистически достоверная корреляционная связь ($R=0,98$, $p < 0,01$) на 14 сутки эксперимента. Между уровнем T_4 и содержанием глутатиона селезенки и ГП эритроцитов выявлена непрямая корреляционная связь на 14 и 21 сутки.

Таким образом, приём 0,02% водного раствора ПТУ при свободном доступе к воде является простым в исполнении, эффективным и хорошо воспроизводимым методом моделирования экспериментального гипотиреоза. Состояние гипофункции щитовидной железы развивается уже на 4-е сутки и к 21 дню достигает почти 100% супрессии. Снижение почти в 4 раза индекса компенсации T_4/T_3 на 14-е сутки и увеличение на 61% в это же время уровня ТТГ в сыворотке крови можно рассматривать как среднюю степень тяжести гипотиреоза. Уменьшение же индекса T_4/T_3 до 2,04 (почти в 12 раз) к 21 дню эксперимента и наблюдаемое в этот срок увеличение уровня ТТГ в крови на 121% может быть расценено как тяжелая степень гипотиреоза. Развитие экспериментального гипотиреоза сопровождалось снижением уровня МДА в эритроцитарной массе опытных крыс, а также уменьшением активности СОД, каталазы и уровня восстановленного глутатиона в эритроцитах и супернатантах печени и селезенки. Выявлена корреляционная связь между уровнем тиреоидных гормонов в крови и состоянием процессов ПОЛ и активностью систем антиоксидантной защиты.

Литература.

1. Бертрам Г. Катцунг Базисная и клиническая фармакология: в 2-х т. / Пер. с англ. - М. – Спб.: Бином - Невский Диалект, 1998. – 608 с. т. 2
2. Здоровоохранение республики Беларусь: Официальный статистический сборник. - Минск БелЦНМИ МЗ РБ, 2001. -386 с.: табл., ил.
3. Марзоев А.И., Козлов А.В., Владимиров Ю.А. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1982. - № 3. - С. 40-43.
4. Taurog A., Dorris M.L. // J.Endocrinology. - 1989. - Vol. 124, № 6. - P. 3038-42.

МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ГИПОКОРТИЦИЗМА И ОБЛУЧЕНИЯ γ -КВАНТАМИ CS^{137} В ДОЗЕ 1,0 ГР НА СОСТОЯНИЕ МИКРОСОСУДИСТОГО РУСЛА БРЫЖЕЙКИ КРЫС

Шкадинский Д.В.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Минск

Как известно, сосудистые нарушения принято рассматривать в качестве ведущего фактора определяющего развитие многих патологических эффектов в облученном организме. Общий характер и степень сосудистых патологий зависят от дозы облучения и вида ионизирующего излучения, однако выраженность реакций различна для разных элементов сосудов [1].

Помимо прямого действия радиации существенный вклад в формирование различных ее эффектов в организме вносят нейроэндокринные на-

рушения, значительное воздействие которых испытывают на себе система гемостаза и микроциркуляторное сосудистое звено.

Существенная роль в регуляции обмена веществ в организме принадлежит глюкокортикоидам. Последние повышают концентрацию глюкозы в крови, увеличивают распад белка и тормозят его синтез. Глюкокортикоиды совместно с другими вазоактивными гормонами принимают участие в поддержании нормального артериального давления, способны усиливать диурез и угнетать все компоненты воспалительной реакции, включая уменьшение проницаемости капилляров [2].

В литературе имеется ограниченное количество сведений о влиянии состояния коры надпочечников (НП) и продуцируемых ею гормонов на сосудистый тонус. Как правило, они получены в условиях различных экспериментальных моделей, либо составлены на основе клинических данных и не всегда позволяют однозначно трактовать картину происходящих изменений. Учитывая выше сказанное, цель данного исследования заключалась в изучении отдельного и сочетанного воздействия острого γ -облучения в дозе 1,0 Гр и кортикостерона на микроциркуляцию брыжейки крыс.

Материалы и методы исследований: Исследования выполнены на белых крысах-самках половозрелого возраста. Животные в течение 3 суток получали кортикостерон (10 мг/кг в сутки), затем были подвергнуты острому облучению γ -квантами в дозе 1,0 Гр, после чего введение кортикостерона продолжалось. Эксперименты проводились на 10-е сутки пострадиационного периода и соответственно на 13-й день от начала введения кортикостерона. Для оценки состояния α -адренергического звена регуляции микрососудистого русла использовался специфический агонист мезатон в концентрации 0,025 и 0,05 мкг/кг. Аденоагонист вводился непосредственно в кровоток.

В остром опыте у наркотизированных нембуталом (50 мг/кг) крыс проводилось прижизненное измерение диаметров метартериол и венул брыжейки и скоростей кровотока в них, а также коэффициентов оптической плотности сосудов. С целью предотвращения подсыхания брыжейки ее смачивали физиологическим раствором Рингера.

Анализ и статистическая обработка результатов проводилась на вычислительном комплексе 15 ИПГ ООЗ ИВМ - РС/АТ. Достоверность различий между средними значениями изучаемых параметров оценивали с учетом основных законов биологической статистики [3].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что в микроциркуляторном русле брыжейки фоновые показатели диаметра метартериол у животных с нарушенным нейроэндокринным статусом и, подверженных сочетанному воздействию были значительно ниже, чем у контрольных. Отмечалось также снижение скорости кровотока (рис.1). Одновременно увеличивалась оптическая плотность сосудов. Диаметр венул у получавших

кортикостерон животных также несколько снижался по сравнению с контролем, однако скорость потока крови не уменьшалась. Возможно, это вызвано усилением синтеза вазоконстриктора ангиотензина II при длительном введении стероида НП, стимулирующего секрецию альдостерона и вызывающего сужение артериол [2,4]. Не исключено и прямое влияние глюкокортикоидов на функциональное состояние рецепторов и симпатическую передачу. Кроме того, сужение сосудов, учитывая сниженную концентрацию глюкокортикоида в крови, может быть вызвано и такими факторами как стресс и гипогликемия, когда усиливается высвобождение катехоламинов, в основном адреналина, из мозгового слоя НП и из окончаний симпатической нервной системы [4]. Можно также предположить, что более высокая сократительная активность микрососудов при сочетанном воздействии связана с немышечными компонентами стенки сосудов, такими как перicyты и фибробласты, прямое повреждение облучением которых, может усиливаться на фоне сниженной концентрации кортикостерона. У облученных крыс не отмечено существенных изменений исследуемых параметров в обоих отделах микроциркуляторного русла.

При дополнительной стимуляции α -адренорецепторов специфическим агонистом мезатоном в концентрации 0,025 мкг/кг у облученных животных констрикторные реакции венул были более выражены, чем в контроле и при последующем увеличении концентрации агониста не усиливались. Скорость кровотока при этом возрастала лишь при первом введении агониста, а при максимальной его концентрации была близка к фоновым значениям. Коэффициент оптической плотности венул последовательно снижался на момент введения каждой инъекции. Увеличение скорости венозного кровотока, отмеченное при первичной стимуляции α -адренергического звена регуляции сосудистого тонуса, у крыс, получавших глюкокортикоиды, при дополнительном введении агониста не изменялось и не сопровождалось достоверными изменениями коэффициента оптической плотности сосудов.

Наиболее значительные эффекты были отмечены в группе облученных и одновременно получавших кортикостерон крыс. Однако здесь они смещались в сторону артериальной констрикции. На фоне изначально суженных метартериол у этих животных происходило значительное уменьшение диаметра сосудов при введении начальной дозы агониста. Вместе с тем, широта данной реакции практически не изменялась при увеличении концентрации мезатона. Скорость кровотока при введении 0,05 мкг/кг агониста существенно снижалась по сравнению с таковой у контрольных и облученных животных, а коэффициент оптической плотности метартериол изменялся незначительно. По-видимому, в данном случае имело место потенцирование эффектов кортикостерона облучением, приводящее к усилению констрикторных реакций метартериол брыжейки.

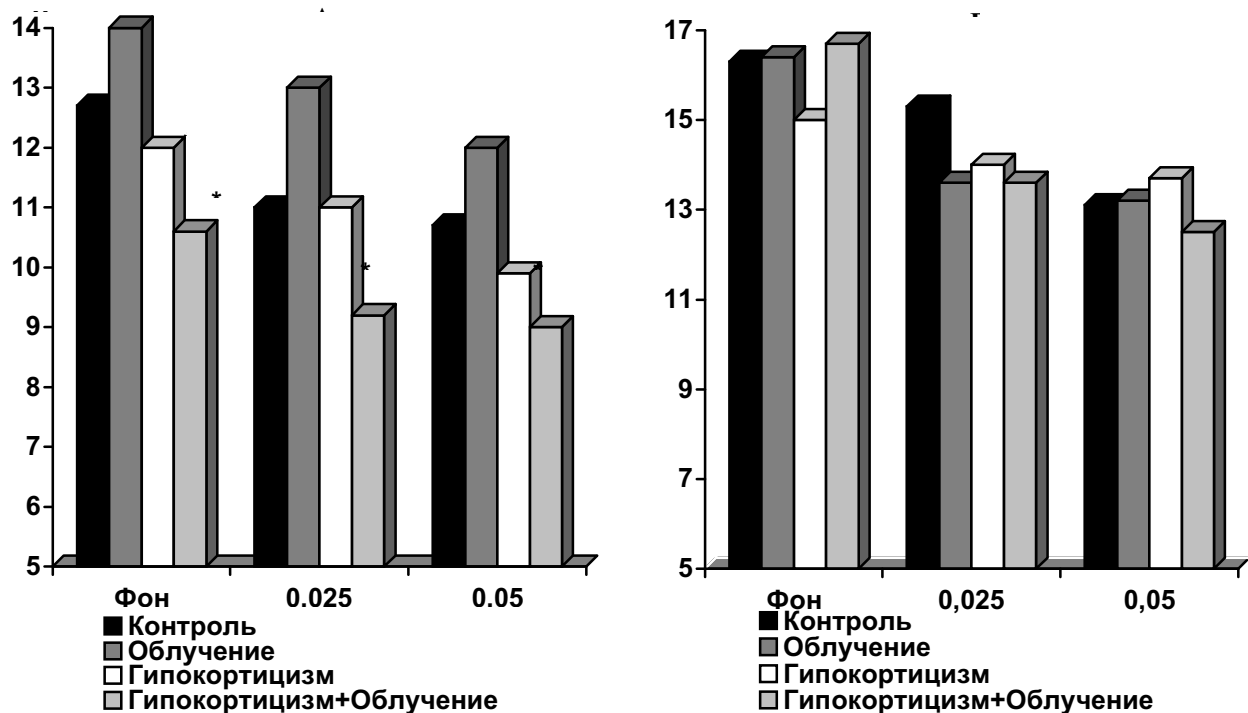


Рис.1. Изменение диаметра метартериол (А) и венул (Б) брыжейки крыс при введении α -адреноагониста мезатона

Обозначения: * - различия достоверны по отношению к контролю;

- различия достоверны по отношению к серии «облучение»;

^ - различия достоверны по отношению к серии «гипокортицизм».

В венулах животных, подвергавшихся сочетанному воздействию, наблюдался резкий спад скорости кровотока в ответ на введение α -адреноагониста, что при отсутствии изменений других параметров скорее всего было связано с функциональными изменениями сердца и крупных сосудов.

Литература.

1. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений.-М.:Медицина.-1994.-464 с.
2. Балаболкин М.И. Эндокринология. -М.: Универсум Паблишинг. - 1998. -581 с.
3. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. -Минск: Выш. школа. - 1973. -320 с.
4. Моисеев В.С. // Кардиология. -1972. -Т.12, №10. -С.137-148.

К ОЦЕНКЕ ДОЗ БЕТА-ОБЛУЧЕНИЯ ХРУСТАЛИКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ

Януш А.Э., Кнатько В.А.
Институт радиобиологии НАН Беларуси

Результаты исследований последних лет (см., например [1]) свидетельствуют о структурных изменениях в хрусталиках детей, проживающих на территориях, где уровень загрязнения почвы ^{137}Cs превышал 10 Ки/км^2 . Известно, что хрусталик отличается повышенной чувствительностью к действию ионизирующей радиации и относится к критическим органам. Рекомендуемый предел дозы внешнего облучения хрусталика составляет 15 мЗв в год. Приведенные в [2] данные по дозам облучения критических органов ликвидаторов показывают, что дозы внешнего β -облучения хрусталика на порядок превышали дозы внешнего γ -облучения в начальный период после аварии на Чернобыльской АЭС. В связи с этим представляет интерес получить оценки доз внешнего облучения хрусталика для населения загрязненных районов, обусловленного β -излучением радионуклидов, диспергированных в поверхностном слое почвы в результате радиоактивных выпадений.

Основой для вычислений поглощенной в ткани дозы от протяженного источника β -излучения является распределение дозы от точечного источника β -частиц. В настоящее время известно более десяти полуэмпирических функциональных зависимостей для распределений дозы β -излучения от точечного источника с различным числом параметров, полученных по результатам фитирования экспериментов. В данной работе для расчетов использовались распределение Левингера [3], а также распределение, предложенное Бочкаревым В.В. [4], которое применялось в [2] для расчетов доз внешнего β -облучения ликвидаторов. Расчеты выполнялись в стандартной геометрии, в соответствии с которой прямостоящий человек моделируется цилиндрическим фантомом, ось которого перпендикулярна поверхности распределения радионуклидов. В начальный период после аварии источник излучения рассматривался как поверхностный, а спустя несколько часов – как глубинный (толстослойный) источник с экспоненциальным законом распределения активности в почве. В случае радионуклидов со сложным β -спектром расчеты осуществлялись путем вычисления распределения мощности дозы для каждого простого β -спектра и последующего суммирования результатов с учетом относительных вкладов рассматриваемых β -переходов в полный спектр излучения. Сравнение результатов, полученных с помощью используемых моделей расчета, показывает, что различия в значениях дозы составляют 15-20% в зависимости от формы β -спектра радионуклидов.

Расчеты дозы проводились для 17 радионуклидов - источников β -излучения, содержащихся в выпадениях ЧАЭС. При этом наиболее высокоэнергетическими β -излучателями являлись следующие радионуклиды: $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$ (3.6 МэВ), $^{144}\text{Ce}+^{144}\text{Pr}$ (3.15 МэВ), $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (2.26 МэВ), ^{91}Y (1.55 МэВ), $^{99}\text{Mo}+^{99}\text{Tc}$ (1.23 МэВ), в скобках указана граничная энергия β -спектра. Согласно результатам, в случае равномерного распределения радионуклида по поверхности почвы с единичной плотностью наибольшей дозой β -облучения хрусталика характеризуются радионуклиды $^{99}\text{Mo}+^{99}\text{Tc}$, $^{132}\text{Te}+^{132}\text{I}$, $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$, $^{144}\text{Ce}+^{144}\text{Pr}$, $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$. Для получения в первом приближении оценок доз внешнего β -облучения использовались значения отношения активности соответствующих радионуклидов в выбросе к активности ^{137}Cs , приведенные в [5]. В рамках данного приближения было установлено, что доза β -облучения хрусталика за первые сутки после аварии распределялась следующим образом: доминирующий вклад (более 70%) в дозу давали ^{131}I и $^{132}\text{Te}+^{132}\text{I}$, суммарный вклад ^{103}Ru , $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$, $^{144}\text{Ce}+^{144}\text{Pr}$, $^{99}\text{Mo}+^{99}\text{Tc}$, ^{141}Ce , $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$ составлял ~25%.

Расчет динамики дозы β -облучения производился с учетом следующих процессов: физического распада радионуклидов, накопления дочерних нуклидов вследствие распада материнских, учет факторов ослабления излучения с течением времени. Результаты проведенных расчетов показывают, что 50% накопленной дозы внешнего β -облучения хрусталика было получено в первые 14 дней после аварии. При этом, основной вклад был произведен короткоживущими радионуклидами - $^{132}\text{Te}+^{132}\text{I}$ (~30%), ^{131}I (~20%), ^{144}Ce (~10%). 90% дозы было получено в течение 60 дней после аварии.

Рассчитанные значения являются верхней оценкой дозы внешнего β -облучения, которая служила основой для детальных расчетов дозовых нагрузок на хрусталик. Согласно результатам, совокупный учет факторов ослабления (вертикальная миграция, влажность почвы, микрорельеф, экранировка излучений биомассой растений и строениями и т.п.) приводит к снижению полученных оценок поглощенных доз от 3 до 10 раз относительно расчетного значения дозы. Однако, даже в случае 10-тикратного уменьшения суммарное значения дозы внешнего β -облучения хрусталика, полученной детьми за первую неделю после аварии на территориях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 111 кБк/м², превышает допустимый предел эффективной дозы облучения хрусталика – 15 мЗв/год.

Литература.

1. Arinchin A.N. and Ospennikova L.A.//.Research activities about the radiological consequences of the Chernobyl NPS accident and social activities to assist the sufferers by the accident. Ed. by Imanaka T., Kyoto University.-1998.-p.168.

2. Osanov D.P.//Rad. Prot. Dosim.-1998.-Vol.74, No.4.-p.235.
3. Loevinger R. // Radiology.-1956.-Vol. 66.-p.55.
4. Bochkarev V.V., Radzievski G.B., Timofeev L.V., Demianov N.A. // International Journal of Applied Radiation and Isotopes.-1972.-Vol. 23.-p.493.
5. Отчет Научного комитета ООН по действию атомной радиации за 2000 год. Приложение J. Уровни облучения и эффекты в результате Чернобыльской аварии. М.: 2001.-с. 85.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Адамчиков А.А., Дворник А.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ ПОСРЕДСТВОМ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	5
Аксютик Т.В., Печковская А.В., Волчок Н.М. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАННОГО И РАЗДЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ МЕДНОГО КУПОРОСА И ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ ДРОЗОФИЛЫ.....	8
Антоненко А.Н. ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДОЗЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЦА И ЕГО РЕГУЛЯЦИЮ	11
Артеменко О.В. ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СЕМЕННОСТИ И ЭПИДИДИМИСЫ КРЫС	13
Артемук Е.Г., Шурхай С.Ф. ПОВЫШЕНИЕ РАДИОУСТОЙЧИВОСТИ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ	16
Афонин В.Ю. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ КОЛХИЦИНОМ ОСТРОМОРДЫХ ЛЯГУШЕК, ОБИТАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ.....	19
Афонин В.Ю., Елаков А.Л., Осипов А.Н. СООТНОШЕНИЕ УРОВНЕЙ КЛЕТОК С РАЗЛИЧНЫМИ ПРИЗНАКАМИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДНК В ТКАНЯХ РЫЖИХ ПОЛЕВОК, ОБИТАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ	22
Бараноўская А.Б. АЦЭНКА РАДЫЯПРАТЭКТЫЎНЫХ УЛАСЦІВАСЦЯЎ ПАНТЭНОЛА НА МАДЭЛІ РАДЫЯЦЫЙНАГА ПАШКОДЖАННЯ АНАГЕННЫХ ФАЛКУЛАЎ ВІБРЫС ПАЦУКОЎ	25
Буловацкая И.В. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ТКАНИ ПЕЧЕНИ КРЫС ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ.....	28
Бурак В.Н. ПРОБЛЕМА МАЛЫХ АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	31
Важинский А.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАЗИДИФФУЗИОННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ	34
Василевич И.Б., Пинчук С.В., Вадецкая Т.Н., Клишко Н.К. ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ КРЫС НА ИНДУЦИРУЕМЫЕ УФ-СВЕТОМ ПОВРЕЖДЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ХРУСТАЛИКОВ ГЛАЗ ЖИВОТНЫХ.....	37
Вернер А.И., Коваль А.Н., Сергеев С.М., Голуб Г.В., Шишкин А.Г., Адамчиков А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ПАРАМЕТРЫ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТКАНЕЙ	40

Врублевская О.Н. ОСОБЕННОСТИ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ДЕСТРУКЦИИ ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ АМИНОКИСЛОТ В РАЗБАВЛЕННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	43
Глаз А.С. ЦЕЗИЙ-137 В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОЙМЫ Р.СОЖ.....	46
Горецкая Н.А, Котова Е.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	49
Давыдовский А.Г. ЛИПОПОЛИСАХАРИДЕ. СОЛ1 МОДУЛИРУЕТ ЭФФЕКТЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА МЕХАНИЗМЫ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОГО БАЛАНСА В ПЕЧЕНИ БЕЛЫХ КРЫС.....	52
Давыдовский А.Г. РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА НЕРВНУЮ ТКАНЬ (ГИПОТЕЗА).....	55
Дорожок И.Н. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МОДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИГРАЦИИ ¹³⁷ CS В ТИПИЧНЫХ ПОЧВАХ	58
Елаков А.Л., Осипов А.Н., Пучков П.В., Сыпин В.Д. ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЛИМФОЦИТАХ СЕЛЕЗЕНКИ САМЦОВ МЫШЕЙ И ИХ ПОТОМСТВА	60
Ефремова И.Н. ИММУНОАДАПТОГЕННЫЕ ФИТОКОМПЛЕКСЫ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АТОМНОЙ АВАРИИ.....	63
Жегалик И.Г. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ДЕРЕВНИ ЖИДЧЕ ПИНСКОГО РАЙОНА	66
Жидкович Е.В. РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ У ДЕВУШЕК, ПРОЖИВАВШИХ В РАЙОНАХ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	69
Жукова И.А. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ НА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО СЕМЕННИКА НОВОРОЖДЕННЫХ ЖИВОТНЫХ.....	72
Заичкина С.И., Розанова О.М., Клоков Д.Ю., Аптикаева Г.Ф., Ахмадиева А.Х., Смирнова Е.Н. МАЛЫЕ ДОЗЫ РАДИАЦИИ СНИЖАЮТ УРОВЕНЬ СПОНТАННОГО И ГАММА- ИНДУЦИРОВАННОГО ХРОМОСОМНОГО МУТАГЕНЕЗА В КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА МЫШЕЙ IN VIVO.....	75
Захаренков В.В., Захаренкова Н.В. СОСТОЯНИЕ И ПОДВИЖНОСТЬ АМЕРИЦИЯ-241 В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ	78
Зиматкина О.С. ВЛИЯНИЕ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЛИ- ГИПОВИТАМИНОЗА НА НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛЫХ КРЫС	81

Ивашкевич И.И., Смыкович Л.И. ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОПРЯЖЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОЛЕССКОГО ТИПА	83
Калинкевич Е.Ф., Путырская В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ <i>BRILLIANT BLUE</i> ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ ¹³⁷ CS В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ»	86
Каркоцкая Т.П., Маленченко А.Ф., Смирнова Л.А. ПРОЦЕССЫ МЕТГЕМОГЛОБИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СОЧЕТАННОМ ДЕЙСТВИИ ОБЛУЧЕНИЯ И НИТРИТА НАТРИЯ НА ОКСИГЕМОГЛОБИН КРОВИ БОЛЬНЫХ ЖДА.....	89
Карпиченко А.А. ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ НА ГЕОХИМИЧЕСКУЮ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ	92
Кимленко И. М. СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПЛУТОНИЮ И АМЕРИЦИЮ.....	95
Ковалевич Н.Ф., Артюх Д.Ю. ВЛИЯНИЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНЪЮГАЦИИ ПОЛИТЕННЫХ ХРОМОСОМ ХИРОНОМУСА.....	98
Колыбов А.А., Сасина Н.В. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ¹³⁷ CS И ⁹⁰ SR В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА.....	101
Комар Е.С. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ АЦ КАРДИОМИОЦИТОВ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ γ - ИЗЛУЧЕНИЯ.....	104
Комар Е.С. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА АДЕНИЛАТЦИКЛАЗНУЮ СИСТЕМУ МИОКАРДА	106
Комаровская А.С., Забродский В.Н., Бондарь Ю.И. СОВМЕСТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИЗОТОПОВ PU-238,239+240,241 В ПОЧВЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ МЕТОДАМИ α -СПЕКТРОМЕТРИИ И ЖИДКОСТНО- СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТА	109
Корсеко М.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНОГО РАДИОАКТИВНОГО ФОНА НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗМЫ.....	112
Кравченко В. А. ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ У РАСТЕНИЙ.....	115
Кравченко Е.А., Пильченко Н.В. ДЕЙСТВИЕ КОРТИКОСТЕРОНА И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ИММУНОФАГОЦИТАРНОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ.....	117
Краснова И.А., Гайдукевич Е.Г., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КЛЕТОК ЭПИТЕЛИЯ СЕМЕННИКА ПОТОМСТВА, РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА И В УСЛОВИЯХ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ В РАННЕМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА.....	120

Краснова И.А., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П., Крылова И.И. ВЛИЯНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ ТИРОКСИНОМ В УСЛОВИЯХ ТИРЕОИДЭКТОМИИ БЕРЕМЕННЫХ КРЫС И ВНЕШНЕГО ОДНОКРАТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ В ДОЗЕ 1,0 ГР НА СТРУКТУРУ СЕМЕННИКА ПОТОМСТВА.....	123
Левосечко С.И., Кудряшов В.П., Миронов В.П. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	126
Левосечко С.И., Мазаник Р.А., Хвалей О.Д. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ВОДНЫХ СИСТЕМ ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ	129
Ломонос О.В. ПОСТРОЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ ¹³⁷ CS В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	131
Лопарева Е.А. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИМБИОЗА <i>RISOBIUM-LEGUMINEUSE</i> ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ	134
Лукша Н.П. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНДОТЕЛИЯ АОРТЫ ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ	136
Малыхина С.А. ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ И СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГИПОФИЗАРНО-ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМЫ	139
Маховик О.А. ЭКСТРАГИРУЕМОСТЬ ¹³⁷ CS ИЗ СЕНАЖА, ЗАГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОНСЕРВАНТОВ.....	142
Монтик Т.А., Гапоненко В.И., Жебракова И.В. РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ НА РАННИХ ФАЗАХ ОНТОГЕНЕЗА ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕДИ И γ -ОБЛУЧЕНИЯ	143
Мохаммади М.Т. ПРОЛИФЕРАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК КАРЦИНОМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГИСТОЛОГИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ.....	146
Ненашева М.Н. ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ ⁹⁰ SR ДЛЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	149
Невецкая З.В. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС ЧЕРЕЗ 6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ВНЕШНЕГО ГАММА ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ.....	152
Орехова М.Г., Мацко В.П., Гапоненко В.И., Сквернюк И.И., Кудряшов В.П. НАКОПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ, АМЕРИЦИЯ И ПЛУТОНИЯ РАСТЕНИЯМИ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ	154
Парфеевец А.П. ЗАКОНОМЕРНО ЛИ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЖЕЛУДОЧНО- КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ?	157

Переволоцкий А.Н. ВЛИЯНИЕ ЭДАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕХОДА ¹³⁷ CS В ДРЕВЕСИНУ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.....	160
Петренёв Д.Р., Кабушева И.Н., Кручонок А.В. ВЛИЯНИЕ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ECHINACEA PURPUREA НА ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ОСТРОМ ВНЕШНЕМ ОБЛУЧЕНИИ В ДОЗЕ 1 ГР.....	163
Полонецкая С.Н., Чакова Н.Н., Михалевич Л.С., Демидчик Ю.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ IN VIVO ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ФАКТОРОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ТИРЕОЦИТОВ КАРЦИНОМ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ.....	166
Портянко А.С. ПАПИЛЛЯРНЫЙ РАК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПРЕССИИ ОПУХОЛЕВЫМИ ТИРОЦИТАМИ HLA-DR И ИНФИЛЬТРАЦИИ НЕОПЛАСТИЧЕСКОЙ ТКАНИ МАКРОФАГАМИ.....	169
Путырский Ю.Л. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТКАНЯХ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ КРЫС ПРИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ.....	172
Рубченя И.Н., Банецкая Н.В., Амвросьев А.П. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ОДНОКРАТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛОЙ ДОЗЕ В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ КОРТИКОСТЕРОНА НА СТРУКТУРУ НАДПОЧЕЧНИКА.....	175
Рутковская Ж. А. ВЛИЯНИЕ «АКВ» НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ.....	177
Савчук Т.Ф. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	180
Северин А.В. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЖЕННОСТИ ЗДОРОВЬЯ КАК АКСИОЛОГИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ СОЗНАНИЯ В ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ИЗ РАДИАЦИОННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ.....	183
Синило О.И. КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ И ФОРМАЛЬДЕГИДА НА СОЕДИНИТЕЛЬНУЮ ТКАНЬ.....	186
Собченко В.А. ВЛИЯНИЕ МХОВ НА ВЕЛИЧИНУ K _д ¹³⁷ CS В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ.....	188
Соловьева Н.Г. РОЛЬ ЭНДОТЕЛИЯ В ПОСТРАДИАЦИОННОЙ МОДИФИКАЦИИ α-АДРЕНЕРГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА АРТЕРИАЛЬНЫХ СОСУДОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА.....	191
Сташкевич Д.Г. МЕХАНИЗМЫ ГИПОТЕНЗИВНОЙ РЕАКЦИИ НА КАРБАХОЛИН ДО И ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	195
Стрильчук Ю.Г., Осинцев А.Ю. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ И МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА.....	198

Суворова Т.А. РОЛЬ ПО-ОПОСРЕДОВАННЫХ МЕХАНИЗМОВ В ПОСТРАДАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ХОЛИНЕРГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ КОРОНАРНОГО ПОТОКА И СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА.....	201
Тарарук Т.А. ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ В ДОЗЕ 1,0 ГР НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОМБОЦИТОВ КРЫС.....	204
Тимохина Н.И. СОСТОЯНИЕ ГОМЕОСТАЗА ЛЕГКИХ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВНЕШНЕМУ И ВНУТРЕННЕМУ ОБЛУЧЕНИЮ.....	207
Ткачук С.О., Бердович Т.Ж. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИЙ ЦИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	210
Тышкевич В.Е. ЗАГРЯЗНЁННОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ (ОХОТНИЧЬИХ УГОДИЙ) И ОРГАНИЗМА ПАРНОКОПЫТНЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ – ПРЕДПОСЫЛКА ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И НАПРАВЛЕННОСТИ ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ.....	213
Хвалей О.Д., Дацкевич П.И., Комиссаров Ф.Д. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМ ВОСТОЧНО-БЕЛОРУССКОЙ ПРОВИНЦИИ.....	216
Чакова Н.Н., Муравская Г.В., Артемова Н.А., Полонецкая С.Н., Михалевич Л.С. ИНДУКЦИЯ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ В ЛИМФОЦИТАХ БОЛЬНЫХ ЭПИДЕРМОИДНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМ ОБЛУЧЕНИЕМ.....	219
Черевко Е.С., Данилович А.С. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ НА ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ В ПОЧВЕННЫЕ РАСТВОРЫ.....	221
Чешко Н.Н. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЗУБНЫХ ЗАЧАТКОВ КРЫС МАЛЫМИ ДОЗАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ.....	225
Шабалева М.А., Старовойтова Т.В. ОБ ЭФФЕКТАХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}CS ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ПРИ РЕГУЛИРУЕМОМ РЕЖИМЕ ПИТАНИЯ.....	227
Шиманская Д.А., Урбан А.С., Романовский И.В. СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И СИСТЕМ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПРОПИЛТИОУРАЦИЛОВОМ ГИПОТИРЕОЗЕ.....	230
Шкадинский Д.В. МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ГИПОКОРТИЦИЗМА И ОБЛУЧЕНИЯ γ -КВАНТАМИ CS^{137} В ДОЗЕ 1,0 ГР НА СОСТОЯНИЕ МИКРОСОСУДИСТОГО РУСЛА БРЫЖЕЙКИ КРЫС.....	233
Януш А.Э., Кнатько В.А. К ОЦЕНКЕ ДОЗ БЕТА-ОБЛУЧЕНИЯ ХРУСТАЛИКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ.....	237
СОДЕРЖАНИЕ.....	240