

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение биологических наук
Радиобиологическое общество
Научный совет по радиобиологии

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ АКАДЕМИЙ НАУК
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ РАДИОЭКОЛОГИИ

**VI СЪЕЗД
ПО РАДИАЦИОННЫМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ**
(радиобиология, радиозэкология,
радиационная безопасность)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Т О М II
(секции VIII–XIV)

Москва
25–28 октября 2010 года

ОРГАНИЗАЦИЯ-СПОНСОР
Российский фонд фундаментальных исследований

ОРГАНИЗАТОРЫ СЪЕЗДА:

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН,
Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова РАН,
Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН,
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН,
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,
Федеральный медико-биофизический центр
им. А.Н. Бурназяна ФМБА,
Медицинский радиологический
научный центр Минздравсоцразвития РФ,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии Россельхозакадемии

Р 15 VI Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозоология, радиационная безопасность): Тезисы докладов. Том II (секции VIII–XIV). Москва, 25–28 октября 2010 г. – М.: РУДН, 2010. – 214 с.

В сборнике представлены тезисы докладов на VI Съезде по радиационным исследованиям, в программу которого включены различные аспекты действия ионизирующей и неионизирующей радиации на живые организмы, проблемы радиозоологии и радиационной безопасности человека и окружающей среды. Съезд приурочен к 25-летию аварии на Чернобыльской АЭС. В ряде докладов подведены итоги 25-летнего изучения последствий аварии, сформулированы прогнозы и основные направления развития дальнейших исследований.

Тезисы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-209-03885-6

ББК 20.18

© Коллектив авторов, 2010

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2010

СЕКЦИЯ VIII. РАДИОЭКОЛОГИЯ. СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ РЫБ – ПОСЛЕДСТВИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

Белова Н.В.

МГУ М.В.Ломоносова, Москва, Россия, bel_emel@rambler.ru

В результате 20-летних исследований состояния репродуктивной системы рыб из водоёмов разного типа, загрязнённых радионуклидами в результате Чернобыльской аварии, выявлен широкий спектр морфофункциональных аномалий этой системы. Наиболее значительными у рыб обоих полов являлись: асимметрия и аномальная морфология гонад; стерилизация; массовая деструкция половых клеток разных стадий развития; гермафродитизм; появление в гонадах новообразований. Большинство аномалий нельзя признать специфичными для интенсивного радиационного фактора, так как сходные нарушения отмечаются у рыб и при воздействии высоких концентраций токсических веществ разной химической природы. Степень и частота встречаемости аномалий репродуктивной системы в целом положительно связаны с уровнями загрязнения водоёмов и удельной активностью радионуклидов в теле рыб. Радиационное воздействие большой интенсивности (наиболее загрязнённые водоёмы) привело к возникновению высокой степени повреждения репродуктивной системы рыб, однако, ни в одном из водоёмов (суммарные дозы облучения отдельных видов в 1986-1988 гг. 8-11 Гр) не отмечено исчезновения популяций. Только у щуки и леща прослежено сокращение их численности.

Выявлена видовая специфичность в реакции репродуктивной системы рыб на радиационное воздействие сходной интенсивности. Различия в резистентности определяются: экологическими; физиолого-биохимическими; морфофункциональными; половыми и генетическими особенностями видов. По устойчивости этой системы к радиационным нагрузкам виды рыб располагаются в следующем порядке: щука < лещ < красноперка ≤ золотой карась < серебряный карась (диплоидный) < белый и пестрый толстолобики ≤ плотва ≤ густера < серебряный карась (триплоидный) < линь < окунь.

Оценка морфофизиологических аномалий репродуктивной системы в ряду поколений у целого ряда видов рыб показала наличие большего их числа у второго – пятого поставарийных поколений. Аномалии репродуктивной системы в этих поколениях у рыб из относительно чистых водоёмов обусловлены явлением «продленного» мутагенеза (Дубинин, 1986).

**СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ КИЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА И Р. ТЕТЕРЕВ**

*Белова Н.В., Емельянова Н.Г., Полякова Н.И.**

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, bel_emel@rambler.ru;

* Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва, Россия

Представлены результаты мониторингового исследования состояния репродуктивной системы рыб Киевского водохранилища и р.Тетерев. Через 20-23 года после Чернобыльской аварии доля особей с существенными аномалиями гонад (табл.1) остаётся довольно большой, в связи с высокой численностью таких рыб и в 5-6 поставарийных поколениях (табл. 2).

Табл. 1. Частота встречаемости рыб с существенными аномалиями половых желёз

Вид	Год	Р. Тетерев		Киевское водохранилище	
		Аномалии, %	n	Аномалии, %	n
Плотва	2003-2005	20,0	25	25,0	38
	2007-2009	30,0	10	0	11
Краснопёрка	2003-2005	0	4	33,3	13
	2007-2009	0	10	31,3	16
Лещ	2003-2005	58,3	12	51,3	29
	2007-2009	40,0	15	42,9	14
Густера	2003-2005	50,0	8	0	8
	2007-2009	5,0	20	8,3	12
Срб. карась	2003-2005	0	17	50,0	12
	2007-2009	0	10	15,8	19
Линь	2003-2005	10,0	20	36,4	22
	2007-2009	18,2	11	9,1	11
Окунь	2003-2005	0	25	36,4	39
	2007-2009	13,3	15	16,7	18
Щука	2003-2005	42,8	37	25,0	20
	2007-2009	10,5	19	55,6	9

Табл. 2. Доля рыб с существенными аномалиями гонад в поставарийных поколениях, %

Виды рыб	р. Тетерев							Киевское водохранилище					
	F							F					
	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	
Плотва	0	21	22	25	17	-	0	0	13	43	0	-	
Краснопёрка	-	-	0	0	0	-	-	75	-	33	33	-	
Лещ	25	51	50	-	-	-	40	50	65	69	-	-	
Густера	33	50	11	0	-	-	0	-	0	10	-	-	
Срб. карась	0	17	0	0	0	-	33	75	-	25	0	-	
Линь	-	0	10	15	-	-	-	0	8	23	12	-	
Окунь	8	20	0	11	33	-	28	8	31	0	17	50	

МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ РЕКИ ЕНИСЕЙ

Болсуновский А.Я.¹, Сухоруков Ф.В.²

¹Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

²Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Река Енисей является одной из крупнейших рек мира. В 60 км от города Красноярск на берегу реки Енисей расположен Горно-химический комбинат (ГХК) Росатома. Многолетняя деятельность комбината привела к радиоактивному загрязнению поймы реки Енисей. Проведенные научные экспедиции специалистов Института биофизики СО РАН и Института геологии и минералогии СО РАН в рамках интеграционных проектов СО РАН показали, что в пойме реки на протяжении до 300 км от ГХК по течению реки сохраняется высокий уровень радиоактивного загрязнения почв и донных отложений, местами соответствующий категории радиоактивных отходов. На основании радиохимических исследований проб донных отложений реки Енисей были выявлены участки русла, в которых содержание изотопов трансурановых элементов - в 100 и более раз превышает глобальный уровень, что может свидетельствовать как о высокой миграционной способности актиноидов в экосистеме реки, так и о продолжающихся сбросах техногенных радионуклидов с ГХК.

Для оценки миграционной способности радионуклидов в донных отложениях и почвах использовали метод последовательного химического фракционирования по схеме Тессьера. Считается, что чем меньше содержание радионуклида в неразложившемся остатке по результатам химического фракционирования, тем более радионуклид подвижен. Фракционирование проб по одной методике в лабораториях Красноярска и Новосибирска показало, что доля миграционных форм таких радионуклидов как ^{90}Sr , ^{152}Eu и ^{241}Am была наибольшей (60-80% от начальной активности), затем ^{60}Co (30%), $^{238,239,240}\text{Pu}$ (15-30%) и ^{137}Cs (5-15%). Исследования миграционной способности ^{238}U выявили, что большая часть ^{238}U находится в неразложившемся остатке и только малая часть (до 30%) может быть подвижной. Таким образом, в ряду миграционной способности радионуклидов в донных отложениях реки Енисей ^{238}U больше соответствует поведению изотопов $^{239,240}\text{Pu}$ и займет одно из последних мест: $^{90}\text{Sr} \approx ^{241}\text{Am} \approx ^{152}\text{Eu} > ^{60}\text{Co} \geq ^{239/240}\text{Pu} \approx ^{238}\text{U} > ^{137}\text{Cs}$.

Работа выполнена в рамках проекта СО РАН № 1 и гранта РФФИ № 09-05-00129.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

Бондарь Ю.И.¹, Странд П.², Браун Ж.², Жукова О.М.³, Кашипаров В. А.⁴, Соколик Г.А.⁵

¹Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Беларусь

²Норвежское агентство по радиационной защите, Норвегия

³Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды,
Беларусь

⁴Украинский НИИ Сельскохозяйственной радиологии НУБиП Украины, пгт. Чабаны,
vak@uiar.kiev.ua

⁵Белорусский государственный университет, Беларусь

Основной целью данной работы являлось получение всесторонней информации о радиоактивном загрязнении территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) включая ⁹⁰Sr и трансурановые элементы (ТУЭ), а также оценка радиоэкологических последствий перераспределения радионуклидов по территории Беларуси в результате чрезвычайных природных явлений таких, как пожары и наводнения. Десять лет назад были построены карты загрязнения украинской части территории зоны отчуждения ЧАЭС радионуклидами топливной компоненты радиоактивных выпадений. На основании опыта этой работы была предложена единая методология проботбра (глубина, площадь, шаг) и измерений образцов (требования по контролю неоднородности активности), для картирования всей ближней зоны чернобыльской аварии, особенно территорию ПГРЭЗ. Для хранения первичной экспериментальной информации по плотности радиоактивного загрязнения почвы и построения карт ближней зоны аварии была создана база данных. Все это позволит уточнить запасы и выброс радионуклидов в составе частиц облученного ядерного топлива во время аварии.

Наличие в радиоактивных выпадениях ближней зоны аварии топливных частиц оказывает существенное влияние на динамику миграционной подвижности и биологической доступности радионуклидов. В рамках работы были получены данные о физико-химическим формах нахождения радионуклидов в почвах, донных отложениях, вертикальной миграции радионуклидов, их содержании в поверхностных водах, а также о радиоактивном загрязнении растительности. Это позволяет уточнить параметры динамических моделей миграции радионуклидов в окружающей среде на поздней стадии аварии.

Данная работа выполняется в рамках научной программе НАТО «Наука для мира и безопасности» проект №983057 «Radioactive contamination of the territory of Belarus in the Polesie State Radiation-Ecological Reserve».

НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И СЛОЖНОСТИ НАСАЖДЕНИЯ

Булко Н.И., Шабалева М.А., Козлов А.К.

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Гомель, Беларусь, formelior@tut.by

При ведении лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях прогнозные оценки накопления ^{137}Cs древесными растениями должны базироваться на учете значительного количества факторов, среди которых следует выделить условия произрастания, почвенные характеристики и т.д. Немаловажное значение имеют также состав насаждения и его сложность. В частности, потребление радиоцезия в смешанных сосново-березовых насаждениях существенно отличается от показателей чистых древостоев. В результате исследований, проведенных на территории Гомельского лесхоза и Ветковского спецлесхоза, определен оптимальный породный состав насаждения (6С4Б-4С6Б), при котором коэффициент перехода (КП) ^{137}Cs в древесину снижается в 2,3-2,6 раза относительно чистых древостоев. При этом возможно регулирование накопления радионуклида в древесине посредством осуществления рубок ухода. Так, в результате выполнения прореживания с формированием насаждения состава 6С4Б КП ^{137}Cs в древесину сосны в 1,9 раза ниже, по сравнению с контрольным древостоем состава 10С. Спустя 3 года после прореживания в насаждении с полученным составом 6С4Б КП ^{137}Cs в древесину сосны и березы снизился соответственно в 3,8 и 4,4 раза.

Наличие в составе древостоя нескольких ярусов также в значительной степени сказывается на интенсивности потребления радионуклидов главной породой. Установлено, что в случае присутствия ели в нижнем ярусе сложного твердолиственного древостоя обеспечивается снижение накопления ^{137}Cs дубом верхнего яруса до 2,5-3 раз. Присутствие ели в составе соснового насаждения приводит к снижению потребления ^{137}Cs сосной верхнего яруса до 1,5 раз. В то же время, в чистых простых сосновых древостоях КП ^{137}Cs древесиной сосны до 2,8 раз ниже, по сравнению двухъярусными насаждениями.

Комплексный учет всего многообразия факторов, оказывающих влияние на уровень загрязненности ^{137}Cs древесины, позволит не только оптимизировать существующую систему лесопользования на загрязненных радионуклидами лесных землях, но и производить частичную или полную реабилитацию насаждений посредством регулирования наиболее значимых из установленных параметров.

РАДИОНУКЛИДЫ УРАНА И РАДИЯ В ПОЧВАХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ

Войникова Е.В., Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Попеня М.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, grehem@mail.ru

Природные альфа-излучающие радионуклиды урана и радия присутствуют практически во всех компонентах экосистем и вносят заметный вклад в формирование дозы облучения человека. Миграционная способность урана и радия в окружающей среде, их способность поступать в почвенную влагу и участвовать в процессах биогеохимической миграции в значительной степени зависят от содержания и состояния радионуклидов в почвах.

Настоящая работа посвящена изучению форм нахождения радионуклидов урана и радия в почвах и почвенных растворах. Объектами исследования являлись образцы 0–10 см слоев минеральных и органических почв, отобранные в различных регионах Беларуси на участках, содержащих радионуклиды преимущественно естественного происхождения.

Содержание урана и радия в образцах почв и почвенных вод определяли методом радиохимического анализа с альфа-спектрометрической идентификацией радионуклидов. Запас урана и радия в почвах в миграционноактивной форме оценивали по равновесному распределению радионуклидов в системе «твердая фаза – поровая влага почвы», в потенциально подвижной форме — в системе «почва – $1 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3} \text{ NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ », в потенциально биологически доступной форме — в системе «почва – $1 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3} \text{ HCl}$ ».

Показано, что уран и радий в почвах находятся в основном в малоподвижной форме. Запас урана и радия в миграционноактивной форме соответственно составляет 0,06–0,7 % и 0,01–1,0 %, в потенциально подвижной форме — 3,1–9,3 % и 1,8–4,5 %, а в потенциально биологически доступной форме — 6–16 % и 9–23 % от общего содержания рассматриваемого радионуклида в почве. В составе фракции природных почвенных вод, прошедшей через фильтр с размером пор 0,45 мкм и содержащей наиболее подвижные формы радионуклидов, радий находится преимущественно в катионной форме, а уран одновременно присутствует в виде анионных, катионных и нейтральных комплексов. В поровых водах органических почв преобладают анионные комплексы урана, а минеральных — катионные и нейтральные формы его соединений.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРАНИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ ПОЛЕВКИ В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Гайченко В.А.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина,
gaychenko_v@ukr.net

Нет сомнений, что значительная концентрация ^{90}Sr в костях грызунов не может не вызывать соответствующих биологических эффектов. С целью выяснения направленности таких эффектов проведен популяционно-морфологический анализ краниометрических признаков восточноевропейской полевки из зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Рассматривались только взрослые особи, которые определялись по степени скульптурированности черепа (Ларина, Лапшов, 1974; Смелянов, Золотухина, 1975). В качестве морфологических признаков рассматривались размерные (непрерывно варьирующие) характеристики черепа животных, традиционно используемые в краниометрии мышевидных грызунов.

Наиболее широко распространенным видом внутрииндивидуальной изменчивости являются ненаправленные различия между левой и правой сторонами тела у билатерально симметричных животных – флуктуирующая асимметрия (ФА). С целью получения показателей ФА анализировались билатеральные структуры черепа животных справа (R) и слева (L) и вычислялась дисперсия их разности (R-L); общая фенотипическая изменчивость оценивалась по дисперсии их полусуммы (R+L)/2.

Следует отметить уменьшение средних всех без исключения краниометрических признаков, по которым обнаружены различия между различными выборками полевок. Это уменьшение ("измельчание" признаков) достигает, например, в случае длины нижнего ряда коренных зубов примерно 14%. Единственное исключение составила изменчивость ширины межглазничного промежутка, коэффициент вариации которого в 1987 г. равнялся 8.38 ± 0.73 , впоследствии снизился до 3.54 ± 0.65 и далее остается на этом уровне. Во всех без исключения случаях, где отмечены различия по величине ФА, наблюдается её повышение по сравнению с показателями предыдущих лет. Так, дисперсия асимметрии косой длины нижней челюсти и длины резцовых отверстий возрастает примерно в 2 раза, длины верхнего зубного ряда – в 4 раза, высоты венечного отростка нижней челюсти – в 6 раз, а длины нижнего зубного ряда – почти в 20 раз.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФОРМ СТРОНЦИЯ-90 И
ЦЕЗИЯ-137 В ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ
СИСТЕМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП**

Ганжа К. Д., Гудков Д. И., Кленус В. Г.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина, krisgan@rambler.ru

Изучение физико-химических форм радионуклидов в водной биоте позволяет оценить распределение и миграционную способность радиоактивных веществ в водной экосистеме. В этой связи, важным объектом исследований являются водные растения, которые активно участвуют в биохимическом круговороте радионуклидов. Цель данной работы – изучение распределения физико-химических форм нуклидов в водных растениях различных систематических и экологических групп.

Исследования проводили в период 2007-2009 гг. в озерах Чернобыльской зоны отчуждения с использованием роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersum* L.), рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), телореза алоевидного (*Stratiotes aloides* L.) и нитчатой водоросли (*Cladofora glomerata* (L.) Kutz). Физико-химические формы ^{90}Sr и ^{137}Cs определяли методом последовательного фракционирования.

Обнаружены различия распределения физико-химических форм ^{90}Sr и ^{137}Cs между экологическими группами водных растений (укорененные и не укорененные) и отсутствие зависимости накопления нуклидов по систематическому признаку. Данные полученные при анализе *Ceratophyllum demersum* показали высокое накопление ^{90}Sr в сорбированных внеклеточных слабосвязанных катионах. ^{137}Cs преимущественно накапливается внутриклеточно и в органо-минеральной форме. Анализ образцов нитчатых водорослей рода *Cladofora glomerata* показали значительное содержание ^{137}Cs в органо-минеральной и слаборастворимой формах. В биомассе неукорененных водных растений ^{137}Cs преимущественно накапливается в органо-минеральной и слаборастворимой формах. ^{90}Sr преимущественно содержится в водорастворимых и обменных формах. Результаты анализа *Stratiotes aloides* показали, что в этих растениях ^{90}Sr преобладает в обменных формах. Также высоко содержание этого нуклида во внутриклеточной форме. ^{137}Cs находится в сорбированной и внутриклеточной формах. В пробах *Typha angustifolia* отмечено незначительное накопление и ^{137}Cs , и ^{90}Sr в водорастворимых и обменных формах, а также в минеральном остатке. Преобладает накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в органо-минеральной форме. Причиной этому очевидно является преимущественное накопление нуклидов путем корневого питания.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ МИГРАЦИИ БЕТА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ПОЧВЫ СОСНОВОГО ЛЕСА

Ганжа Д.Д.

Государственное специализированное предприятие по переработке и утилизации техногенных отходов “ТЕХНОЦЕНТР”, Чернобыль, Украина, dmgan@gambler.ru

При проведении радиоэкологического мониторинга важным заданием является оценка миграции и распределения нуклидов в компонентах биогеоценозов.

Цель этого исследования – оценка с применением метода полевой радиометрии миграции и распределения ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах экосистемы соснового леса.

Наблюдения проводили в 2007-2009 гг. на 99 пикетах расположенных в 12 км к юго-западу от Чернобыльской АЭС, на территории покрытой 30-40-летним сосновым лесом в зоне современного техногенеза. Измеряли мощность дозы гамма-излучения и плотность потока бета-частиц с поверхности лесной подстилки. На 15 ключевых пикетах исследовали толщину, плотность и состав живого и неживого напочвенного покрова, удельную активность и вертикальное распределение гамма и бета-излучающих нуклидов, в том числе – ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Результаты измерений показали, что на исследуемой территории за счёт ^{90}Sr , ^{90}Y и ^{137}Cs формируется 99,5% потока бета-частиц. По ретроспективным (начиная с 1996 г.) и текущим результатам гамма-радиометрии, согласно существующих рекомендаций (Гусев, 1966) была рассчитана удельная активность ^{137}Cs в верхнем слое почвы. Удельную активность ^{90}Sr вычисляли по предложенной нами формуле:

$$A_{\text{Sr}} = ((I_{\beta} - (A_{\text{Cs}} \cdot 10^{-3} \cdot h \cdot \rho \cdot 2)) \cdot 3^{-1}) \cdot 10^3 \cdot h^{-1} \cdot \rho^{-1},$$

где A_{Cs} – удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг; I_{β} – измеренная плотность потока бета-частиц с поверхности лесной подстилки, част.·см⁻²·с⁻¹; h – толщина слоя лесной подстилки, см; ρ – плотность лесной подстилки, г·см⁻³.

По формуле радиоактивного распада рассчитывали прогнозную на текущий момент удельную активность нуклидов. Коэффициент радиометрического ожидания (K_{PO}) рассчитывали как отношение текущей к ожидаемой удельной активности нуклидов. Результаты расчета K_{PO} показали, что на исследуемой территории за минувшее десятилетие приток ^{90}Sr с хвойным опадом на поверхность почвы увеличился в среднем в 14 раз, ^{137}Cs – в 1,2 раза. Созданные карты распределения значений K_{PO} по состоянию на 2002 г. и 2009 г. показывают участки различной интенсивности накопления нуклидов в верхнем слое почвы.

ХРОНИЧЕСКОЕ РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ

Гераськин С.А.

ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
stgeraskin@gmail.com

В настоящее время общепризнано, что система нормирования радиационного воздействия на биоту должна быть ориентирована на защиту популяций. Поэтому исследования биологических эффектов в популяциях растений и животных, населяющих территории, контрастные по уровню и спектру дозообразующих радионуклидов, играют уникальную роль в развитии и обосновании принципов экологического нормирования. Особое внимание при этом следует уделять эффектам популяционного уровня, не сводимым к элементарным механизмам биологического действия радионуклидов, таким как феномен радиоадаптации, изменение половой, возрастной и генетической структуры популяций. В докладе представлены результаты многолетних полевых исследований биологических эффектов в популяциях растений, населяющих контрастные по уровню радиоактивного загрязнения и спектру дозообразующих радионуклидов участки (30-км зона ЧАЭС (Украина), Брянская и Ленинградская области России, Семипалатинский полигон (Казахстан)). Развивающиеся в условиях радиоактивного загрязнения популяции растений характеризуются повышенной частотой генных и хромосомных мутаций. Даже относительно низкие уровни техногенного воздействия способны увеличивать величину генетической изменчивости и нарушать присущие интактным популяциям закономерности саморазвития. Хроническое радиационное воздействие, начиная с определенной мощности, способно менять генетическую структуру природных популяций. В условиях экологического стресса в популяциях растений происходит отбор на повышение устойчивости к действующему фактору. Но скорость и сама возможность осуществления этого процесса может существенно различаться в разных радиозэкологических условиях.

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ НА УРОВНЕ БИОГЕНЕЗА ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ

Гогебашивили М.Э., Иванцивили Н.И., Попиашивили Н.Э., Попиашивили Е.Э.

Институт аграрной радиологии и экологии, Тбилиси, Грузия, nazikoivanishvil@gmail.com

Известно, что свойственный для растительных организмов вторичный метаболизм, в отличие от общего для всех организмов первичного обмена, характеризуется таксономическим своеобразием и биогенезом фармакологически ценных соединений. Активным вторичным метаболизмом у растений - отличаются, как правило, дифференцированные ткани и клетки. Многочисленный экспериментальный материал, полученный при облучении лекарственных растений, показал возможность радиационной активации у них биогенеза вторичных метаболитов. Проведенные нами исследования на уровне интактных растений (*Datura stramonium L.*) подтвердили эти результаты и дали при облучении 15-20%-ное количественное увеличение содержания в тканях тропановых алкалоидов (временем взятия образцом ткани служила фаза цветения опытных растений). Аналогичные исследования были проведены и на проростках. Здесь, несмотря на снижение общего уровня вторичного метаболизма, и количественного содержания алкалоидов, при облучении было зафиксировано 5-8%-ное увеличение. Для определения значения уровня дифференциации растительных тканей на интенсивность изучаемого эффекта нами были проведены исследования и на культуральных (каллусных) тканях. Показано, что, несмотря на низкий уровень вторичного метаболизма в условиях *in vitro*, при облучении было зафиксировано 25%-ое увеличение в каллусной массе содержания алкалоидов. В целом проведенные исследования показали значение степени дифференцированности тканей для вторичного метаболизма. Одновременно с этим показана стабильность радиационного эффекта вне зависимости от уровня организации используемых тканей. В общебиологическом аспекте актуальным также является вопрос: является ли вторичный метаболизм «тупиком», во время которого происходит утилизация веществ более не нужные для жизнедеятельности растений или, - эта форма защитной реакции, то результаты наших исследований могут свидетельствовать о правомочности последнего.

АДАПТИВНЫЙ ОТВЕТ У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

Григоркина Е.Б.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

grigorkina@ipae.uran.ru

Проанализированы результаты собственных экспериментальных исследований изучения адаптивного ответа по микроядерному тесту у мелких млекопитающих из зоны влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа). Объекты исследования – грызуны разной экологической специализации (существенно различаются радиорезистентностью, биологическими характеристиками, образом жизни, особенностями миграции). Лесные и полевые мыши (однородные по возрасту и функциональному статусу) отловлены в осевой части ВУРСа (плотность загрязнения почвы ^{90}Sr - 18.5 мБк/м² (500 Ки/км²); обыкновенные слепушонки (живут семьями) - в окрестностях пос. Муслимово на берегу р. Течи (Челябинская обл.) (20 кБк/м² - 0.54 Ки/км²). Источник загрязнения реки - химкомбинат «Маяк», который в период 1949-1951 гг. сбрасывал жидкие отходы радиохимического производства. Контрольные участки находятся за пределами зоны ВУРСа, удалены от населенных пунктов и промышленных предприятий. В парных выборках (опыт-контроль) анализируемых видов установлены существенные различия по спонтанной частоте встречаемости клеток с микроядрами, по частоте индукции адаптивного ответа и индивидуальной вариабельности в его проявлении. Проиллюстрировано своеобразие геномного ответа грызунов разной экологической специализации на провокационное лучевое воздействие. На примере обыкновенной слепушонки из радиоактивно неблагоприятной среды получено экспериментальное подтверждение развития генетической радиоадаптации, развившейся при длительном воздействии низкодозового облучения под влиянием факторов эволюции. Приведены материалы по комплексу выявленных радиобиологических ответов у изучаемых видов (гематологические, иммунологические, цитогенетические, морфогенетические). Обсуждаются: (1) причины успешной генетической радиоадаптации обыкновенных слепушонок в чреде поколений; (2) разные варианты ответа на облучение в малых дозах в группировках лесных и полевых мышей и причины, которые снижают возможность закрепления тех или иных изменений в ряду поколений грызунов подвижных видов.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СТАТУС КАК МОДИФИКАТОР АККУМУЛЯЦИИ ОСТЕОТРОПНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Григоркина Е.Б., Оленев Г.В., Верхотурцев М.С., Тарасов О.В.¹

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

grigorkina@ipae.uran.ru

¹ФГУП ПО «Маяк», Озерск, Россия

Известно, что основой устойчивости природных популяций мелких млекопитающих является их генетическая и функциональная гетерогенность. В настоящей работе проанализированы результаты собственных исследований изучения удельной скорости аккумуляции стронция-90 (основного дозообразующего радионуклида) у сеголеток разных типов онтогенеза (малая лесная мышь, полевая мышь, красная полевка), отловленных в осевой части Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) (плотность загрязнения почвы ^{90}Sr - 18.5 мБк/м² (500 Ки/км²). Основа работы – функционально-онтогенетический подход (Оленев, 2002, 2004), основной критерий для определения типа онтогенеза - функциональный статус особи. Зверьки I типа онтогенеза - созревшие (в год рождения) сеголетки имеют высокий уровень метаболизма, функция - наращивание численности популяции. Зверьки II типа онтогенеза - незсозревающие (в год рождения) сеголетки характеризуются низким уровнем метаболизма, функция – пережить зиму и сохранить популяцию до весны следующего года. Удельная скорость накопления ^{90}Sr определена как отношение удельной активности радионуклида в костной ткани особи к возрасту. Установлены существенные различия по удельной скорости депонирования радиостронция, которая оказалась существенно (в два раза) выше у незсозревающих сеголеток (II тип онтогенеза). Сделан вывод, что аккумуляция остеотропных радионуклидов, следовательно, хроническое радиационное воздействие, как и острое облучение (Григоркина, 1998; Оленев, Григоркина, 2009) преломляется через функциональную структурированность популяции, т. е. через специфику двух типов онтогенетического развития грызунов. Популяционная гетерогенность особей по удельной скорости депонирования остеотропных токсических веществ приводит к изменению структурно-функциональной организации популяции, что позволяет ей находиться в состоянии динамического равновесия со средой. Обсуждаются причины различий в скорости депонирования стронция-90 и экологические следствия.

**РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ НА ТЕРРИТОРИИ
ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
ТРАНСУРАНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

*Гриневич С.В.¹, Кудряшов В.П., Пузан Н.А.¹, Клементьева Е.А.¹,
Аммон А.А.¹, Никитин А.Н.¹, Дж. Браун²*

¹ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель,
Республика Беларусь, irb@mail.gomel.by

²Норвежское агентство по радиационной защите, Остерес, Норвегия

Первичным путем распространения радионуклидов в биосфере является атмосферный перенос. По имеющимся экспериментальным данным с 1980-го года до 26 апреля 1986 г. концентрации радионуклидов в приземном слое воздуха Республики Беларусь составляли: $239,240\text{Pu} - 3,2 \times 10^{-9} \text{ Бк/м}^3$, $238\text{Pu} - 0,10 \times 10^{-9} \text{ Бк/м}^3$.

Сразу после Чернобыльской катастрофы содержание радионуклидов возросло примерно в 106 раз по сравнению с доаварийным уровнем. После резкого снижения удельной активности воздуха в мае-августе 1986 г. началась фаза постепенного самоочищения приземного воздуха от радионуклидов (в первые послеаварийные годы период самоочищения для плутония-239,-240 составлял 14,2 месяца).

В настоящее время на активность трансуранных элементов значительное влияние оказывает плотность радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности и ее состояние, антропогенная деятельность (сельскохозяйственные работы), пожары и другие факторы. В настоящее время активность изотопов плутония в приземном слое воздуха в Полесском радиационно-экологическом заповеднике составляет $1,1-2,3 \times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$, на территориях, непосредственно примыкающих к зоне отчуждения (г. Брагин) – $2,2-4,7 \times 10^{-8} \text{ Бк/м}^3$, на расстоянии 100 км (г. Гомель) не превышает $1,0-4,3 \times 10^{-9} \text{ Бк/м}^3$.

В течение года наблюдаются циклические изменения содержания техногенных радионуклидов в приземном воздухе со значительным повышением в весенне-осенний период, что связано как с освобождением поверхности почвы от снега весной и растительности осенью, так и с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью в районах, прилегающих к зоне отселения.

Данная работа выполнена в рамках проекта НАТО «радиоактивное загрязнение территории Беларуси в полесском радиационно-экологическом заповеднике» (SFP 983057).

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs В ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ ГРИБОВ

Грисюк С.Н., Паславская Ю.Я.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина,
sgrysyuk@rambler.ru

На сегодняшний день уровень загрязнения ^{137}Cs свыше 37 кБк/м² составляет 38,6% территории лесных насаждений в 12 областях Украины. Такой незначительный уровень радиоактивного загрязнения лесов несет опасность в первую очередь продукции побочного пользования лесом. Наивысший уровень накопления ^{137}Cs присущ плодовым телам грибов. Потребление их населением прилесных регионов предопределяют до 50 % дозы всего внутреннего облучения, получаемого при потреблении продуктов питания. Поэтому обеспечение радиационного контроля пищевых продуктов леса, заготавливаемых местными жителями, является актуальной задачей.

Объектами исследований были съедобные грибы из различных групп по нахождению мицелия в почве: белый гриб (*Boletus edulis*), масленок обычный (*Suillus luteus*), польский гриб (*Xerocomus badius*), опенок осенний (*Armillariella mellea*), сыроежка зелено-красная (*Russula alutaceta*). В процессе исследований определяли плотность загрязнения почвы ^{137}Cs и его удельную активность в плодовых телах грибов. Исследования проводились на дерново-слабоподзолистой песчаной почве при среднем уровне загрязнения 41,3±3,1 кБк/м². Установлено, что основная масса ^{137}Cs находится в лесной подстилке (12-13%) и 0-5 см слое почвы (57-58%). В 5-20 см слой почвы мигрировало около 30% ^{137}Cs . В более глубоких горизонтах почвы содержание ^{137}Cs практически не наблюдалась.

Установлено, что удельная активность грибов по ^{137}Cs зависит от места расположения мицелия в грунте. Максимальные значения удельной активности ^{137}Cs наблюдали в плодовых телах польского гриба и масленка обычного, мицелий которых расположен в прослойке почвы 0-5 см, и в сыроежке зелено-красной, мицелий которой находится в лесной подстилке. Минимальное накопление ^{137}Cs наблюдали у опенка осеннего, мицелий которого расположен в древесине (130±11 Бк/кг). В отдельных образцах польского гриба наблюдали превышение допустимых уровней загрязнения для грибов согласно действующих в Украине санитарно-гигиенических нормативов..

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ФИТОЦЕНОЗОВ В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Гудков И.Н.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев,

ingudkov@i.com.ua

За 24 года, прошедшие после аварии, состав растительности в фитоценозах на территориях с высокой плотностью радионуклидного загрязнения изменился. Однако, эти изменения, прежде всего, являются следствием резкого изменения характера хозяйствования – снижения антропогенного давления. На этом фоне трудно установить степень влияния именно ионизирующего излучения. Тем не менее, выявлены некоторые виды растений, позиции которых в фитоценозах с годами ослабевают. И это не обязательно виды, обладающие высокой радиочувствительностью. Так, описано снижение вплоть до полного выпадения численности популяции ежи сборной, выявлены виды, которые постепенно утрачивают репродуктивную функцию: подорожник ланцетолистный, фиалка утренняя, клевер ползучий, хамерий узколистный, дрема белая. Все это довольно радиоустойчивые виды.

Для проявления эффектов облучения необходимо, чтобы доза ионизирующей радиации достигла определенного уровня. При внешнем относительно равномерном облучении повреждаемость растений определяется именно общей поглощенной дозой. Поэтому в первые годы после аварии, когда доза в основном формировалась за счет внешнего облучения, в основном были повреждены радиочувствительные виды семейств сосновых, бобовых. В последующие годы, как и сейчас, когда радионуклиды стали поступать в растения через корни, доза на 80–95% определяется внутренним облучением. В растении она распределяется неравномерно, определяясь химическими свойствами радионуклидов и биологическими особенностями видов растений. Так, известные как своего рода чемпионы по радиоустойчивости калиефильные растения семейства крестоцветных могут накапливать большие количества химического аналога калия цезия, в т.ч. и радиоцезия, создавая в меристемах – критических тканях растений высокие дозы локального облучения. Известные как кальцефилы и в большинстве радиоустойчивые виды семейств розоцветных, лютиковых могут накапливать химический аналог кальция стронций, в т.ч. и радиостронций. Именно за счет этого на территориях с одинаковой плотностью радионуклидного загрязнения дозы внутреннего облучения разных видов растений могут различаться во много раз.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРОБИОНТОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Гудков Д.И.¹, Дзюбенко Е.В.¹, Шевцова Н.Л.¹, Поморцева Н.А.¹,
Родионова Н.К.², Проценко О.Н.¹, Назаров А.Б.³

¹Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина, digudkov@svitonline.com

²Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого
НАН Украины, Киев, Украина

³Государственное специализированное научно-производственное предприятие
«Чернобыльский радиэкологический центр» МЧС Украины, Чернобыль, Украина

В наиболее загрязненных радионуклидами водоемах украинского участка Чернобыльской зоны отчуждения в период 1998–2009 гг. оценивали частоту хромосомных aberrаций в эмбриональных тканях брюхоногого моллюска *Lymnaea stagnalis* L. и в меристематических тканях корней высших водных растений *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steud., *Typha angustifolia* L., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Butomus umbellatus* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Sparganium erectum* L. и *Stratiotes aloides* L. Анализировали состав форменных элементов мантийной жидкости взрослых особей моллюска *Lymnaea stagnalis* L. и основные гематологические показатели периферической крови аборигенных видов рыб *Esox lucius* L., *Perca fluviatilis* L., *Rutilus rutilus* L., *Scardinius erythrophthalmus* L. и *Carassius carassius* L.

Цитогенетические исследования свидетельствует о повышенной частоте aberrаций хромосом у гидробионтов из замкнутых водоемов зоны отчуждения – 4–12% у высших водных растений и 18–23% у эмбрионов моллюсков, что многократно превышает уровень спонтанного мутагенеза для водных организмов. В контрольных озерах этот показатель для гидробионтов составил 1,5–2%. В гемолимфе моллюсков из замкнутых водоемов зоны отчуждения доля мертвых агранулоцитов достигала 44, фагоцитов – 45, молодых амебоцитов – до 20%. Аналогичные показатели у моллюсков из контрольных озер были соответственно около 5, 4 и 90%. В периферической крови рыб отмечена повышенная, по сравнению с контролем частота микроядер эритроцитов и их двуядерность. Зарегистрирована также высокая частота деформаций эритроцитов в виде инвагинаций и отростков – до 29% в наиболее загрязненных радионуклидами озерах. В рыбе контрольных водоемов частота инвагинаций и отростков у эритроцитов не превышала 0,5%. По литературным данным, атипичная форма ядра эритроцитов у здоровых рыб встречается с частотой 0,4%.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНОВ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ ОБЪЕКТАМИ ПЕРВИЧНОГО ЯДЕРНОГО ЦИКЛА

*Дворецкий А.И., Белоконь А.С., Зайченко Е.Ю., Севериновская Е.В., *Корнев В.Ю.*

ДНУ им. Олеса Гончара, *областная СЭС, Днепропетровск, Украина, dvoretsk@list.ru

Наиболее острыми для Украины являются радиоэкологические проблемы, связанные с функционированием предприятий атомной энергетики и первичного ядерного цикла (ПЯЦ), и, как результат, с загрязнением природными и искусственными радионуклидами. С 1948 года в Днепропетровской области вследствие добычи и переработки уранового сырья (гг. Днепродзержинск и Желтые Воды) образовались 12 хранилищ “хвостов”; в 9 основных находятся 42 млн.т. радиоактивных отходов. Одним из наиболее опасных радиационных объектов является хвостохранилище «Днепровское», из которого в результате фильтрационных процессов радионуклиды попадают в р. Днепр. При этом среднегодовой вынос основных техногенно-усиленных природных радионуклидов составляет: $238\text{U}-5,5 \cdot 10^{10}\text{Бк}$, $226\text{Ra}-1,9 \cdot 10^{10}\text{Бк}$, $210\text{Pb}-4,4 \cdot 10^{10}\text{Бк}$, $210\text{Po}-8,8 \cdot 10^{10}\text{Бк}$, хотя опасность состоит не только в их радиоактивности, но и в токсических свойствах. Остальные 3 хранилища, где содержится 47 млн. т радиоактивных отходов (г. Желтые Воды), находятся в долине р. Желтая, впадающей в реку Ингулец, на которой расположены водозаборы, в том числе для г. Кривой Рог. Таким образом, уникальность радиоэкологической ситуации в Приднепровском регионе Украины обусловлена приоритетом действия природных техногенно-усиленных радионуклидов, повышенным радиационным фоном, а также влиянием искусственных черномыльских радионуклидов. Вместе с интенсивным развитием агропромышленного комплекса это создает радиационно-химическую нагрузку на биоту региона. Про актуальность этой проблемы свидетельствует принятие госпрограмм по гг. Днепродзержинск и Желтые Воды. В связи с этим в лаборатории радиобиологии и радиоэкологии НИИ биологии Днепропетровского университета было исследовано влияние такой нагрузки на организм животных. У белых крыс, получавших воду из района функционирования ПЯЦ (с высоким содержанием урана и превышением ПДК для Pb, Cd, Mn, Fe, Zn та Cu), изменялось поведение, что отражало активацию ЦНС, но при дисбалансе процессов возбуждения и торможения. Это подтверждалось обогащением биоэлектрической активности мозга высокочастотными сигналами. Наблюдалось усиление гемолиза эритроцитов и снижение активности церулоплазмينا. Отмечалось угнетение общей антиокислительной активности, особенно в мозжечке, сердце, печени. Это говорит о снижении общей резистентности организма, ведет к истощению его адаптивных возможностей и развитию патологий. Для минимизации этого в регионе необходимо, исходя из данных постоянного мониторинга, реализовать меры экологической защиты, а также обеспечить население эффективными природными адаптогенами.

РАДИОНУКЛИДЫ В ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В 30-КМ ЗОНЕ ГХК

Дементьев Д.В., Болсуновский А.А.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия, dementyev@gmail.com

В работе проводили исследования содержания радионуклидов в ягодных кустарниках в лесных экосистемах Красноярского края в зоне влияния Горно-химического комбината (ГХК) Росатома. Пробы отбирали на участках с аэрозольным (незатапливаемые участки) и водным (пойменные участки реки Енисей) поступлением радионуклидов. Из исследованных 5 видов ягодных кустарников, виды *Ribes nigrum* и *Rubus idaeus* характеризуются повышенным накоплением радионуклидов. Многолетние измерения проб надземной фитомассы кустарников с пойменных почв показывают, что максимальное содержание ^{137}Cs на этих участках характерно для ягод *Ribes nigrum*. Кроме ^{137}Cs в кустарниках с пойменных почв регистрируется ^{60}Co и ^{90}Sr , в единичных случаях в ветках *Ribes nigrum* обнаружен ^{152}Eu . Наличие в пойменных почвах ^{241}Am позволяет предположить содержание в них и накопление в растениях других трансурановых элементов. Анализ проб почвы и надземной фитомассы *Ribes nigrum* показал содержание в них ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am и $^{243,244}\text{Cm}$. Максимальная удельная активность этих элементов в *Ribes nigrum* характерна для листьев и ягод. На участках с аэрозольным поступлением радионуклидов обнаружен только ^{137}Cs . Наряду с техногенными радионуклидами в пробах определяли содержание ^{238}U , который преимущественно накапливается в ветках кустарников.

Наибольшие значения рассчитанных коэффициентов накопления (КН) ^{137}Cs в фитомассе *Rubus idaeus* и *Ribes nigrum* наблюдается в ягодах и листьях. Наиболее интенсивно в *Ribes nigrum* накапливается ^{90}Sr (КН=0,25-1,9). По рассчитанным КН накопление ^{137}Cs и ^{60}Co органами кустарников возрастает в ряду «ветки < листья ≤ ягода». Значения КН изотопов трансурановых элементов в *Ribes nigrum* лежат в диапазоне 0,02-0,05, и возрастают для $^{243,244}\text{Cm}$ и $^{239,240}\text{Pu}$ в ряду «ветки<ягоды<листья». По порядку величины значения КН ^{238}U в органах растений близки к КН для Cs, Co и трансурановых элементов, однако полного соответствия не наблюдается. Таким образом, в органах кустарников накапливается широкий спектр радионуклидов, и кустарники являются концентраторами ^{90}Sr .

Исследование выполнено при поддержке Интеграционного проекта СО РАН №1 и гранта РФФИ-ККФН № 09-04-98002_p_сибирь_a.

ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ВЗАИМОТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПАТОГЕН-РАСТЕНИЕ

Дмитриев А.П., Шевченко А.И., Полищук В.П., Гуца Н.И.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, Киев

dmyt@voliacable.com

Изменение такого рода взаимоотношений под влиянием стрессовых факторов может представлять потенциальную опасность для окружающей среды. Проведено сравнение встречаемости пяти различных вирусных заболеваний растений в 10-км зоне ЧАЭС (хроническое облучение), районе Змиевской ДРЕС (загрязнение почв тяжелыми металлами) и в качестве референтной зоны – на территории Шацкого национального парка. Показано, что хроническое облучение в малых дозах и загрязнение почв тяжелыми металлами способствуют более широкому распространению вирусных инфекций в популяциях растений. Полученные результаты свидетельствуют, что существует потенциальная опасность неконтролируемого распространения вирусных инфекций из зон экологического риска в соседние агроценозы.

В районе 10-км зоны ЧАЭС происходят изменения вирулентности и агрессивности фитопатогенных грибов. Возбудитель стеблевой ржавчины *P. graminis* выявлен нами на злаках и дикорастущих злаковых травах. Отмечены активные формо- и расообразовательные процессы, в результате которых возникла «новая» популяция *P. graminis* с высокой частотой встречаемости более вирулентных клонов по сравнению с другими регионами Украины.

Степень развития мучнистой росы и бурой ржавчины у растений пшеницы, выросших из семян, собранных в зоне, оказалась в 2-2,5 раза выше, чем у контроля. Отмечено снижение фитоиммунного потенциала растений пшеницы и кукурузы при искусственном инфицировании бурой ржавчиной в условиях полевых стационаров. Анализ биохимических изменений, лежащих в основе снижения болезнеустойчивости под влиянием малых доз хронического облучения, выявил уменьшение активности растительных ингибиторов протеиназ.

Таким образом, результаты, полученные независимо в условиях вегетационных опытов и на полевых стационарах, свидетельствуют о влиянии малых доз хронического облучения на растения и их патогены. Это подтверждает необходимость проведения мониторинга над микроэволюционными процессами у фитопатогенных организмов в Чернобыльской зоне отчуждения.

О ПРОБЛЕМЕ ЗООГЕННОГО ВЫНОСА РАДИОНУКЛИДОВ С ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЁННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО «МАЯК»

Дмитриева А.В., Смагин А.И.,

ФГУП Южно-Уральский институт биофизики, Озёрск, Россия, anastasiya@subi.su

ГНУ Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт,

Екатеринбург, Россия; biogeo@telecom.ozersk.ru

Считается, что зоогенный вынос радионуклидов из районов, пострадавших от радиационных аварий, незначителен и не может представлять существенной опасности для населения, проживающего на прилегающих территориях. На наш взгляд, исключением является риск употребления в пищу мяса животных, длительное время обитавших на радиоактивно загрязненных территориях, а затем мигрировавших и добытых охотниками, а так же рыбы из водоемов с повышенными уровнями радиоактивного загрязнения. Нормативные документы такие риски дополнительного облучения либо не учитывают, либо рассматривают их как ничтожно малые. В результате многолетней деятельности ПО «Маяк» обширные территории УрФО подверглись загрязнению долгоживущими радионуклидами. В результате аварий 1957 и 1967 гг. наиболее загрязненными оказались пойма р. Течи, технологические водоёмы ПО «Маяк» (Теченский каскад водоёмов) и прилегающие к ним территории. Вследствие процессов естественного радиационного распада радиоактивное загрязнение продолжается по настоящее время.

С 2001 по 2006 год сотрудниками отдела дозиметрии ЮУрИБФ случайным образом при прохождении ежедневного дозиметрического контроля были выявлены 10 человек, подвергшиеся значимому поступлению в организм таких изотопов, как ^{90}Sr и ^{137}Cs при употреблении в пищу рыбы и дикой птицы. При этом ожидаемая эффективная доза (ОЭД) от этих двух радионуклидов у пяти человек превысила пределы доз, установленные НРБ-99 для населения (1мЗв). У одного человека ОЭД превысила пределы доз, установленные НРБ-99 для персонала группы Б (5 мЗв).

Приведённые данные доказывают актуальность всестороннего изучения проблемы поступления радионуклидов с пищевыми продуктами. Необходимо разработать комплекс мероприятий по предотвращению поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм лиц, проживающего вблизи загрязнённых радионуклидами территорий, с такими продуктами как мясо дикой водоплавающей птицы и рыба.

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА БИОТЫ: СЛУЧАЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНЫХ УРОВНЕЙ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОНУКЛИДОВ УРАНОВОГО И ТОРИЕВОГО РЯДОВ НА ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ

Евсеева Т.И., Майстренко Т.А.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
Сыктывкар, Россия, terei66@rambler.ru

Экологические проблемы, возникшие после испытаний ядерного оружия, радиационных аварий и инцидентов послужили причиной для пересмотра основных положений по защите живых организмов от воздействия ионизирующих излучений. Перспективы развития атомной энергетики также диктуют необходимость получения оценок воздействия на окружающую среду всех объектов ядерного топливного цикла, в том числе, ориентированных на добычу, обогащение урановой руды и хранение радиоактивных отходов с высокими удельными активностями тяжелых естественных радионуклидов. Международные организации (МАГАТЭ, МКРЗ, МСР, НКДАР ООН) объединяют свои усилия для решения этих вопросов. Несмотря на существование критических замечаний о том, что введение экологических нормативов будет необоснованно сдерживать развитие атомной энергетики и усложнять радиоэкологический мониторинг, происходит быстрое развитие научных идей в области радиационной защиты биоты. Но большинство данных о последствиях для природных популяций растений и животных радиоактивного загрязнения окружающей среды выполнено без оценки поглощенных доз с учетом внутреннего и внешнего облучения. Это порождает множество неопределенностей при обосновании безопасных уровней радиационного воздействия для биоты, несмотря на быстро совершенствующиеся математические подходы к их оценке.

Без использования предварительных экстраполяций на основе экспериментальных данных нами оценены параметры зависимостей «доза-эффект» и безопасные уровни хронического воздействия радионуклидов уранового и ториевого рядов на природные популяции растений и животных. В большинстве случаев эмпирические зависимости описываются экспоненциальной функцией, а мощности доз, при которых наблюдаются достоверные негативные эффекты в популяциях растений и животных несколько ниже, чем существующие оценки безопасных уровней воздействия для биоты наземных экосистем (IAEA, 1992; Bird et al., 2003; Real et al., 2004).

АДАПТАЦИЯ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ И РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

Журавская А.Н.

Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения РАН, Якутск,
Россия, jan43@mail.ru

Объектами исследования были семена дикорастущих растений Центральной Якутии. Целью работы являлась оценка влияния физиологических и цитолого-биохимических адаптаций у материнских растений, сформированных в условиях совместного действия резко континентального климата криолитозоны, повышенного естественного радиационного фона и химио-техногенного загрязнений, на радиочувствительность их семенного потомства, получивших дозы острого дополнительного γ -облучения. Критериями оценки лучевой реакции семенного потомства были энергия прорастания и всхожесть семян, жизнеспособность проростков в определенные сроки жизни, ингибирование или стимулирование ряда биохимических процессов, уровень хромосомных аберраций и др., а также их вариабельность. При анализе полученных данных был применен комплексный, цитолого-биохимический метод (авторский) дифференциальной оценки устойчивости генома в реакциях репарации и его общей активности.

Впервые получены данные о радиочувствительности растений, произрастающих в условиях криолитозоны. Исследована радиоустойчивость семян 50 видов дикорастущих растений Центральной Якутии, предложена их классификация на 4 группы по радиоустойчивости. Установлена корреляция между совокупностью биохимических свойств клеток, обеспечивающих антиоксидантную и геномную защиту, их вариабельностью и устойчивостью к действию ионизирующего излучения. Показано, что увеличение экстремальности условий произрастания растений любой природы (климатической, радиационной, химической), *в определенном интервале интенсивности* приводит к повышению неспецифического адаптивного потенциала, порога устойчивости и выживания в стрессовых условиях среды.

Результаты исследования могут быть использованы при планировании и проведении природоохранных мероприятий, для решения задач экологического мониторинга и практической медицины.

УДЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ^{137}Cs В МЫШЦАХ РЫБ – БЕНТОФАГОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ ОСОБИ

Зарубин О. Л.

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина,

zol@kinr.kiev.ua, zarubins@ukr.net

После аварии 1986 года изучали содержание ^{137}Cs в рыбах – бентофагах водоемов 30-ти километровой зоны ЧАЭС и Каневского водохранилища р. Днепр. Так как в большинстве случаев собственно возраст отобранных особей рыб нами не определялся, здесь рассматривается зависимость содержания ^{137}Cs от массы особи.

Для большинства исследованных видов рыб наименьшее удельное содержание ^{137}Cs характерно для особей в возрасте до 2-3 лет. С дальнейшим увеличением возраста удельное содержание ^{137}Cs в мышцах различных видов рыб меняется по-разному.

В леще удельное содержание ^{137}Cs в отдельных случаях уменьшается с увеличением массы, но обычно не зависит от массы особи. В ерше-носаре, густере, карпе и плотве не обнаружено достоверной зависимости удельного содержания ^{137}Cs от массы особи.

В различных сериях проб мышц серебряного карася из одного и того же водоема обычно удельное содержание ^{137}Cs несколько повышается с увеличением массы. В некоторых сериях карасей не обнаружена зависимость удельного содержания ^{137}Cs от массы особи.

В ерше, как правило, проявляется тенденция к повышению содержания ^{137}Cs с увеличением массы особи.

В одном и том же виде, отловленном в разных водоемах, характер зависимости удельного содержания ^{137}Cs от массы особи может несколько различаться.

По-видимому, различный характер зависимости удельного содержания ^{137}Cs от массы особи в рыбах одного типа питания обусловлен видовыми особенностями изменений спектров питания с увеличением возраста.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ПОЧВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНОВ 30-КМ ЗОНЫ ЧАЭС И «ЮЖНОГО СЛЕДА»

Зарубина Н. Е.

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина,

zarubina@kinr.kiev.ua, zarubins@ukr.net

Исследования сезонной динамики содержания ^{137}Cs в почве проведены на территории Чернобыльской зоны отчуждения и «южного следа» в 2007 – 2010 гг.

Пробы почв отбирались послыно: подстилка, слой почвы 0 – 5 см и слой почвы 5 – 10 см. Полигоны пробоотбора: «Дитятки», «Парышев» - 30-км зона ЧАЭС; «Лелев» - 10-км зона ЧАЭС; «Стайки» - территория «южного следа».

В зависимости от полигона, максимальное содержание ^{137}Cs отмечается в слое лесной подстилки («Лелев», «Парышев», «Стайки») или сравнительно равномерно распределено в слое лесной подстилки + слой почвы 0 - 5 см («Дитятки»).

Анализ сезонных изменений уровней удельной активности ^{137}Cs в почве указывает на то, что на протяжении года колебания содержания этого радионуклида могут быть значительными (до 4,5 раз).

Сезонная динамика содержания ^{137}Cs в разных слоях почвы сходна для трех из четырех полигонов, находящихся на разном расстоянии от ЧАЭС («Лелев», «Парышев» и «Стайки»), носит волнообразный характер, и различается для разных почвенных горизонтов.

В слое лесной подстилки максимальное содержание ^{137}Cs регистрируется весной (март - июнь). К началу осени (сентябрь) наблюдается постепенное снижение уровней удельной активности этого радионуклида. Начиная с октября, содержание ^{137}Cs в слое лесной подстилки увеличивается. Для слоев почвы 0 - 5 см и 5 - 10 см наблюдается противоположная динамика: максимумы уровней удельной активности ^{137}Cs фиксируются осенью, в то время как минимумы - весной.

Для полигона «Дитятки» характерным является совпадение максимальных и минимальных значений содержания ^{137}Cs в слоях подстилки и почвы 0 - 5 см. Противоположные изменения уровней удельной активности этого радионуклида регистрируются в более глубоком слое почв - 5 - 10 см. Отличия сезонной динамики содержания ^{137}Cs в почве на этом полигоне могут быть связаны с особенностями лесной подстилки (толщина подстилки небольшая - всего 1.5 см).

ОЦЕНКА ПЕРЕХОДА АМЕРИЦИЯ-241 ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО КОРМА В БИОМАССУ РЫБ

Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия, t_zotina@ibp.ru

В числе техногенных радионуклидов, регистрируемых в реке Енисей в зоне влияния Горно-химического комбината Росатома, находится трансуранный элемент америций (^{241}Am), один из наиболее радиотоксичных радионуклидов. Возможность вовлечения трансуранных элементов в биотический круговорот до сих пор мало исследована. Трансуранные элементы могут поступать в организм рыб с пищей. Накопление америция пресноводными рыбами из пищи практически не исследовано, в отличие от морских рыб.

В данной работе пресноводных рыб (*Carassius gibelio*) кормили через катетер гомогенизированной биомассой водных растений (*Ceratophyllum demersum* и *Elodea canadensis*), меченой изотопом америция (^{241}Am), и исследовали интенсивность выведения радионуклида из организмов рыб с экскрементами и его распределение по тканям и органам рыб. Максимальный выход америция (до 70 %) из организмов рыб зарегистрирован в первые сутки, за трое-четыре суток из организмов рыб вышло 94-98% америция, однако америций достоверно регистрировался в экскрементах рыб через 11 суток. Америций обнаружен во внутренних тканях и органах рыб, в том числе, в тканях, не имевших прямого контакта с радионуклидом (костях и мышцах), что подразумевает абсорбцию радионуклида через стенки пищеварительного тракта. Удельная активность америция в костях (11 ± 1 Бк/кг) была в два раза выше, чем в мышцах, головах и покровных тканях, что свидетельствует о сродстве америция к костным тканям и согласуется с данными других исследователей. Максимальная активность америция зарегистрирована во внутренних органах (33 ± 2 Бк/кг сырой массы, 48 % от суммарной активности в теле рыбы). Накопление америция в мышцах рыб увеличивает вероятность его дальнейшего перехода по пищевой цепи.

Работа поддержана грантом РФФИ и ККФПНиНТД № 09-04-98010-р_сибирь_a.

**ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ РЫБ РЕКИ
ЕНИСЕЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА
РОСАТОМА**

Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Паньков Е.В.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия, t_zotina@ibp.ru

Река Енисей подвержена радиационному загрязнению в результате многолетней работы Горно-химического комбината Росатома (ГХК). Техногенные радионуклиды зарегистрированы во всех компонентах экосистемы, включая биоту. Одной из важнейших проблем радиоэкологии является перенос техногенных радионуклидов по пищевой цепи. Ихтиофауна – ключевое звено трофической цепи, ведущей к человеку и наземным млекопитающим. Перенос радионуклидов из биомассы рыб к человеку зависит от распределения радионуклидов в телах рыб.

Нами исследовано содержание техногенных радионуклидов в органах и тканях (костях, мышцах, головах, жабрах, покровных тканях, внутренних органах, икре) хищных (хариус сибирский, *Thymallus arcticus*) и мирных (елец сибирский, *Leuciscus leuciscus baicalensis*, и карась серебряный, *Carassius gibelio*) промысловых рыб, обитающих в реке Енисей вблизи ГХК. В телах рыб зарегистрированы техногенные радионуклиды ^{32}P , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , $^{141,144}\text{Ce}$. Радионуклиды с наведенной активностью зарегистрированы также в телах рыб, выловленных в реке Енисей на расстоянии 40 км выше по течению от ГХК.

Выявлены общие закономерности распределения радионуклидов по тканям и органам разных видов рыб. Изотопы активационного происхождения обнаружены не только в покровных тканях, головах и жабрах, но и во внутренних органах, икре, костях и мышцах, что может свидетельствовать о трофическом пути поступления радионуклидов в организм рыб. Накопление радионуклидов (^{60}Co , ^{65}Zn , ^{137}Cs) в мышечной ткани рыб увеличивает вероятность их ассимиляции человеком. Выявлено высокое содержание ^{60}Co и ^{65}Zn в икре, что может, спровоцировать отклонения в развитии потомства.

**АНАЛИЗ РОЛИ ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МНОГОЛЕТНЮЮ
ДИНАМИКУ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯ
НА ОТЧУЖДЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Иванов Ю.А.¹, Киреев С.И.²

¹Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии НУБП Украины, Чабаны,
Украина, ivanov@uiar.kiev.ua

²Чернобыльский радиоэкологический центр, Чернобыль, Украина

Проанализированы основные процессы, определяющие долговременную динамику миграции ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почвенно-растительном покрове территории Зоны отчуждения и Зоны безусловного (обязательного) отселения ЧАЭС. Рассмотрены процессы формирования пула мобильных форм радионуклидов в почвах на разных следах выпадений, динамика вертикального переноса радионуклидов в профиле почвы, динамика поступления радионуклидов в растения. Сделаны количественные оценки динамики указанных процессов.

Показано существенное снижение во времени пула мобильных форм и миграционной подвижности ¹³⁷Cs в почвах. Снижение во времени пула мобильных форм ⁹⁰Sr, внесенного в почву в исходной водорастворимой форме, происходит существенно медленнее по сравнению с ¹³⁷Cs. В то же время на существенной части экспериментальных площадок на топливных следах выпадений отмечено увеличение миграционной подвижности ⁹⁰Sr вследствие деструкции топливных частиц, в которых радионуклид был депонирован в период выпадений. Отмечена несущественная роль почвенных беспозвоночных в формировании пула мобильных форм ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почве. В то же время процессы минерализации подстилки естественных лугов Зоны, сформированных на гидроморфных органогенных почвах, на поздней фазе аварии являются существенным фактором привноса в верхний горизонт почвы мобильных форм ⁹⁰Sr. Оценен вклад процессов мобилизации-иммобилизации в почве, выноса из корнеобитаемого горизонта почвы и физического распада радионуклидов в формирование динамики поступления радионуклидов в растения на разных фазах поставарийной ситуации.

Интенсивность перехода ¹³⁷Cs из почвы в растения снижается по времени, причем основным лимитирующим процессом, определяющим динамику снижения перехода на поздней фазе аварии, становится физический распад радионуклида. Для ⁹⁰Sr процесс характеризуется более сложной динамикой.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС

Иванов Ю.А.¹, Киреев С.И.², Бондарьков М.Д.³, Левчук С.Е.¹, Хомутинин Ю.В.¹

¹Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии НУБиП Украины, Чабаны,

Украина, ivanov@uiar.kiev.ua

²Чернобыльский радиэкологический центр, Чернобыль, Украина

³Международная радиэкологическая лаборатория, Славутич, Украина,

Перераспределение радионуклидов в профиле почв изучали на территории зоны отчуждения на экспериментальных площадках, заложенных в 1986–1987 гг., и на ландшафтных полигонах Чернобыльского радиэкологического центра.

С использованием одно- и двухкомпонентной конвективно-диффузионных моделей рассчитаны параметры переноса радионуклидов в профиле почв, оценены значения экологических и эффективных периодов полувыведения радионуклидов из верхних горизонтов почвы. Обсуждается долговременная динамика миграционной подвижности радионуклидов на разных следах выпадений.

В 1986 – 1988 гг. интенсивность переноса в профиле почвы радионуклидов различных химических элементов (цезия, церия, стронция и др.) были в основном близкими, в 1989 г. дифференциация распределения радионуклидов увеличилась. В целом, после 1990 – 1992 гг. миграционная подвижность ^{90}Sr превышает подвижность ^{137}Cs , на топливных следах выпадений отмечен более интенсивный перенос в профиле почв ^{90}Sr по сравнению с ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239,240}\text{Pu}$. Максимальная интенсивность переноса ^{90}Sr отмечена в автоморфных минеральных почвах. На поздней фазе аварии на топливных следах выпадений наблюдается рост миграционной подвижности ^{90}Sr . ^{137}Cs характеризуется невысокой интенсивностью вертикального переноса в почвах, более интенсивная миграция радионуклида отмечена в гидроморфных органогенных почвах. Оценки параметров переноса ^{137}Cs в почвах через 21 год после выброса убедительно свидетельствуют о существенном замедлении процесса вертикальной миграции ^{137}Cs в почвах. На поздней фазе аварии изменение мощности экспозиционной дозы излучения, формируемой депонированным в почве ^{137}Cs , определяется только скоростью физического распада радионуклида. Изотопы плутония характеризуются наименьшей интенсивностью переноса в почвах.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ РЕФЕРЕНТНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ

Йоценко В.И., Кашипаров В.А., Левчук С.Е., Йоценко М.И.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина, vasy1@uiar.kiev.ua

Представлены текущее состояние и результаты цикла исследований, проводимых УкрНИИСХР для количественного описания эффектов хронического внутреннего и внешнего облучения референтных растительных видов экосистем Чернобыльской зоны отчуждения.

Для основного лесоформирующего вида зоны отчуждения, сосны обыкновенной, достаточно полно изучены закономерности формирования отклика на облучение на клеточном и морфологическом уровне. Исследования проводились на экспериментальном массиве, включающем более тысячи деревьев в диапазоне мощностей доз от 5 мГр год⁻¹ до 7 Гр год⁻¹. Дозы рассчитывались при помощи специально разработанной модели, позволяющей учитывать излучение инкорпорированных в разных органах радионуклидов, их годовую динамику и изменение параметров системы. В дальнейшем модель может быть адаптирована для других видов растений. Получены зависимости «мощность дозы – эффект» для морфологических изменений и для повреждений ДНК. Также проанализирована динамика формирования морфозов и установлена корреляция между эффектами, возникающими на разных уровнях.

В настоящее время проводятся выборочные цитологические анализы с целью идентификации других растительных видов зоны отчуждения, которые могли бы рассматриваться в качестве референтных.

ХАРАКТЕР РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Мельников В.С.

ФГУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины

ФМБА России, Челябинск, Россия, kazachenok@urcrm.chel.su

Определяли уровни загрязнения ^{90}Sr и ^{137}Cs лесной подстилки (степного войлока), почв (серой лесной, дерново-подзолистой, чернозема), травы, грибов и ягод на оси ВУРС в 20, 30, и 55 км от источника загрязнения. Наибольшая удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в большинстве случаев отмечена в нижней части подстилки, где находится полуразложившийся растительный опад. В 2007-2008 гг. в подстилке находилось до 17% от общей плотности загрязнения почвы ^{90}Sr , и до 16% – ^{137}Cs . В почве в слое 0-5 см удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs обычно была ниже, чем в подстилке, однако масса почвы на единицу площади значительно больше. Поэтому в слое 0-5 см находилось до 60% ^{90}Sr и до 50% ^{137}Cs . В слое 5-10 см в большинстве случаев активность падает и далее по профилю резко снижается. В лесных почвах глубже 20 см находится 3-4% всего ^{90}Sr и 28-41% всего ^{137}Cs . В черноземе на залежном поле – 57% ^{90}Sr и 37% ^{137}Cs . До глубины 175 см еще встречается небольшое количество ^{90}Sr и ^{137}Cs . Активность ^{90}Sr в траве в конце вегетационного периода в отдельных точках достигала 1400 Бк/кг, ^{137}Cs – 63 Бк/кг. Коэффициенты накопления ^{90}Sr в траве варьируют от 0,25 до 7,0; ^{137}Cs – от 0,02 до 2,6. В листьях и ветвях березы коэффициенты накопления ^{90}Sr – 0,3-1,0, ^{137}Cs – 0,1-0,3. Коэффициенты накопления ^{90}Sr в грибах – 0,002-0,05, ^{137}Cs – 0,01-0,1, в ягодах – 0,04-0,25 и 0,005-0,016. Удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в грибах не превышала ПДУ. Земляника и костяника, отобранные на расстоянии 20 и 30 км содержали ^{90}Sr в 3-13 раз больше допустимого уровня. По ^{137}Cs ПДУ не был превышен.

Через 50 лет прошедших с момента аварии основное количество ^{90}Sr и ^{137}Cs сосредоточено подстилке и верхнем слое почвы, хотя некоторая часть радионуклидов мигрировала на большую глубину. В настоящее время наибольшую опасность для населения ВУРС представляют дикорастущие ягоды.

МИГРАЦИЯ Ra-226 С ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ С ТЕРРИТОРИИ ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В П. ВОДНЫЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Кичигин А. И., Шуктомова И. И., Носкова Л. М.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия,

kichigin@ib.komisc.ru

Изученное хранилище радиоактивных отходов (РАО) образовалось в начале 1940-х гг., в результате деятельности в 1930-1950-е гг. предприятия по производству радия. В 1931-1953 гг. радий добывали из пластовых вод Ухтинского нефтяного месторождения, в 1946-1956 гг. – из отходов урановой промышленности. Хранилище РАО создавалось без проекта и без соблюдения требований радиационной безопасности и площадью 4.63 га, расположено на берегу р. Ухта, на первой надпойменной террасе, склоне и второй надпойменной террасе.

На хранилище захоронены низкоактивные РАО нескольких видов: «черные отвалы» – отходы производства радия из пластовых вод; «красные отвалы» – отходы производства радия из отходов урановой промышленности; металлическое оборудование радиевого производства; отходы, образовавшиеся при дезактивации (загрязненный грунт, древесная зола, кирпичный бой и пр.); нерадиоактивные отходы «Ухтинского электрокерамического завода «Прогресс» (с 1957 г. до начала 1980-х гг.).

В воде из скважин, расположенных на склоне второй надпойменной террасы в зоне захоронения «черных отвалов» удельная активность ^{226}Ra всегда превышала УВ и достигала 6.09 Бк/кг (в 12 раз выше УВ). В воде из скважин в песчаной отсыпке вдоль реки Ухта, максимальная измеренная удельная активность ^{226}Ra составляет 6.09 Бк/кг (15 УВ), средняя – 0.89 Бк/кг (1.8 УВ). Постоянно высокое содержание радия фиксировали в скважине, расположенной в 26 м от реки Ухта на участке захоронения «красных отвалов» (в среднем 3.49 Бк/кг или 7.1 УВ). Следует отметить, что при содержании радионуклидов в воде более чем 10 УВ, она относится к жидким радиоактивным отходам.

Следовательно, хранилище РАО в п. Водный Республики Коми представляет собой необорудованное приповерхностное хранилище низкоактивных радиоактивных отходов, находящееся в состоянии радиационной аварии.

Представленные данные получены при ведении работ в рамках ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» по договору с ФГУГП «Гидроспещгеология» ГК «Росатом».

СОДЕРЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ РАДИЯ, ПОЛОНИЯ И СВИНЦА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ БЕЛАРУСИ

Клементьева Е.А.¹, Кудряшов В.П.¹, Овсянникова С.В.²

¹ "Институт радиобиологии НАН Беларуси", Гомель, Республика Беларусь irb@mail.gomel.by,

² Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

В последние годы человечество все больше попадает в зависимость от качества воды. Вода может содержать примеси тяжелых металлов, в том числе и радиоактивных, органические загрязнители (пестициды, нефтепродукты), микроорганизмы. Соответствие норме всех этих показателей является необходимым условием обеспечения качества и безопасности воды. Для жителей Беларуси, пострадавших от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, особый интерес представляет радиоактивность воды. Результаты мониторинга радиационного состояния природных вод свидетельствуют о том, что за исключением территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, содержание чернобыльских радионуклидов в природных водах Беларуси соответствует действующим нормативам. Вместе с тем, в состав природных вод входят и естественные радионуклиды — в основном рядов урана и тория.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке содержания естественных радионуклидов радия, полония и свинца в природных водах, применяемых для питьевого водоснабжения, в сравнении с существующими нормативами для питьевой воды, действующими в Республике Беларусь (НРБ-2000). Объектами исследования служили образцы поверхностных и подземных вод, отобранные на территории Гомельской и Могилевской областей в 2008–2009 гг. Содержание радия, полония и свинца определялось посредством радиохимических анализов с альфа-спектрометрической или бета-радиометрической идентификацией радионуклидов.

Установлено, что содержание ²²⁴Ra в изученных образцах вод находится в пределах 0,065–0,40, ²²⁶Ra — 0,014–0,093, ²²⁸Ra — 0,057–0,12 Бк/л. Уровни вмешательства (УВ) для изотопов радия, содержащихся в водах питьевого назначения, соответственно составляют 2,10; 0,50 и 0,20 Бк/л. Следовательно, содержание изотопов радия в исследуемых водах соответствует норме. Показано, что содержание ²¹⁰Po в исследованных образцах варьирует в интервале 0,01–0,26 Бк/л. В ряде случаев выявлено превышение УВ для ²¹⁰Po (0,12 Бк/л). Содержание ²¹⁰Pb составляет 0,006–0,15 Бк/л (УВ — 0,20 Бк/л) и соответствует действующим нормативам.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОЙ МИГРАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ
РАДИОНУКЛИДОВ С ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА
ПРИ РАБОТЕ В ШТАТНОМ РЕЖИМЕ**

Коржавин А.В., Трапезников А.В., Трапезникова В.Н.,

Николкин В.Н., Коробенко А.Н., Коробенко О.В.

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

BFS_zar @ mail.ru.

Радиоэкологическая обстановка в Свердловской области, как и в целом в Уральском регионе, неразрывно связана с деятельностью Производственного объединения «Маяк», расположенного в Челябинской области. В первые годы существования ПО «Маяк» из-за несовершенства используемого газоочистного оборудования существенный дополнительный вклад в облучение населения южной части Свердловской области внесли газоаэрозольные выбросы радионуклидов в атмосферу. Со временем мощность выбросов снизилась в сотни и тысячи раз. Настоящее исследование проведено для оценки величины воздушного трансграничного переноса радионуклидов при работе предприятия в штатном режиме и с целью выработки прогноза развития радиоэкологической обстановки на случай возникновения внештатных ситуаций. Проведено определение содержания техногенных радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$ в снежном покрове, воде открытых водоемов, поверхностных грунтах и донных отложениях на участках, расположенных вдоль границы Свердловской и Челябинской областей. Полученные результаты сравнивались с контрольной точкой, находящейся за пределами влияния трансграничного переноса. Показано, что содержание $^{239,240}\text{Pu}$ в снежном покрове на участках, расположенных на пути возможного трансграничного воздушного переноса радионуклидов гораздо выше, чем в контрольной точке, поэтому нельзя исключить возможного влияния аэрозольных выбросов ПО «Маяк». В количественном отношении данные выпадения минимальны и соответствуют сотым и тысячным долям Бк в расчете на квадратный метр.

Таким образом, при работе предприятия в штатном режиме атмосферные выпадения радионуклидов минимальны и не оказывают заметного влияния на радиационную обстановку южной части Свердловской области.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 10-08-96021-р_урал_a.

РЕКА ТЕЧА – СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Костюченко В.А., Мельников В.С., Попова И.Я., Перемылова Л.М., Казаченок Н.Н.

Научно-практический центр радиационной медицины, Челябинск, Россия,

kost@urcrm.chel.su

Ширина затопляемой радиоактивно загрязненной поймы в среднем не превышает нескольких сот метров, а общая площадь - 80 км² по всей реке. В настоящее время основными дозообразующими радионуклидами на реке Теча являются ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Источником загрязнения речной воды ⁹⁰Sr и ³H является фильтрация радиоактивных растворов из Теченского каскада водоемов, ¹³⁷Cs вымывается из заболоченной поймы верховья реки. Концентрации ³H в воде реки в 2009 г. находились в пределах 20-120 Бк/л, ⁹⁰Sr 4 - 12 Бк/л, которые снижаются с расстоянием и зависят от водности года. Концентрация ¹³⁷Cs снижаются с расстоянием от 2,40 до 0,02 Бк/л без особых различий по сезонам года. Плотности загрязнения донных отложений ¹³⁷Cs с расстоянием меняются от 30 тыс. до 30 кБк/м², ⁹⁰Sr - на два порядка меньше. В период весенних половодий иловые осадки загрязняют поверхность поймы ¹³⁷Cs, где устойчиво сохраняются высокие величины МЭД (0,6-0,05 мкЗв/ч). Наибольшая удельная активность ¹³⁷Cs, обнаруженная на пойме, составила 1300 кБк/кг, ⁹⁰Sr - 19,3 кБк/кг. Вниз по течению плотности загрязнения ¹³⁷Cs с расстоянием снижаются на 5 порядков, ⁹⁰Sr - на 3 порядка. Величины запаса ¹³⁷Cs на отдельных участках Асановских болот колеблются от 1500 до 150 Ки/км², ⁹⁰Sr - от 150 до 15 Ки/км². В профиле поймы 80 % запаса ¹³⁷Cs находится в слое 0-20 см, а 70 % ⁹⁰Sr - в слое 0-40 см. Определены пути миграции радионуклидов из пойменной почвы в воду реки по содержанию водорастворимых форм в поверхностном 30-см слое и над водоупорным слоем на глубине 70-100 см. Отмечена тенденция к уменьшению содержания ⁹⁰Sr в верхних участках пойменных земель и накопления в нижерасположенных на удалении 6,5 - 21 км от ТКВ. Изучение характера распределения ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в толще намывтого осадка на заливной пойме позволило ориентировочно установить временную динамику миграции их с донным осадком. Наибольшее количество ¹³⁷Cs переносилось с донными отложениями в ранние 1970-1973 гг., затем в 1990-1993 гг., и, наконец, в 2005 г. Лабораторные исследования показывают, что в условиях постоянной промывки водой проб пойменной почвы около 11% ¹³⁷Cs и 22% ⁹⁰Sr уходят в раствор. В природных условиях существуют факторы, которые способствуют депонированию радионуклидов уже длительное время. Со временем отмечается улучшение радиационно-гигиенической обстановки в прибрежных населенных пунктах.

АККУМУЛЯЦИЯ ^{137}Cs В СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТАХ СТВОЛА СОСНЫ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Краснов В.П., Орлов А.А., Курбет Т.В.

Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства
и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Житомир, Украина,

polysskiy_branch@ukr.net

Исследования проведены в 2008 г. на стационарах, заложенных в 60-летних сосновых лесах в типах лесорастительных условий, наиболее типичных для региона (Житомирское Полесье Украины) – свежих суборях (B_2) и свежих судубравах (C_2). На каждом из стационаров спиливали по три модельных дерева сосны. Образцы структурных компонентов ствола (древесину, кору внутреннюю с лубом, кору внешнюю) отбирали на четырех высотных уровнях – вершине, 1/2Н, 1/4Н, комле. В проекции кроны каждого изученного дерева сосны отбирали по 5 сборных образцов почвы – цилиндрическим буром, на глубину 10 см, методом конверта. Для компонентов ствола по общепринятой методике были рассчитаны значения коэффициента перехода ^{137}Cs из почвы (КП, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$), а также их средние значения – для практического использования.

Выявлено, что в свежей субори средние значения КП ^{137}Cs составляли: в вершине – в древесине – $5,2 \pm 0,60$; коре внутренней – $41,6 \pm 3,76$; коре внешней – $7,7 \pm 0,92$; на высоте 1/2Н – $5,6 \pm 0,62$; $52,6 \pm 7,24$; $8,3 \pm 0,75$; на высоте 1/4Н – $5,2 \pm 0,58$; $59,9 \pm 9,23$; $7,7 \pm 1,16$; в комле – $5,0 \pm 0,71$; $83,0 \pm 13,00$; $9,4 \pm 1,19$ соответственно. В свежей судубраве средние значения КП ^{137}Cs составляли: в вершине – в древесине – $2,1 \pm 0,66$; коре внутренней – $11,2 \pm 4,15$; коре внешней – $2,7 \pm 0,45$; на высоте 1/2Н – $1,6 \pm 0,54$; $14,8 \pm 3,88$; $1,7 \pm 0,46$; на высоте 1/4Н – $1,5 \pm 0,49$; $14,3 \pm 3,80$; $1,7 \pm 0,52$; в комле – $2,1 \pm 0,82$; $23,0 \pm 7,06$; $3,2 \pm 0,12$ соответственно.

Сравнительный анализ показал, что во всех случаях интенсивность аккумуляции радионуклида структурными компонентами ствола сосны была существенно ниже на 95% доверительном уровне в свежих судубравах по сравнению со свежими субориями ($F_{\text{факт.}} > F_{0,95}$). В пределах свежих суборей и судубрав в отдельности различия средних значений КП на разной высоте ствола были существенными у коры внутренней и несущественными – у древесины и коры внешней. На основании полученных результатов рассчитана предельно допустимая величина плотности загрязнения почвы ^{137}Cs для получения нормативно чистой древесной продукции различного назначения.

**АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КЛЕТОЧНЫХ СИСТЕМ АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА
У ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ ПРИ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ
ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ**

Кудяшова А.Г.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, kud@ib.komisc.ru

Общая адаптационная реакция клетки млекопитающих имеет чрезвычайную стратегию защиты и она может индуцирована широким разнообразием повреждающих воздействий: ионизирующим излучением, холодом, гипоксией и др. Проблема клеточного стресса при действии факторов физической природы до сих пор остается актуальной и требует дальнейшего рассмотрения в плане изучения закономерностей развития адаптивных реакций организма и способов коррекции этого стресса. При клеточном стрессе развивается комплекс неспецифических изменений метаболизма, активирующих в первую очередь свободно радикальное окисление и стимулирующих функционирование внутриклеточных ферментов, к которым относятся ферменты анаэробного гликолиза и цикла Кребса, и их часто используют в качестве адаптивных маркеров на действие повреждающих факторов. Для определения адаптационных возможностей организма были проведены три эксперимента на полевках-экономках и их потомстве (F₁), отловленных на участках с нормальным и повышенным уровнем радиоактивности с дополнительными воздействиями (γ -облучение в диапазоне доз от 6.5 до 11.5 Гр, ранние эффекты от 1-7 сут, холодовое воздействие в течение 2.5 час). Показателями клеточных реакций стрессовых воздействий были – активность сукцинат-, пируват- и лактатдегидрогеназ в функционально различных тканях. При остром облучении обнаружены разные стадии ответных реакций, слабые и сильные звенья в процессах дегидрирования, направленность которых зависит от природы фермента и ткани. Показано, что адаптивные реакции у полевок, обитающих в разных радиозоологических условиях, при дополнительных стрессовых воздействиях оказались неодинаковы и зависели от исходного уровня процессов дегидрирования в различных тканях. Установлено, что резервные возможности процессов анаэробного обмена у полевок, испытывающих низкоинтенсивное облучение в среде обитания, понижены по сравнению с таковыми у контрольных зверьков. Работа выполнена в рамках проекта Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В ИНСТИТУТЕ БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН

Кудяшева А.Г., Таскаев А.И.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, kud@ib.komisc.ru

Показано развитие исследований популяций мышевидных грызунов, обитающих в районе с повышенным уровнем естественной радиоактивности в Республике Коми, начатые в 1960-е годы под руководством В.И. Маслова. В 1970-2010-е годы его учениками и коллегами (И.Н. Верховской, К.И. Масловой, Л.Д. Материй, А.И. Таскаевым, Б.В. Тестовым, П.А. Бородкиным, А.Т. Алиевым, О.В. Ермаковой, Л.А. Башлыковой, Н.Г. Загорской, Шевченко О.Г. и др.) были продолжены работы с использованием новых методов. Многолетние исследования состояния популяций полевки-экономки на радиоактивных участках показали высокий эффект действия малых доз ионизирующей радиации, выявленный на клеточном, организменном, мембранном уровнях и чувствительность этого вида к радиоактивному загрязнению среды. Установлены основные закономерности и особенности ответных реакций мышевидных грызунов в зависимости от эколого-физиологического состояния животных, степени и природы радиоактивного загрязнения территорий, времени действия радиационного фактора. Выявлены качественные различия субпопуляций полевок-экономок, обитающих на контрольных и радиоактивных участках. Обнаружены изменения численности животных в разные фазы популяционного цикла, нарушения синхронности фаз цикла, увеличение вариабельности половозрастной структуры популяций, усиление микроэволюционных процессов, стимуляция процессов фолликулогенеза в щитовидной железе, перестройки в системе кроветворения, липидной компоненте мембран эритроцитов крови, печени, головного мозга. Показано, что дополнительное хроническое низкоинтенсивное облучение полевок и их потомства, обитающих на радиоактивном участке, оказывает влияние на отдельные показатели процессов ПОЛ в различных тканях животных, степень и направленность которых зависят от исходного антиоксидантного статуса. Установлено, что одним из путей адаптивных реакций к радиоактивному загрязнению в среде обитания животных являются изменения масштаба и направленности между тесно скоординированными в норме параметрами ПОЛ и эндокринной системы и переход их на новый уровень функционирования, направленный на выживание популяций и поддержание клеточного гомеостаза в изменившихся радиоэкологических условиях.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

*Кутлахмедов Ю.А.¹, Саливон А.Г.¹, Пчеловская С.А.¹, Родина В.В.¹
Матвеева И.В.², Петрусенко В.П.²*

¹Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины,
Киев, Украина, ecoetic@yandex.ru

²Национальный авиационный университет, факультет экологической безопасности,
Киев, Украина, ecoetic@yandex.ru

Разработанные нами модели и теория радиоемкости экосистем, позволили ввести адекватный параметр – фактор радиоемкости, для определения состояния биоты экосистемы. Радиоемкость – определяется как предел радионуклидного загрязнения биоты экосистемы при превышении, которого могут наблюдаться угнетение и/или подавление роста биоты. Экспериментальными и теоретическим исследованиями установлено, что чем выше параметр радиоемкости биоты в экосистеме, тем выше уровень благополучия и надежности биоты в данной экосистеме. В частности, в исследованиях с растительными экосистемами, показано, что способность биоты накапливать и удерживать радионуклидный трассер¹³⁷Cs, аналог элемента минерального питания растений –К, отображает устойчивость и надежность биоты данной экосистемы. Установлено, что снижение показателя радиоемкости биоты в растительной экосистеме, при воздействии химических поллютантов и при гамма-облучении растений, четко отображает снижение благополучия и надежности биоты.

Используя эти параметры надежности элементов экосистемы, и зная структуру конкретной экосистемы, мы получаем возможность адекватно оценивать надежность всей экосистемы, через ее способность обеспечивать распределение и перераспределение трассера, что отображает ее устойчивое состояние.

На основе этого нового подхода к оценке надежности экосистем нам проведен расчет надежности на примере конкретных типов экосистем (склоновые и горные экосистемы, например). Показано, что локальные (поле) и линейные (склоновые и горные экосистемы), в силу последовательного типа их организации, обладают невысокой устойчивостью и надежностью, в плане способности обеспечивать миграцию поллютантов по данным экосистемам.

Нами показана возможность использования аналитической ГИС технологии для оценки и моделирования динамики распределения и перераспределения поллютантов-¹³⁷Cs в реальных ландшафтах и тем самым оценивать их параметры надежности и отображать их в картах ландшафтов территорий.

ПОЛОНИЙ-210 КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ ТРАССЕР БИОСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Лазоренко Г.Е.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины
Севастополь, Украина, g.e.lazorenko@gmail.com

^{210}Po – последний радионуклид в цепи распада радиоактивной серии ^{238}U - ^{226}Ra , поведение которого в морской среде представляет огромный интерес при изучении биогеохимических процессов. В естественных условиях атмосферные осадки – основной путь поступления ^{210}Po в моря и океаны, при этом средняя концентрация ^{210}Po в поверхностной воде Мирового Океана составляет $1,0 \text{ Бк/м}^3$ (Aarkrog et al., 1997). В повышенных количествах ^{210}Po определяется в местах добычи нефти, газа, урана, редкоземельных элементов, фосфоритов и апатитов и в местах сброса в моря жидких отходов промышленной переработки этих руд. Размах величин концентраций ^{210}Po в морских донных отложениях в естественных условиях составляет $5\text{-}900 \text{ Бк/кг}$ сухой массы (Higley, 2007).

Собственные исследования распределения ^{210}Po в пробах поверхностной воды Черного моря показали, что величины его концентраций изменялись от $0,6 \text{ Бк/м}^3$ в закрытых бухтах, $1,1 \text{ Бк/м}^3$ – в открытой части моря, $1,0\text{-}1,5 \text{ Бк/м}^3$ – в приустьевой зоне р. Днепр и около $2,1 \text{ Бк/м}^3$ – в приустьевой зоне р. Дунай. Эти различия могут быть обусловлены гидролого-гидрохимическими, экологическими условиями среды в районах исследования и наличием в ней разного количества взвешенного органического вещества, с которым ассоциирован этот радионуклид. Для черноморских донных отложений размах концентраций ^{210}Po составил $6\text{-}500 \text{ Бк/кг}$ сухой массы, при этом самые высокие из них характерны для проб, отобранных на периферии западного циклонического круговорота. Значительный вынос взвеси в поверхностный слой донных отложений приустьевых зон рек Дунай и Днепр способствует поступлению в них такого количества ^{210}Po , которое почти в $40\text{-}60$ раз выше, чем в глубоководной части моря. Для донных отложений исследованных прибрежных районов и шельфовой зоны Черного моря эта разница достигала $3\text{-}8$ раз. Следовательно, районы материкового склона, шельфа и приустьевых зон рек Днепр и Дунай служат основными источниками потока взвешенного органического вещества и связанного с ним ^{210}Po в глубоководную часть Черного моря.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
СТАТИСТИКИ ДАННЫХ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА
РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЧА – ИСЕТЬ – ТОБОЛ - ИРТЫШ**

Лунёва К.В., Крышев А.И., Никитин А.И.

Государственное учреждение Научно-производственное объединение «Тайфун»,
Обнинск, Россия, kristina-lkv@yandex.ru

В работе представлены результаты статистического анализа данных наблюдений удельных активностей ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах экосистем рек Теча-Исеть-Тобол-Иртыш, полученных в рамках исследований по проектам МНТЦ № 2558 и № 3547 [1]. Для анализа использовались методы непараметрической статистики, которые не делают акцент на распределении вероятностей значений и с помощью которых можно сравнивать данные, включающие значения ниже предела обнаружения.

По итогам проведённого анализа установлено, что удельная активность ^{90}Sr в р. Теча ($5,9 \cdot 10^3 - 1,8 \cdot 10^4$ Бк/м³) превышает содержание данного радионуклида в р. Исеть ($0,8 \cdot 10^3 - 2,1 \cdot 10^3$ Бк/м³). Также выявлено достоверное превышение содержания ^{90}Sr в р. Исеть относительно р. Тобол ($0,8 \cdot 10^2 - 7,4 \cdot 10^2$ Бк/м³) и в р. Тобол относительно р. Иртыш (8,5-105 Бк/м³). Таким образом, статистический анализ подтверждает вывод, что существует перенос данного радионуклида в речной системе Теча – Исеть – Тобол – Иртыш.

Выявлено достоверное превышение содержания ^{137}Cs в пойменной почве р. Теча (100-400 Бк/кг) относительно р. Исеть (20-150 Бк/кг). Не установлено различий по содержанию ^{137}Cs в воде р. Тобол ($0,04 - 1,8$ Бк/м³) и в р. Иртыш ($0,14 - 2,9$ Бк/м³), следовательно, существенного переноса данного радионуклида между реками нет. Выявлено достоверное превышение содержания ^{137}Cs в организмах хищных рыб р. Теча (4,0-13,0 Бк/кг сырого веса) относительно р. Тобол (0,02-0,62 Бк/кг, здесь и далее сырой вес). Установлено достоверное превышение удельной активности ^{137}Cs в рыбе р. Иртыш (0,05-3,6 Бк/кг) относительно р. Тобол (0,02-0,62 Бк/кг). Такое различие может быть обусловлено гидрохимическими особенностями р. Иртыш.

Литература

[1] ISTC – International Scientific and Technical Centre, Project 2558 “Radioecological monitoring of the Tobol and Irtysh rivers (West Siberia, Russia). Study of biogenic transfer of radionuclides and radiation risk assessment for the population and environment”. Final Technical Report on the Project Activity. ISTC, Moscow, 2006.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Майстренко Т.А., Евсеева Т.И., Белых Е.С., Кряжева Е.Ю.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

Сыктывкар, Россия, repeib66@rambler.ru

Оценка последствий техногенного воздействия на биосферу и прогноз развития ситуации в будущем являются одними из важнейших задач современной цивилизации. В связи с этим в последнее время предпринимаются значительные усилия по созданию эффективной системы контроля состояния природных экосистем.

Методологии химико-аналитического контроля и биотестирования в отдельности дают представление либо о качественном и количественном составе некоторых загрязняющих веществ в окружающей среде, либо о биологических эффектах, которые обусловлены всей совокупностью действующих факторов, включая флуктуации природно-климатических условий. Поэтому нами был разработан комплексный подход, позволяющий выявить факторы, интенсивность воздействия которых следует контролировать в первую очередь. Развитие этих принципов, проверенных в разных радиоэкологических ситуациях, позволило не только оценить современный уровень радиоактивного загрязнения почв с учетом рекомендаций МАГАТЭ, но и впервые создать крупномасштабные карты радиотоксичности почв испытательных площадок Балапан и Опытное поле с выделением контуров по степени воздействия радиоактивного загрязнения почв на их токсичность для растений. Проведенные исследования выявили высокую гетерогенность латерального распределения радионуклидов и мозаичность почвенного покрова по степени фитотоксичности. Показано, что токсичность почв для растений в большей мере связана с содержанием водорастворимых форм соединений радионуклидов, а не с общей удельной активностью в почве, и существенно зависит от характеристик почв уже на уровне подтипа.

Разработанная методология может применяться для оценки любых техногенных воздействий на экосистемы и позволяет учитывать роль определенных факторов в изменениях природных компонентов.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕПРОДУКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Мамина В.П.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

mamina@ipae.uran.ru

Известно, что благополучие популяции в основном определяется двумя процессами: смертностью и воспроизводством. В натуральных исследованиях в качестве показателя состояния репродуктивной функции мелких млекопитающих, как правило, используют интенсивность размножения. Сравнительный анализ чувствительности мужских и женских половых желез к радиационному воздействию показал, что гонады самцов являются наиболее чувствительными. Семенники млекопитающих обладают сложной системой клеточного обновления, поэтому они относятся к группе критических органов, а процесс сперматогенеза служит универсальной биологической тест-системой, позволяющей оценивать эффективность различных видов облучения. Состояние репродуктивной системы самцов оценивали по гистоморфологическим, морфометрическим и радиоиммунологическим критериям. Исследования проводили на европейской рыжей полевке *Myodes glareolus*, обитающей на радиоактивно загрязненных территориях (Тощкий полигон, Оренбургская область). Нами показано, что половозрелые самцы рыжей полевки обладают высокой индивидуальной изменчивостью по уровню тестостерона в плазме крови (3,1-12,2 нг/мл), апоптической гибели сперматогенных клеток (38,4–70%), уровню деструктивных изменений в ткани семенников и величине головки сперматозоидов. Высокая изменчивость отдельных показателей репродуктивной системы у мышевидных грызунов из природной популяции в первую очередь связана с их зоосоциальными взаимоотношениями. Формирование социальной иерархии сопровождается изменением в гипофизарно-семенниковой оси, которое обуславливает репродуктивный потенциал отдельного животного в популяции и в итоге приводит к дифференциальному размножению. Показано, что на фоновых территориях деструктивные изменения в ткани семенников и морфология сперматозоидов зависят от фазы численности популяции, на радиоактивно загрязненных участках подобная зависимость отсутствует. Так на фазе «пик» численности популяции, на фоновых участках у 60% животных отмечается снижение фертильности за счет угнетения андрогенной функции семенников (асперматогенез, атрофия канальцев), на загрязненных территориях - 40% и соответствовал фазе «роста» популяции. Фазе «роста» соответствует и величине головки сперматозоидов, которая является одним из основных показателей фертильности.

КОМПЛЕКСНЫЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

Мельник Н.А.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия,
melnik@chemy.kolasc.net.ru

Проблема радиэкологической безопасности является одной из важнейших составляющих национальной безопасности Российской Федерации и относится к числу приоритетных направлений деятельности государства. Поэтому исследования влияния радиоактивности на природные объекты, особенно в условиях антропогенного воздействия в трудно восстанавливаемых и наиболее уязвимых, с экологической точки зрения, зонах, к которым относится и Кольский полуостров, являются всегда актуальными. Основными источниками антропогенного воздействия в исследуемых районах являются Кольской АЭС, ТЭС и развитая структура горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий.

Комплексные исследования, проводимые в региональной лаборатории радиационного контроля ИХТРЭМС КНЦ РАН в течение многих лет, в области радиэкологии и рационального природопользования направлены на изучение радиэкологического состояния экосистем и создание на этой основе концепции радиационно-безопасного использования природных ресурсов Кольского Севера.

Работы, выполненные в 2000-2010 г.г. включают в себя результаты исследований по следующим циклам: 1) поиск и обнаружение источников ионизирующего излучения в геологических формациях; 2) изучение миграции радионуклидов в природной среде в условиях антропогенных нагрузок (разведке, добыче и эксплуатации месторождений); 3) изучение распределения радиоактивности при обогащении руд и гидрометаллургической переработке минерального сырья, содержащего природные радионуклиды рядов урана-238 и тория-232 (лопарит, перовскит, бадделлит, плумбомикролит и др.); 4) изучение возможности радиационно-безопасного использования минерального и техногенного сырья для производства строительных и технических материалов; 5) исследование временных и пространственных вариаций концентраций радионуклидов в атмосферных осадках и аэрозолях, в водоемах, почве и растительных объектах.

Комплексное исследование дает возможность объективно оценить современное радиационное состояние экосистемы района предполагаемого техногенеза.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ^{137}Cs , ^{90}Sr И Pu МАКРОФИТАМИ
ВОДОЕМА В-3 ТЕЧЕНСКОГО КАСКАДА ВОДОЕМОВ (ТКВ): НАУЧНЫЕ И
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

Меньших Т.Б., Ровный С.И.

Производственное объединение ФГУП «ПО «Маяк», Озерск, Россия, secur@chel.surnet.ru

Выполнена натурная оценка распределения ^{137}Cs , ^{90}Sr и Pu между морфологическими частями макрофитов водоема В-3 в период с 2004 по 2008 гг. Это позволило получить значения такого практически важного показателя переноса радионуклидов в системе корни-листья, как коэффициент переноса (КП), представляющего собой отношение удельной активности радионуклидов в корнях к таковой в листьях макрофитов прибрежных сплавин и центральной части обследуемого водоема.

Показано, что в шести видах частично погруженных макрофитов сплавин водоема В-3 (*Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Carex riparia* Curt., *Thelypteris palustris* Schott (L.) A. Gray, *Lythrum virgatum* L.) эти значения колеблются от 0,85 до 60,0 и от 0,45 до 5,0 для ^{137}Cs и ^{90}Sr , соответственно. Для Pu получен более широкий диапазон показателя – от 24,3 до 265. Это свидетельствует о более прочной фиксации радионуклида корнями растений.

Для погруженного макрофита центральной части водоема *Myriophyllum spicatum* L. показатели КП заметно ближе к 1 (1,4 и 1,0, для ^{137}Cs и ^{90}Sr , соответственно), так как погруженные растения способны поглощать радионуклиды не только корневой системой, но и облиственными побегами. Несколько выше этот показатель для Pu (5,75).

Полученные значения показателя переноса в дальнейшем будут использованы при балансовой оценке запасов ^{137}Cs , ^{90}Sr и Pu в макрофитах сплавин, а также центральной части водоема В-3 ТКВ.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТОВ КАНЬОНА РЕКИ МАШАВЕРА

Микеладзе М. О., Чанкселиани З. Ж., Миндиашвили Н., Липартелиани М.

Институт Аграрной Радиологии и Экологии, Тбилиси, Грузия, radioeko09@yahoo.com

Одной из глобальных проблем, к которой приковано внимание всего человечества – это защита окружающей среды от антропогенных воздействии. Очевидно, что без объективной информации об окружающей среде и о тенденции его изменения, практическая реализация защитных мер невозможна. Интенсивное развитие промышленного производства в XX веке повлекло за собой видимое изменение химического состава различных природных объектов: атмосферных осадков, воды рек и морей, почвы, растений и т. д. Во многих странах мира расширяются исследования в геохимической экологии. В частности изучается миграция тяжелых металлов в окружающей среде, а также и его влияния на живых организмах. Для системного контроля и прогнозирования изменений окружающей среды, большое внимание уделяется знанию закономерности миграции тяжелых металлов и радионуклидов в биосфере.

В начале мая 2008 года была организована экспедиция в зоне Казрети – на прилегающей территории золотого рудника, где и были взяты образцы почв, воды и растения. Эти образцы в основном были отобраны по направлению северо-востока от завода в 15 километровой зоне. Во всех местах был измерен радиационный фон, который колебался от 6 до 15 мкр/ч.

После проведенного анализа в отобранных образцах был установлен его радионуклидный состав. Оно в частности состояло из ^{40}K , ^{137}Cs , ^{109}Cd , ^{85}Sr , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{224}Ra и ^{226}Ra . Суммарная радиоактивность почв менялась соответственно расстояний от завода. В тех же образцах количественно были измерены тяжелые металлы, в том числе цинк. Максимальное содержание достигается на расстоянии восьми километров от завода. Именно в этом месте взятых образцах растения (картофель, пшеница, ткемали и др.) было установлено максимальное количество суммарной радиоактивности и цинка – как тяжелого металла.

Суммарная радиоактивность достигает пика на расстоянии восьми километров от завода. В этом месте максимально разбавляется ручье в реку Машавера, а потом идет постепенный спад, что обусловлено процессом осаждеии.

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОЁМОВ
БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧАЭС И ЮГА УКРАИНЫ**

Мирзоева Н.Ю.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины (ИнБИОМ),
Севастополь, Украина; natmirz@mail.ru

В результате проведённых исследований были определены закономерности распределения и миграции ^{90}Sr после аварии на ЧАЭС в водной среде водоёма-охладителя ЧАЭС, Киевского и Каховского водохранилищ, Северо-Крымского канала (СКК) и акватории Чёрного моря в период 1986–2006 гг., а также спрогнозировано время достижения доаварийных уровней концентрации ^{90}Sr в воде исследуемых водоёмов. Было отмечено первичное повышение концентрации ^{90}Sr в воде по сравнению с доаварийными уровнями в первые месяцы после аварии: в 100 тысяч раз в водоёме-охладителе ЧАЭС, в 309 раз в Киевском водохранилище; в 9 раз в Каховском водохранилище и СКК; в среднем в 3 раза в воде различных районов Чёрного моря. Нами установлено, что последующее резкое, в течение 1–2 лет, снижение концентрации ^{90}Sr в воде водоёмов происходило за счет: миграции радионуклида в ниже расположенные водоёмы; перераспределения между компонентами экосистем; в Чёрном море, в основном, за счет перемешивания в слое 0–50 м и миграции ^{90}Sr в глубинные воды (преимущественно до 200 м). Вторичное поступление ^{90}Sr с водами верхнего Днепра явилось более значимым источником загрязнения ^{90}Sr воды Каховского водохранилища, СКК, Северо-Западного района и региона у Крымского побережья Чёрного моря, чем выпадение этого радионуклида с атмосферными осадками. Дальнейшее экспоненциальное уменьшение вдвое концентрации ^{90}Sr в различных водоёмах происходило с периодом T_{05} : 4.1 года для водоёма-охладителя ЧАЭС, 6.1 года – для Киевского водохранилища; 5.7 года – для Каховского водохранилища, 7.6 года для СКК, от 7.3 года до 24.3 года в воде различных районов Чёрного моря. Определено, что прогнозируемое уменьшение концентрации ^{90}Sr в воде водоёма-охладителя и Киевского водохранилища к доаварийному уровню будет продолжаться в течение 44 лет, Каховского водохранилища – 36 лет, СКК – 44.0 года и Днепро-Бугском лимане Чёрного моря – 39 лет.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{137}Cs В ТОРФЯНО - БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ РАЗНЫХ ТИПОВ БОЛОТ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Мясковская О.С.

Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, Украина,

olga_myaskovckaya@mail.ru

Лесные болота – неотъемлемый элемент Полесского ландшафта. В Украинском Полесье болота образуются под влиянием геологической истории рельефа и климата. Их подразделяют на эвтрофные, мезотрофные и олиготрофные. Характерными особенностями для них являются медленные процессы разложения ежегодного опада, формирование специфического органогенного слоя – очеса, который состоит из полуразложившихся остатков сфагновых мхов и сосудистых растений.

Проведенные исследования показали, что мощность очеса значительно возрастает от мезотрофных болот (10-40 см) к олиготрофным (40-90 см). При этом также уменьшается объемная масса как очеса, так и торфа, что обусловлено его ботаническим составом и степенью его разложения прямо влияет на интенсивность вертикальной миграции радионуклида в торфяно-болотные почвы. Общей закономерностью вертикального распределения удельной активности ^{137}Cs в торфяно-болотных почвах, как и в почвах автоморфных ландшафтах, является уменьшение удельной активности радионуклида с глубиной – быстрое в верхних горизонтах и значительно более медленное - в нижних. На мезотрофных болотах максимальная суммарная активность ^{137}Cs была характерна для слоя торфа 0-5 см (17,7% от общей в почвенном профиле), на мезоолиготрофных – слоя торфа 5-10 см (14%), а на олиготрофных – слоя торфа 15-20 см (7%). Соответственно, в этом ряду болот происходит и заглупление центра запаса радионуклида.

Вертикальное распределение ^{137}Cs в торфяно-болотных почвах характеризуется перераспределением между очесом и торфом. Типичным является увеличение доли суммарной активности радионуклида, удерживаемую очесом, и уменьшение доли суммарной активности соответственно торфа при переходе от мезотрофных болот к мезоолиготрофным и олиготрофным.

Почвы торфяных болот имеют особое радиэкологическое значение в ландшафте. В краевых частях болот они являются геохимическими барьерами, в т.ч. для ^{137}Cs , и превращают болота в участки фитомиграционных аномалий с высокой подвижностью упомянутого радионуклида.

ПОВЕДЕНИЕ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

¹Наумов А.Д., ¹Пузан Н.А., ¹Гриневич С.В., ¹Клементьева К.А.,

¹Аммон А.А., ¹Никитин А.Н., ²Браун Дж.

¹ГНУ "Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси",

Гомель, Республика Беларусь

²Норвежское агентство по радиационной защите, Остерес, Норвегия

В начальный период после аварии на Чернобыльской АЭС наибольшую опасность для человека представляли короткоживущие радионуклиды. Со временем, увеличился вклад долгоживущих изотопов в формирование доз облучения. Происходят изменения форм нахождения изотопов трансурановых элементов (ТУЭ) в наземных и водных экосистемах, наблюдается их перераспределение и миграция.

Цель работы - оценить накопление ²⁴¹Am и ^{238,239,240}Pu в надземных частях растений луговых сообществ на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, где сосредоточено около 97% выпавших на территорию Беларуси ТУЭ.

Исследования проведены на двух пробных площадях, представленных пустошно злаково-разнотравно-бобовым и злаково-разнотравным типами растительности.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее высокие коэффициенты накопления ТУЭ характерны для представителей семейств Onagraceae и Polygonaceae. Коэффициенты накопления для семейств Rosaceae и Poaceae ниже практически в 2-8 раз, в зависимости от исследуемого изотопа.

Среди исследованных видов луговых растений минимальная аккумулирующая способность характерна для *Rubus idaeus* L., *Cytisus ruthenicus* Fisch., *Digraphis arundinacea* (K.) и Trin., *Lythrum salicaria* L. Виды, накапливающие изотопы плутония и америция в гораздо большей степени - *Rumex confertus* Willd. и *Oenothera biennis* L. Наблюдаются схожие межвидовые различия в аккумулирующей способности, как по отношению к изотопам плутония, так и по отношению к америцию.

Изотоп ²⁴¹Am обладает более высокой биологической доступностью по сравнению с изотопами плутония, и его валовое содержание в надземной части растений в среднем в 2-3 раза выше, чем изотопов плутония.

Данная работа выполнена в рамках проекта НАТО «Радиоактивное загрязнение территории Беларуси в Полесском радиационно-экологическом заповеднике», SFP 983057.

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВЛИЯНИЮ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИЯ

Носкова Л.М., Шуктомова И.И.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, lmn06@mail.ru

Представлены результаты динамики радиационной обстановки на участках, подвергнутых в период 1930-1950 гг. влиянию крупномасштабного производства ^{226}Ra из пластовых вод. Показано, что радионуклид сосредоточен в верхних слоях почвенного профиля и, большей частью, в прочносвязанной форме. Вертикальная миграция слабая. Рассчитаны запасы радионуклида в почвенных слоях с наиболее высоким его содержанием. Сравнение активностей радия в почвенном профиле и изменение его содержания в растительности на дезактивированном насыпным методом участке по результатам исследований 1972, 1981 и 2002 гг. показало существенную роль растений в перераспределении радионуклида.

Изучен гранулометрический состав техногенно-загрязненных почв и распределение радия во фракциях <1, 1-5, 5-10, 10-100, 100-250, >250 мкм. Показано, что в техноподзолистой почве максимальная удельная активность радия приходится на частицы размером <1 мкм (30.3 %). В целом, на долю физической глины и физического песка приходится 80.8 и 19.2 % удельной активности радионуклида. Влияние фракции физической глины на валовое содержание радия подтверждают результаты корреляционного анализа ($r = 0.90$). Наибольший вклад в общую активность радия дают частицы 10-100 мкм (32 %), <1 мкм (23.4 %) и 100-250 мкм (16.5 %).

В химически загрязненной дерново-луговой почве также наблюдается повышенное содержание удельной активности радия во фракции физической глины (67.9 %) и обеднение радионуклидом фракции физического песка (32.1 %). В целом, внутри фракции физической глины наибольшей удельной активностью радия обладают частицы размером <1 и 5-10 мкм (в среднем 23.7 и 23.3 %), немного меньше частицы размером 1-5 мкм (20.9 %). Внутри фракции физического песка, как правило, активность радия уменьшалась в ряду 10-100, >250 и 100-250 мкм. Так же, как и в предыдущем случае, наибольший вклад в общий баланс радия дают частицы размером 10-100 мкм (26.7%), наименьший – 5-10 мкм (7%). Весомый вклад в радиоактивность почвы дают частицы размером <1 мкм (22.1%). Остальные фракции вносят примерно одинаковый вклад.

**РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ
У *APODEMUS (S.) URALENSIS* ИЗ ЗОНЫ ВУРСа**

Орехова Н. А.¹, Расина Л.Н.^{1,2}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

orehova@ios.uran.ru

²Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

rasina@ios.uran.ru

Существенные поправки в расшифровку механизмов радиоадаптации вносит учет не только антропогенных, но и естественных экологических факторов, к которым относится динамика численности природных популяций (Ермакова, 1987; Мамина, Жигальский, 2000; Биологические эффекты..., 2004). Цель работы – сопоставление метаболических изменений у малой лесной мыши (*Apodemus (S.) uralensis*) из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) с динамикой численности ее популяции. Согласно работам (Григоркина и др., 2008; Модоров, 2009) динамика численности по годам в период исследований с 2002 по 2008 гг. изменялась синхронно на контрольном участке и в зоне ВУРСа с максимумом численности в 2005 и 2006 гг., в четыре раза превышающем уровень депрессии численности 2004 г.

Выявленные межгодовые изменения показателей липидного, углеводного, белкового обмена в тканях животных указывают на положительную взаимосвязь уровня метаболических процессов с численностью популяции. При высокой численности в контрольной выборке наблюдали признаки острого гомеостатического стресса (повышение уровня глюкозы в плазме крови, снижение содержания гликогена печени, увеличение концентрации общих липидов печени и плазмы крови), у животных зоны ВУРСа – признаки хронического стресса с увеличением содержания гликогена печени на фоне снижения общего белка в плазме крови и селезенке. Таким образом, естественные экологические факторы, наряду с антропогенными, следует отнести к детерминантам формирования метаболических изменений при хроническом облучении природных популяций, что необходимо учитывать при изучении механизмов физиологической адаптации и прогнозировании на уровне организма и популяции отдаленных последствий радиоактивного загрязнения среды обитания.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научных школ (НШ-1022.2008.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{137}Cs В ЭКОСИСТЕМАХ ПОСТЛИМНЕАЛЬНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Орлов А.А.¹, Головка О.В.²

¹Полесский филиал Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н.

Высоцкого, Житомир, Украина, polysskiy_branch@ukr.net;

²Ривненский природный заповедник, Сарны, Украина, oksana_golovko@ukr.net

Исследования проведены в 2006 г. в Белоозерском лесничестве Ривненского природного заповедника на крупном постлимнеальном болотном массиве Коза-Березина, возрастом 10-13 тыс. лет. Данный болотный массив в центральной части сильно обводнен и представлен мезотрофными, мезоолиготрофными и олиготрофными открытыми и редколесными болотами.

По стандартной методике (Лавренко, 1959) в типичном локалитете, на редколесном сфагновом болоте, в ценозе *Pinetum eriophorosum (vaginatum)-caricosum (rostratum)-Spagnosum (magellanicum et fallax)* заложен биогеоценотический стационар (1,0 га), на котором изучены: видовой состав всех ярусов растительности (Корчагин, 1964); почвы (Рожнова, 1959); макромицеты (Васильева, 1959); весовые характеристики всех компонентов экосистемы на единице площади (Родин, Ремезов, Базилевич, 1968). Во всех компонентах экосистемы спектрометрически была измерена удельная активность (A_m) ^{137}Cs , в т.ч. вертикальное распределение ^{137}Cs в толще торфа, что с учетом их массы на единице площади позволило рассчитать распределение суммарной активности этого радионуклида между компонентами изученной экосистемы.

Выявлено, что основная часть суммарной активности ^{137}Cs в данной экосистеме мигрировала в торфяную почву – 82,58%, соответственно все ярусы растительности удерживали в сумме 17,42% ^{137}Cs . В торфяной почве распределение запаса ^{137}Cs было специфичным – 33,77% находилось в слое мощного очеса (35–45 см), а в толщу собственно торфа мигрировало 48,81% суммарной активности ^{137}Cs экосистемы в целом. Между ярусами растительности запас ^{137}Cs распределился следующим образом: древесной *Pinus sylvestris* L. – 0,77%; травяно-кустарничковый ярус – 0,12%; моховой (сфагновый) ярус – 16,48%; лишайниковый ярус – 0,002%; ярус макромицетов – 0,05%.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПЕРИОД ПОЛУЧИЩЕНИЯ ОТ ^{137}Cs
ДОМИНАНТ НИЖНИХ ЯРУСОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ УКРАИНСКОГО
ПОЛЕСЬЯ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА**

Орлов А.А.

Полесский филиал Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н.
Высоцкого, Житомир, Украина, polysskiy_branch@ukr.net

Многолетний мониторинг (1991-2009 гг.) удельной активности ^{137}Cs , проводимый на биогеоценологических стационарах в лесных экосистемах Центрального Полесья Украины, позволил рассчитать длительность экологического эффективного периода полуочищения (T_{eff}) ряда доминант нижних ярусов растительности от данного радионуклида. Нами разработана методика расчета величины T_{eff} , нивелирующая погодичные колебания содержания ^{137}Cs в изучаемых компонентах.

Выявлено, что за исследованный период в сосновых лесах чернично-зеленомошных в типе лесорастительных условий влажная субурь (B_3) удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе *Vaccinium myrtillus* L. в среднем уменьшилась в $4,4\pm 0,62$ раза, у *Vaccinium vitis-idaea* L. – в $4,6\pm 0,65$ раза. Средняя длительность периода T_{eff} в данных экологических условиях составила: у *V. myrtillus* $7,6\pm 0,72$ года, а у *V. vitis-idaea* – $6,9\pm 0,66$ года.

В условиях сосняков чернично-долгомошных и чернично-сфагновых в типе лесорастительных условий сырая субурь (B_4) средняя длительность T_{eff} составила: у *V. myrtillus* $18,1\pm 2,04$ года, у *V. vitis-idaea* – $11,4\pm 0,69$ года.

Анализ многолетней динамики содержания ^{137}Cs в зеленых мхах-доминантах мохового яруса в условиях влажной сосновой субури (B_3) показал, что данный показатель в живой части мхов за изученный период существенно снизился: у *Pleurozium schreberi* и *Dicranum polysetum* – в 2,9 раза, у *Hylocomium splendens* – в 2,7 раза. Длительность эффективного экологического периода полуочищения живой части мхов от ^{137}Cs составила: у *Dicranum polysetum* $10,5\pm 2,23$ года, *Pleurozium schreberi* – $11,0\pm 2,32$, *Hylocomium splendens* – $10,2\pm 1,88$ года. Так как у зеленых мхов одновременно происходят противоположные процессы – уменьшение содержания ^{137}Cs в живой и увеличение в мертвой части, длительность T_{eff} у мохового яруса в целом оказалась существенно больше, чем у живой части мхов: *Pleurozium schreberi* – $24,0\pm 2,63$ года, *Hylocomium splendens* – $23,5\pm 1,98$, *Dicranum polysetum* – $18,0\pm 3,55$ года.

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЯИЦ У ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ НЕМАТОДЫ *HELIGMOSOMUM MIXTUM* (SCHULZ, 1952) В 30 КМ ЗОНЕ ЧАЭС.

Пельгунов А.Н.

Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, apelgunov@list.ru

Heligmosomum mixtum (сем. Heligmosomatidae Cram, 1927) паразитирует в тонком отделе кишечника грызунов. Жизненный цикл прямой, без промежуточных хозяев. В самке нематоды имеется несколько сформированных яиц, в которых идет начальный процесс формирования личинки. Материал был собран с 1988 по 1991 гг. на нескольких точках в зоне Чернобыльской АЭС от рыжей полевки. В 10 км зоне: Яново, Чистоголовка, Шепеличи и д/о «Изумрудное», вне 10 км зоны: Куповатое, Разъезжая, Ораное. Большая часть материала была собрана на точках: д/о «Изумрудное» и Ораное.

Загрязнение почвы на этих участках основными радионуклидами было следующим (кБк на кг воздушно-сухой массы) (Пельгунов, 2005).

Место	¹³⁷ Cs ± 10%	¹³⁴ Cs ± 10%	⁹⁰ Sr ± 15%
Ораное	4,4	0,4	2,2
«Изумрудное»	58	6,1	74

Всего из 10 км зоны было обработано 208 самок *H. mixtum*, а вне 10 км зоны – 209.

У каждой самки измеряли по 5 правильно сформированных яиц, находящихся в процессе дробления.

Проведенный анализ показал, что размеры яиц (длина и ширина) достоверно изменились – эти размеры увеличились в 10 км зоне, t-критерий значительно превышает критические значения для данного объема выборок (для длины $t = 5,28$; для ширины $t = 3,77$, что значительно превышает $P \geq 0,05$). Необходимо отметить, что изменились параметры распределения этих признаков в 10 км зоне – увеличился размах вариабельности и увеличился коэффициент асимметрии. Если вне 10 км зоны у этих признаков распределение было практически симметрично, то в 10 км зоне распределения стали асимметричны.

Данные анализа изменения размеров яиц *H. mixtum* с двух мест сбора в зоне ЧАЭС.

	место	размеры	max	min	As
длина	10 км зона	74,1±0,17	112,0	51,0	0,91±0,076
	Вне 10 км зоны	69,8±0,38	96,0	48,0	0,12±0,076
ширина	10 км зона	46,6±0,24	73,0	30,0	0,82±0,076
	Вне 10 км зоны	44,2±0,14	62,0	30,0	-0,05±0,076

На изменение в объеме яиц у сизого голубя в зоне ВУРС указывали Бельский Е.А., Ляхов А.Г. (1995).

**АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs И ^{90}Sr
ДРЕВЕСИНОЙ И КОРОЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ**

Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В.

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие "Институт радиологии", Беларусь, Гомель, forest_rad@mail.ru

В спелых и приспевающих сосновых насаждениях различных типов условий местопроизрастания с 2000 по 2009 гг. проведены исследования закономерностей накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr древесиной и корой сосны обыкновенной.

Установлено увеличение коэффициентов перехода ^{137}Cs для древесины и коры в при повышении увлажнения почвы от свежих к сырым-мокрым гигротопам и снижение по ^{90}Sr . Увеличение плодородия почвы на каждую градацию эдафической сетки определяет снижение коэффициентов перехода обоих радионуклидов для древесины и коры.

За исследуемый период выявлено снижение коэффициента перехода ^{137}Cs для древесины и коры сосны обыкновенной во всех типах условий местопроизрастания. Для ^{90}Sr тренда снижения коэффициентов перехода в элементы фитомассы не выявлено.

В древесине сосны обыкновенной в исследованных эдафотопях находится от 0.3 до 2 %, а в коре 0.2-0.6% ^{137}Cs от общей активности радионуклида в экосистеме. При этом минимальные значения наблюдаются в относительно богатых типах условий местопроизрастания (B2 и C2), а максимальные – в A3 и A4.

Активность ^{90}Sr в древесине варьирует в диапазоне 2.5-5% от общей активности радионуклида в экосистеме, а в коре – 0.7-2%. При этом наибольшие активности наблюдаются в свежих и бедных условиях местопроизрастания A2, а минимальные – сырых (A4) и мокрых (A5).

Ежегодный возврат радионуклидов с опадом ассимилирующих органов оценен величиной 0.2-0.4% по ^{137}Cs и 0.3-0.5% по ^{90}Sr от общей активности радионуклидов в исследованной экосистеме соснового леса. Минимальный возврат ^{137}Cs и ^{90}Sr с опадом прогнозируется в относительно богатых типах условий местопроизрастания (B2 и C2).

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ
ПОСЛЕ АВАРИЙНЫХ ВЫПАДЕНИЙ**

Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В.

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие

"Институт радиологии", Беларусь, Гомель, forest_rad@mail.ru

Рассмотрены основные закономерности формирования радиационно-экологической обстановки в лесных насаждениях на различных этапах аварийных радиоактивных выпадений. Выделены три основных этапа, отличающиеся интенсивностью перераспределения радионуклидов между компонентами лесной экосистемы: интенсивного поверхностного очищения надземной фитомассы, корневого поступления в растения, квазиравновесного состояния в распределении радионуклидов.

Основной задачей радиационно-экологического мониторинга на первом этапе формирования радиационно-экологической обстановки является установление скорости поверхностного очищения, на втором этапе – определение параметров накопления и времени стабилизации коэффициентов перехода, оценки основных параметров перехода под влиянием различных факторов, на третьем – уточнение параметров радиационно-экологической обстановки и долговременное прогнозирование содержания радионуклидов в основных лесных компонентах.

Предложены системы мероприятий радиационно-экологического мониторинга в соответствии с его задачами на различных этапах формирования радиационно-экологической обстановки в лесных насаждениях, особенности организации сети мониторинга и основные методические подходы к выполнению исследований.

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs И ^{90}Sr ЯГОДАМИ ЧЕРНИКИ И ЗЕМЛЯНИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ

Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В.

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие "Институт радиологии", Беларусь, Гомель, forest_rad@mail.ru

В 2007-2009 гг. на 100 пробных площадках проведено исследование влияния эдафических условий произрастания (типов условий местопроизрастания лесных насаждений или эдафотопов) на накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr ягодами черники и земляники.

Установлено достоверное снижение коэффициентов перехода ^{137}Cs для ягод земляники при повышении плодородия почвы от боровых – А2 ($\sim 1 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$) к сложным субборевым – С2 ($0.2 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$) эдафотопам. Коэффициент перехода ^{90}Sr для ягод земляники практически не отличается по типам условий местопроизрастания, находясь на уровне $10\text{-}10.5 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$.

Выявлено достоверное увеличение коэффициентов перехода ^{137}Cs для ягод черники по мере увеличения увлажнения почвы от свежих к сырым и мокрым гигротопам, по мере увеличения плодородия почвы в координатах эдафической сетки накопление радионуклида снижается. Минимальные значения коэффициентов перехода ^{137}Cs для свежих ягод черники отмечены в насаждениях типов условий местопроизрастания В2 и В3 – менее $3.5 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, а максимальные – в А4 и А5 (мокрые и сырые боры), где превышали $10 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$. В наиболее типичных эдафотопам для черники (А2, А3, В2 и В3) диапазон коэффициентов перехода ^{90}Sr составляет $1\text{-}4 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$. Минимальный переход радионуклида наблюдается в эдафотопе А5 – межквартильный размах составляет $0.3\text{-}1 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$.

Проанализирована многолетняя динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для ягод черники и земляники в наиболее типичных условиях произрастания. В течение последних 10 лет можно констатировать квазиравновесное состояние перехода ^{137}Cs в ягоды черники, с большой вероятностью коэффициент перехода радионуклида составит $3\text{-}6 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, и для земляники – $0.5\text{-}1.5 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$. Коэффициент перехода ^{90}Sr для ягод черники стабилизировался на уровне $0.8\text{-}2 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, а земляники – $10\text{-}15 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

Перемышлова Л.М., Костюченко В.А., Попова И.Я., Дегтева М.О., Толстых Е.И.

ФГУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины,

Челябинск, Россия, perem@urcrn.chel.su

В Челябинской области в 1967 г. в результате ветрового переноса ^{90}Sr и ^{137}Cs (6000 Ки) с обнажившихся берегов хранилища жидких промышленных отходов ПО «Маяк» «Карачай» образовался Карачаевский след площадью около 1800 км². Радионуклиды выпали в составе пылевидных частиц с пониженной биологической доступностью для растений. В течение более чем 40 лет изучались основные закономерности миграции радионуклидов во внешней среде и поступление в продукты питания. В настоящее время 75 % ^{90}Sr и 85 % ^{137}Cs от общего запаса в слое 0-70 см остаются в корнеобитаемом слое почвы. С момента инцидента поступление ^{137}Cs из почвы в траву пастбища, оцениваемое по величине коэффициента пропорциональности, снизилось в 25 раз, ^{90}Sr – 5 раз. В воде непроточных водоемов, расположенных на территории с первоначальной плотностью загрязнения ^{137}Cs от 18,5 до 37 кБк/м², удельная активность ^{137}Cs снизилась с 4,3 Бк/л до 0,03 Бк/л, ^{90}Sr – с 1,2 до 0,05 Бк/л. В ранние сроки после инцидента период полураспада воды ($T_{1/2}$) от ^{137}Cs и ^{90}Sr составил 0,9 года, в последующие годы $T_{1/2}$ для ^{137}Cs составило 12 лет, для ^{90}Sr – 20 лет. В населенном пункте, расположенном на территории с первоначальной плотностью загрязнения ^{137}Cs 150 кБк/м², за 40 лет удельная активность ^{90}Sr в молоке снизилась с 20 до 1 Бк/л (в 20 раз), ^{137}Cs – с 91,4 до 0,6 Бк/л (в 150 раз). Нормированные коэффициенты пропорциональности для ^{90}Sr в цепочке почва-молоко за аналогичное время после аварии были в 5 раз ниже, чем на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, где радионуклид находился в растворимой и доступной для растений форме. Коэффициенты пропорциональности для ^{137}Cs в цепочке почва-молоко на Карачаевском следе в одинаковые сроки после инцидента были в 10 раз ниже, чем на территории, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Вследствие быстрого снижения содержания радионуклидов в продуктах питания через 20 лет поступление радионуклидов в рацион человека на всей территории стало несущественным. На единицу плотности загрязнения ^{90}Sr (кБк/м²) накопленная эффективная доза от ^{137}Cs и ^{90}Sr составляла 2,6 мЗв.

ВЛИЯНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ-АЗОТФИКСАТОРЫ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Перк А.А., Собакин П.И.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия,

radioecolog@yandex.ru

Впервые обнаружены и описаны азотфиксирующие актиноризные клубеньки ольховника кустарникового *Duschekia fruticosa* в условиях криолитозоны на разных по уровню радионуклидного загрязнения участках урановых месторождений Эльконского горста (центральная часть Алданского нагорья, Южная Якутия). Контрольный участок вне отвалов (А1) имел γ -фон 10 мкР/ч, содержание ^{40}K – 3,2 %, ^{232}Th – $7,6 \times 10^{-4}$ %, ^{238}U – 2×10^{-4} %. Загрязненные участки (А2, А3) характеризовались уровнем γ -фона 35 и 600 мкР/ч, соответственно. Превышения содержания радионуклидов для них относительно участка А1 по ^{40}K составили 1,1 и 1,8 раза, по ^{232}Th – 1,2 и 4,8 раза, по ^{238}U – 12,5 и 262,5 раза, соответственно. При этом, в листьях *D. fruticosa* на участках А2 и А3 содержание ^{238}U достигало 12 и 32 мг/кг золы, что было только в 6 и 16 раз больше, чем у контрольных растений. Такое избирательное поглощение урана показывает на его меньшую аккумуляцию в фотосинтезирующих органах. На всех фонах, в том числе с превышением уровня радиации, у ольховника были обнаружены азотфиксирующие клубеньки. Их сухая масса вне отвала составила 12 г на растение, уменьшаясь до 8-10 г на загрязненных участках А2 и А3. Косвенно уровень азотфиксации был оценен по содержанию общего азота в органах растений. Самое высокое содержание азота в клубеньках было обнаружено на наиболее загрязненном участке А3 – 2,28 % на абсолютно сухое вещество (АСВ), несколько меньше на контроле – 1,84 % АСВ и еще меньше на участке А2 – 1,37 % АСВ. Количество азота в листьях во всех случаях превосходило его количество в клубеньках (до 2,3 раза), но весьма мало зависело от степени загрязнения. Абсолютные значения варьировали от 2,80 % АСВ в растениях вне отвалов, до 3,09 и 2,89 на загрязненных участках А2 и А3, соответственно. По нашим косвенным оценкам около 30% азота, поступающего в наземные органы ольховника, имеет симбиотическое происхождение. Обнаруженная в условиях радионуклидного загрязнения мерзлотных почв азотфиксирующая способность *D. fruticosa*, связанная с клубеньковыми актиномицетами, приводит к выводу о необходимости широкого использования этого и других растений-азотфиксаторов для реабилитации нарушенных территорий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №09-04-98501-р_восток_a.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОЛИГОН ЭКЗОБИОЛОГИЧЕСКИХ И РАДИОХЕМО- ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БАТИАЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Поликарпов Г.Г.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины

Севастополь, Украина, G.Polikarpov@ibss.org.ua

Одной из проблем экзобиологии служит «...определение пределов и изучение механизмов выживаемости земных организмов в экстремальных условиях окружающей среды...» (Рубин, 1978). Экстремальные условия для аэробов имеются в обширной сероводородной зоне Черного моря, справедливо считающейся мертвой зоной для животных, растений и микробов-аэробов. За всю историю исследований не было случаев нахождения в сероводородной толще и донных отложениях батиаля Черного моря живых животных и живых растений (Зайцев, Поликарпов, Егоров и др., 2007). Подтверждающим это правило исключением оказались покоящиеся жизнеспособные споры, обнаруженные в донных отложениях батиаля во время совместных исследований Отдела радиационной и химической биологии (ОРХБ) ИнБЮМ НАНУ и Одесского Филиала ИнБЮМ НАНУ (Зайцев, Поликарпов, Егоров и др., 2008; Zaitsev and Polikarpov, 2009). Возраст донных слоев (1,5-5 см), в которых покоились споры, определен С.Б. Гулиным, ОРХБ ИнБЮМ, и составил 25-50 лет. В ОФ ИнБЮМ НАНУ пророщены споры 14 видов одноклеточных водорослей (морских, пресноводных, убиквистов), принадлежащих к отделам Bacillariophyta, Dinophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta и Silicoflagellata, также 7 видов грибов (в том числе, наземных) отдела Ascomycota и формальной группы Anamorphic Fungi.

Приведенные материалы, а также работы по глубоководной радиохемотрологии (Поликарпов и Егоров, ред., 2008), позволяют рекомендовать батияль Черного моря в качестве полигона для дальнейшего изучения как радиохемотрологии, так и экзобиологии оксибионтов, в том числе геологическую продолжительность сохранности их покоящихся стадий с учетом возраста «захороняющих» их донных отложений. Наряду с ценностью этих сведений для космической биологии, они важны также для понимания и предвидения возможных процессов массового (пусть крайне редкого и весьма маловероятного) возвращения в окислительную среду биосферы многих видов после их длительных периодов анабиоза на стадии спор (и цист). Представляет принципиальный интерес оценить значение и вероятность такого явления для динамики биосферы и ее частей, а также возможные геологические, гидрофизические или иные механизмы возвращения «захороненных» спор (и цист) в окислительную биосферу.

**МИГРАЦИЯ ^{137}Cs и ^{40}K С ИКРОЙ ИЗ ОРГАНИЗМА РЫБ,
ОБИТАЮЩИХ В ВОДОЕМАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ
В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Полякова Н.И., Пельгунова Л.А., Рябов И.И.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия,

platon@sevin.ru

Представлены результаты исследований выведения радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K из организма рыб с икрой в период нереста. Проанализированы виды рыб с различной экологией нереста и различным типом икротетания. В качестве объектов изучения были выбраны половозрелые особи леща (*Abramis brama* L.), линя (*Tinca tinca* L.), серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch), судака (*Sander lucioperca* L.), щуки (*Esox lucius* L.) и окуня (*Perca fluviatilis* L.).

Отбор проб проводился на водоемах, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС - в северной части Киевского водохранилища у п. Страховське и на р. Тетерев в районе п. Ораное. Удельные активности радионуклидов измеряли с использованием спектрометрического комплекса: γ -спектрометр «Canberra» с детектором из особо чистого германия объемом 60 см³ и анализатором AccuSpecA. За период работ проанализировано более 200 экземпляров рыб.

В результате проводимых ежегодных работ установлено, что удельная активность ^{137}Cs и ^{40}K в икре всех изученных видов рыб ниже, чем в мышцах. При этом ^{40}K в икре содержится больше, чем ^{137}Cs . Выявлено, что масса икры составляет у некоторых видов рыб значительную величину: у окуня – в среднем 21,9%, щуки – 21,0%, линя – 12,7%, леща – 12,9%, судака – 11,0%, серебряного карася – 5,0% от общей массы тела. Вместе с икрой из организма самок окуня во время нереста удаляется в среднем около 12,0% ^{137}Cs , у щуки - 9,1%, судака – 7,2%, серебряного карася – 6,8%, леща – 5,3%, линя – 4,5%.

Процент выведения ^{40}K был выше, максимальные показатели отмечены у окуня и щуки – в среднем 14,0% и 12,3% соответственно.

В целом проведенные исследования позволяют заключить, что выведение радионуклидов из организма рыб с икрой в период нереста является одним из естественных механизмов очищения организма от радионуклидов.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИХТИОФАУНЫ РЕК ТОБОЛ И ИРТЫШ

Полякова Н.И., Пельгунова Л.А., Рябцев И.А., Рябова Л.В., Рябов И.И.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия,
platon@sevin.ru

Радиоэкологический мониторинг речной системы Тобол-Иртыш-Обь представляет значительный интерес с точки зрения контроля над реальным поступлением радионуклидов через водную пищевую цепь к человеку.

В разное время эта речная система подвергалась, наряду с глобальными и региональными выпадениями радиоактивных аэрозолей (испытания ядерного оружия на Новой Земле, под Семипалатинском, на китайском полигоне Лобнор), локальным загрязнениям радионуклидами в результате деятельности ядерных предприятий (ПО «Маяк», СХК, Белоярская АЭС и др.) (Крышев и др., 2000).

В процессе исследований, проводимых на разных участках рек Тобол и Иртыш в период с 1995 по 2009 гг., была подтверждена специфика накопления ^{137}Cs в тканях рыб, принадлежащих к разным трофическим уровням: максимальные значения удельной активности ^{137}Cs в теле рыб характерны для хищных видов - щуки и окуня. В 2009 г., после многолетнего снижения активности ^{137}Cs в тканях рыб, на разных участках р. Иртыш выявлено увеличение этого показателя. Максимальное повышение удельной активности ^{137}Cs было отмечено у крупных окуней – до 2,67 Бк/кг с.м., что почти в 9 раз выше чем в 2006 г., когда она составляла 0,3 Бк/кг с.м. У представителей «мирных» видов рыб также было выявлено повышение активности ^{137}Cs в мышцах. Схожий характер в накоплении ^{137}Cs отмечался и у рыб р. Тобол.

В 2009 г. были продолжены исследования по накоплению ^{40}K промысловыми видами рыб. В ходе работ выявлены существенные различия показателей удельной активности этого радионуклида у рыб, выловленных на разных участках рек. Так, у плотвы из р.т. Миссия удельная активность ^{40}K была почти в 2 раза выше, чем у представителя этого же вида из р.т. Вторые Салы – 127 Бк/кг с.м. и 57 Бк/кг с.м. соответственно.

Несмотря на низкую удельную активность радионуклидов в рыбах, населяющих водные экосистемы Западной Сибири, наличие на территории речной системы ПО «Маяк» и других ядерных объектов требует продолжения радиоэкологического мониторинга, как с целью контроля за загрязнением рыбных ресурсов, так и для оценки радиоэкологического риска для населения от потребления рыбы.

СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМОВ-ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПО «МАЯК»

*Прыхин Е.А. *, Тряпцына Г.А. *, Дерябина Л.В. *, Стукалов П.М. ***

*Уральский научно-практический центр радиационной медицины, Челябинск, Россия

** Производственное объединение «МАЯК», Озерск, Россия; pryakhin@urcrm.chel.su

В 2007-2009 годах специалистами Уральского научно-практического центра радиационной медицины (г. Челябинск) и ПО «Маяк» (г. Озерск Челябинской области) было проведено изучение экологического состояния трех хранилищ радиоактивных отходов: водоемов В-11 и В-10 Теченского каскада и водоема Старое Болото (В-17).

Было показано, что среднее содержание в воде водоема В-11 ^{90}Sr составило $1,3 \times 10^3$ Бк/дм³, ^{137}Cs - 3 Бк/дм³; содержание в донных отложениях ^{90}Sr - до $4,0 \times 10^5$ Бк/кг сухого веса, ^{137}Cs - до $4,0 \times 10^5$ Бк/кг. В водоеме В-10 среднее содержание в воде ^{90}Sr составило $3,3 \times 10^3$ Бк/дм³, ^{137}Cs - 37 Бк/дм³, содержание в донных отложениях ^{90}Sr - до $3,6 \times 10^5$ Бк/кг, ^{137}Cs - до $2,3 \times 10^6$ Бк/кг. В водоеме В-17 среднее содержание в воде ^{90}Sr - $1,3 \times 10^5$ Бк/дм³, ^{137}Cs - $3,6 \times 10^4$ Бк/дм³, суммарная активность α -излучающих радионуклидов - 43 Бк/дм³; в донных отложениях ^{90}Sr - до $1,5 \times 10^9$ Бк/кг, ^{137}Cs - до $2,3 \times 10^8$ Бк/кг. При данных уровнях загрязнения расчетная мощность поглощенной дозы для гидробионтов составили для водоема В-11: для фитопланктона до 22 мкГр/час, зоопланктона до 12 мкГр/час, для зообентоса до 300 мкГр/час, для высшей водной растительности до 220 мкГр/час, для рыб до 42 мкГр/час; для гидробионтов из водоема В-10 соответственно до 250 мкГр/час, до 37 мкГр/час, до 2000 мкГр/час, до 700 мкГр/час, до 200 мкГр/час. Расчетные мощность поглощенной дозы для гидробионтов из водоема В-17 составили: для фитопланктона до 12 мГр/час, зоопланктона до 11 мГр/час, для зообентоса до 2,2 Гр/час. Для всех водоемов внешнее облучение гидробионтов обусловлено, прежде всего, ^{137}Cs , а внутреннее - ^{90}Sr и альфа-излучателями.

Исследования показали, что экосистема водоема В-11 по видовому разнообразию и количественному развитию всех групп гидробионтов является типичной для водоемов Южного Урала. В водоеме В-10 регистрировалось снижение видового разнообразия зоопланктона и зообентоса, хотя экосистема этого водоема сохраняла функциональную целостность. Состояние экосистемы водоема В-17 правомерно рассматривать как проявление экологического регресса: снижение видового разнообразия фитопланктона и зоопланктона; отсутствие практически всех типичных бентосных животных, за исключением нескольких видов хирономид; крайне скудное развитие высшей водной растительности; отсутствие икhtiофауны.

**СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ УРАНА В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ
ВОДАХ БАССЕЙНОВ РЕК ПЕЧОРА, ЕНИСЕЙ И
ВОДОЕМОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ**

Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И.¹, Болсуновский А.Я.², Жижаяев А.М.³, Клементьева Е.А.⁴

¹ Институт биологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, shuktomova @ib.komisc. ru

² Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

³ Институт химии и химической технологии СО РАН, Красноярск, Россия

⁴ Институт радиобиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Проведен сравнительный анализ содержания изотопов урана в воде р. Печора с притоками Воя и Б. Соплеск, р. Енисей с притоками Кан и Б.Тель, а также водоемов Чернобыльской зоны Беларуси - р. Припять и оз. Персток. Исследованы подземные воды из пресных, минеральных, сероводородных, железистых родников и скважин. Необходимость мониторинга содержания изотопов урана обусловлена возможностью их поступления в указанные водотоки из источников природного и техногенного характера.

Содержание урана в водах Печорского бассейна, приуроченных к полосе развития горных пород с повышенной концентрацией радиоэлемента, составляет для рек 0.200 ± 0.002 , для родников 0.16 ± 0.03 мкг/л. Изотопные отношения свидетельствуют о природном источнике поступления урана в водоемы. Концентрация радиоэлемента в воде достоверно коррелирует с содержанием в ней железа, pH и Eh водной среды.

Содержание урана в образцах из р. Припять совпадает с таковыми для Печорского бассейна. Отсутствие урана-236 в припятской воде не позволяет сделать достоверное заключение о техногенном поступлении изотопов в реку.

Концентрация урана в водах бассейна р. Енисей существенно больше, чем в водотоках Чернобыльской зоны Беларуси и Печорского бассейна. Если для Енисея выше по течению от ГХК она варьирует от 0.35 до 0.47 мкг/л, то для русла реки в зоне влияния предприятий ядерного цикла (ГХК и ЭХЗ) в весенне-летний период достигает 2.7 мкг/л. Наиболее высокие концентрации радиоэлемента (до 16 мкг/л) были зарегистрированы в воде правобережных притоков Енисея (реки Б.Тель и Кан), которые имеют гидрологическую связь с подземными горизонтами хранилища радиоактивных отходов ГХК. Исследование изотопного состава вод р. Б.Тель свидетельствует о наличии техногенного урана-236.

Работа выполнена в рамках проектов № 09-С-4-1020 УрО РАН и № 1 СО РАН.

РАДИОЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗОНЫ ВУРСa

Смагин А. И.

ГНУ Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт, Екатеринбург,
Россия, ФГУП Южно-Уральский институт биофизики, Озерск, Россия,

biogeo@telecom.ozersk.ru

В сентябре 1957 г. взрыв емкости – хранилища радиоактивных отходов на ПО «Маяк» привел к выбросу в атмосферу около $7,4 \cdot 10^{17}$ Бк (20 МКи) радиоактивных веществ. 10% инжестрированной в атмосферу смеси радионуклидов было вынесено за пределы предприятия в виде Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСa), протянувшегося полосой по северу Челябинской, а также Свердловской и Курганской областям. Засушливым летом 1967 г. в результате ветрового уноса подсохших радиоактивных илов с обнажившегося дна на мелководьях оз. Карачай (В-9) в окружающую среду поступило около $2,2 \cdot 10^{14}$ Бк (6 кКи) радионуклидов. В результате аварий радиоактивному загрязнению подверглись многочисленные Зауральские озера, расположенные на севере Челябинской области в зоне воздействия ПО «Маяк».

Исследовали гидрологические особенности и гидрохимический режим водоемов, кумулятивные запасы радиоактивных веществ в водных экосистемах и на водосборных территориях, уровни удельной активности радионуклидов в воде, донных отложениях и биоте. Показано, что в результате аварии в 1957г. в наибольшей степени радиоактивному воздействию подверглись водоемы, расположенные в головной части ВУРСa Урускуль и Бердениш. Уровни удельной β - активности воды на 10 октября 1957г. составляли в оз. Бердениш $5,3 \times 10^4$ Бк/л, а оз. Урускуль – $1,0 \times 10^5$ Бк/л и превышали фоновые в 14000 и 28000 раз, соответственно. Многолетние наблюдения поведения радионуклидов в водоемах ВУРСa позволили установить, что скорость полураспада воды (в условиях установившегося динамического равновесия ^{90}Sr и ^{137}Cs) в системе вода – донные отложения за счет перераспределения радионуклидов составляет 6-10 лет и превышает период физического распада в несколько раз.

Широкий диапазон значений удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в тушках рыб, обитающих водоемах зоны ВУРСa, обусловлен не только различной плотностью выпадений радиоактивных веществ на исследуемой территории, но и особенностями водосборных ландшафтов, определяющих гидрологические и гидрохимические особенности водных экосистем.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯКУТИИ

Собакин П.И.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия,

radioecolog@yandex.ru

Проведены комплексные радиоэкологические работы в тундровой и таёжной зонах Якутии. В исследованных районах уровни глобальных выпадов ^{137}Cs в мерзлотных почвах изменяется от 366 до 2465 Бк/м² и более. В настоящее время идет перераспределение ^{137}Cs в почвах сопряженных по стоку ландшафтов. В изученных продуктах питания местного происхождения (молоко, мясо домашних и диких животных, ягоды, рыба, грибы и др.) содержание ^{137}Cs не превышает санитарно-гигиенические нормы. Оценено роль лесных пожаров в рассеянии ^{137}Cs в таёжных ландшафтах в зависимости от их возраста. В районе расположения Эльконской (Алданское нагорье) и Сугунской (хребет Улахан-Чистай) группы урановых месторождений уровни загрязненности горно-тундровых и горно-таёжных экосистем естественными радионуклидами остаются высокими. Проведены классификации отвалов по радиационной опасности согласно существующим радиационно-гигиеническим нормам. Вблизи отвалов радиоактивных горных пород содержание ^{238}U , ^{226}Ra и ^{210}Pb в воде, донных отложениях, почвах, в золе растений (деревья, кустарники, травы, мхи и лишайники) на один-четыре порядка величин превышает фоновый уровень. В обследованных участках месторождений над отвалами и прилегающих к ним территориях концентрация радона в воздухе изменяется от 42 до 389 Бк/м³. При этом плотность его потока варьирует от 42 до 2928 мБк/с·м². Изучены основные закономерности миграции радона в поверхностных водах Эльконского урановорудного района. Показанное обогащение поверхностных вод радоном связано как с крупными массивами гранитизированных горных пород, слагающих водораздельные пространства, так и с отвалами радиоактивных пород с высоким содержанием радия. Радиоэкологическая обстановка в зоне аварийного подземного ядерного взрыва “Кратон-3” остается не благополучной. Уровни загрязненности почв и растений (кустарники, травы, мхи и лишайники) ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{60}Co остаются высокими по сравнению с фоновыми величинами. В районе проведения подземного ядерного взрыва “Кристалл” выявлена миграция трития с подземными водами и поступление его в карьер алмазонасной трубки “Удачная”.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 09-04-98501 а_восток_p

СОСТОЯНИЕ ПЛУТОНИЯ И АМЕРИЦИЯ В ПОЧВАХ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Попеня М.В., Войникова Е.В., Свирицкий С.Ф.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,

svetlanaosv@mail.ru

Радиоэкологическая ситуация в наземных экосистемах зависит от содержания, состояния и миграционной способности радионуклидов в почвенной среде. Увеличение в почве доли радионуклидов в мобильных и биологически доступных формах способствует их поступлению в почвенные растворы и повышает интенсивность миграционных процессов в почвенно-растительном комплексе. В настоящее время альфа-излучающие радионуклиды чернобыльского происхождения представлены преимущественно долгоживущими радионуклидами ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu и ^{241}Am .

Данная работа посвящена изучению форм нахождения плутония и америция и оценке их миграционной способности в почвах Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, где сосредоточена основная часть альфа-излучающих радионуклидов чернобыльского происхождения. Объектами исследования являлись образцы минеральных и органических почв, отобранные в 2008 г. с шагом 5 см до глубины 25–30 см. Активности ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в образцах определяли посредством радиохимического анализа с альфа-спектрометрической идентификацией радионуклидов. Формы нахождения радионуклидов были изучены методом последовательного селективного экстрагирования с использованием модифицированной схемы Тесье.

Установлено, что основная часть плутония и америция находится, как правило, в верхнем 0–10 см слое почвы. Средняя скорость вертикальной миграции радионуклидов лежит в диапазоне 0,15–0,7 см·год⁻¹ и практически одинакова для плутония и америция. В изученных почвах плутоний и америций находятся в основном в малоподвижном состоянии. Доля радионуклидов в водорастворимой и обратимо связанной формах составляет 1,1–9,4 % от полного содержания в почвах. В области корневого питания растений в почвенные растворы может переходить не более 29 % радионуклидов. Для минеральных почв характерно более высокое содержание мобильных форм радионуклидов по сравнению с органическими почвами. В изученных почвах доля америция в мобильной форме превышает соответствующую долю плутония.

Настоящая работа выполнена в рамках программы НАТО «Наука для мира» (проект ESP.EAP.SFPP 983057).

РОЛЬ ЭНДОГЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА В АККУМУЛЯЦИИ ОСТЕОТРОПНЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Стариченко В.И.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

starichenko@ipae.uran.ru

Завершен цикл исследований по изучению закономерностей варибельности кинетики остеотропных токсических веществ (радионуклидов, стабильных элементов, ксенобиотиков) в организме позвоночных. Установлена связь процессов метаболизма с индивидуальными особенностями физиологии и морфологии костной ткани и их наследственной обусловленностью.

На лабораторных животных показано, что особенности депонирования остеотропных радионуклидов (^{90}Sr , ^{91}Y) и стабильных веществ (фтора, тетрациклина) связаны с количественными значениями морфофизиологических характеристик скелета, таких как соотношение «поверхность – объем», опосредованно проявляющееся через массу кости, степень минерализации скелета, интенсивность роста и резорбции костной ткани. Увеличение соотношения «поверхность – объем», повышение костной резорбции и скорости перестрочных процессов приводит к уменьшению аккумуляции вещества. Возрастание минеральной насыщенности кости также ведет к снижению уровня депонирования. Усиление ростовых процессов, напротив, способствует более интенсивному накоплению токсиканта. При этом экзогенные воздействия могут изменять морфофизиологические характеристики костной ткани таким образом, что происходят сдвиги депонирования остеотропных веществ, вплоть до нарушения известных закономерностей их аккумуляции. Минимальный сдвиг параметров морфофизиологических факторов (площади поверхности скелета, аппозиционного роста и резорбции костной ткани, минеральной плотности кости), вызывающий значимые изменения (20-90 %) в кинетике остеотропных радионуклидов на уровне целостного организма лабораторных животных, составляет 20-40 %.

Оценка наследственной (семейной) компоненты депонирования ^{90}Sr и стабильного фтора у лабораторных животных показала значимую внутрисемейную корреляцию концентрации токсикантов.

Закономерности, выявленные в лабораторном эксперименте, нашли свое подтверждение в природной среде.

**ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО
РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА: ВЛИЯНИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ
В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПО «МАЯК»**

Тарасов О.В., Бакуров А.С., Крылова Е.И.

ФГУП «Производственное объединение «Маяк» (ФГУП «ПО «Маяк»), Озерск, Россия,
cpl@po-mayak.ru

Головная часть Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа), образовавшегося в результате масштабной радиационной аварии 1957 г., до настоящего времени не подлежит хозяйственному использованию. На территории ВУРСа практически ежегодно происходят пожары, которые опасны разнесом загрязненной золы и продуктов горения на сопредельные территории. Так в апреле 2008 года низовым пожаром была пройдена обширная территория с плотностью загрязнения по ^{90}Sr от 19 до 37000 кБк/м² (от 0,5 до 1000 Ки/км²).

На территории ВУРСа и по его периферии ведется круглогодичный мониторинг радиоактивного загрязнения приземной атмосферы и интенсивности радиоактивных выпадений. В целом пожары влияют на относительно небольшую территорию по ветру от зоны горения, но в дни, соответствующие пожарам, отмечалось повышение значений этих параметров радиационной обстановки в 2-8 раз в контрольных точках, расположенных на расстоянии до 10-15 км от очага пожара. Объемная активность бета-излучающих радионуклидов достигала 8 мБк/м³, плотность выпадений 140 Бк/м². Однако даже максимальные зарегистрированные значения на 2-3 порядка величины ниже допустимой объемной активности радионуклидов в воздухе для населения (ДОН_{нас} по НРБ-99/2009). В последующие дни радиационная обстановка возвращалась к норме. На основании расчета количества лесных горючих материалов в допожарный период и запаса содержащихся в них радионуклидов выброс радиоактивных продуктов горения в атмосферу составил около 170 ГБк (около 4,6 Ки), при этом большая часть их осаждается на территории ВУРСа.

Таким образом, масштабные пожары на территории радиоактивного следа вызывают кратковременное повышение объемной активности приземного слоя атмосферного воздуха и интенсивности выпадений радионуклидов на прилегающих к нему районах. Это не приводит к заметному изменению радиационной обстановки на сопредельных территориях. Однако существует определенная опасность для персонала, занятого пожаротушением на кромке огня, где объемная активность радионуклидов в воздухе может возрастать в сотни раз.

Работа выполнена при поддержке МНТЦ (проект №3695).

ПОСТУПЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭКОЛОГИИ ТУЭ В ЧЁРНОМ МОРЕ В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД

Терещенко Н.Н., Поликарпов Г.Г.

Институт биологии южных морей НАН Украины им. А.О. Ковалевского,
Севастополь, Украина, n.tereshchenko@ukr.net, g.polikarpov@ibss.org.ua

В начальный период после аварии основной вклад в формирование радиоэкологической обстановки из числа ТУЭ вносили короткоживущий радионуклид ^{242}Cm и долгоживущие $^{238, 239, 240}\text{Pu}$. В течение 2,5 лет концентрация ^{242}Cm уменьшилась на 2 порядка, а, со временем, нарастает концентрация ^{241}Am , который является дочерним радионуклидом ^{241}Pu , концентрация которого в чернобыльском выбросе была на 2 порядка выше, чем таковая для $^{239, 240}\text{Pu}$. Поступление ТУЭ в Черное море происходило 2-мя основными путями: с атмосферными выпадениями и со стоком рек, попавших в зону влияния радиоактивных выбросов ЧАЭС. Преимущественное нахождение плутония во взвешенной форме ограничило его количество, вынесенное с водными массами из зоны высоких уровней загрязнения, посредством его оседания в донные осадки. Если вначале концентрации в северо-западной части моря составляли около 2 Бк/м^3 , то уже к началу 90-х годов концентрации уменьшились на порядок и на современном этапе составляет около $5 \text{ мБк}^{239, 240}\text{Pu/м}^3$. Особенности миграции плутония, поступившего в Черное море, обусловлены как физико-химическими свойствами самого химического элемента, так и особенностями Черного моря – наличием сероводородной толщи вод. Изменение с глубиной окислительных условий на восстановительные обуславливали изменение степени окисления плутония, что влияло на его активную ассоциацию со взвешенным веществом и послужило его ускоренному осаждению со взвесью на дно моря, депонированию в донных отложениях. С одной стороны, эти процессы, уменьшив время пребывания плутония в толще вод, ускорили самоочистление водных масс от плутония, с другой стороны ограничили поступление плутония с черноморскими водами в моря средиземноморского бассейна, сформировав более высокие уровни этого радионуклида в донных отложениях Черного моря. Поэтому, если в Средиземном море около 95% плутония находится в водной толще моря, то в черноморских водах содержится только 11%, а 89% плутония находится в донных осадках. Коэффициенты накопления донными отложениями $^{239, 240}\text{Pu}$ достигали $n \cdot 10^5$, а для гидробионтов были значительно ниже: для водорослей - $n \cdot 10^3$, моллюсков - $n \cdot 10^2$ и рыб - $n \cdot 10^2$ - $n \cdot 10^1$, что обусловило низкие уровни дозовых нагрузок от $^{239, 240}\text{Pu}$ на черноморские гидробионты.

**ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ САМСОНОВКА
НЕФТЕЮГАНСКОГО РАЙОНА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО
ОКРУГА – ЮГРЫ**

Трапезников А.В.¹, Трапезникова В.Н.¹, Коржавин А.В.¹,

Николкин В.Н.¹, Мигунов В.И.², Чубаров Я.Г.².

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

BFS_zar @ mail.ru.

² Департамент гражданской защиты населения Ханты-Мансийского
автономного округа - Югры, Ханты-Мансийск, Россия.

Представлены результаты радиоэкологических исследований воды, донных и пойменных отложений, рыбы некоторых малых рек: Лев, Самсоновка и Вандрас, расположенных в южной части Ханты-Мансийского автономного округа, относящихся к бассейну реки Иртыш. Показано, что наиболее высокое содержание ¹³⁷Cs наблюдалось в воде р. Самсоновка, которое в 1,8-3,6 раза выше, чем в других реках. Объемная активность ⁹⁰Sr в воде Самсоновки также более высокая относительно других рек. Плотность запасов ¹³⁷Cs в пойменных грунтах данной реки составила в среднем 3866 Бк/м², что в 4-7 раз выше аналогичных показателей двух других исследованных рек и в 6-9 раз выше фоновых показателей по данному району. Плотность запасов ⁹⁰Sr в пойменных грунтах Самсоновки также несколько превышала соответствующие показатели других водоемов. Содержание ⁹⁰Sr в окуне из реки Самсоновка составило 105,86±4,69 Бк/кг. Согласно СанПиН 2.3.2.1078 – 01 безопасный уровень содержания ⁹⁰Sr в рыбе составляет до 100 Бк/кг.

Таким образом, река Самсоновка подвержена дополнительному радиоактивному загрязнению, превышающему глобальный фоновый уровень. Основным радиоактивным элементом, присутствующим в донных и пойменных отложениях, является ¹³⁷Cs. Показано, что плотность загрязнения поймы р. Самсоновка ¹³⁷Cs в несколько раз выше по сравнению с расположенными в этом регионе реками. Изотопное отношение ¹³⁷Cs/⁹⁰Sr в пойменных грунтах р. Самсоновка равно 2,0, что несколько отличается от глобальных выпадений. При этом ⁹⁰Sr, обладающий более высокой миграционной подвижностью и растворимостью в воде по сравнению с ¹³⁷Cs, из очага первичного загрязнения с водными массами мог мигрировать в нижележащие участки реки, частично мог быть депонирован в компонентах речной системы и частично вынесен в нижележащие звенья гидрографической системы.

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЬ-ИРТЫШСКОЙ РЕЧНОЙ
СИСТЕМЫ НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО
ОКРУГА-ЮГРЫ**

Трапезников А.В.¹, Коржавин А.В.¹, Трапезникова В.Н.¹,

Николкин В.Н.¹, Мигунов В.И.².

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,

BFS_zar @ mail.ru.

² Департамент гражданской защиты населения Ханты-Мансийского
автономного округа - Югры, Ханты-Мансийск, Россия.

В период 2004-2009 гг. проведено радиоэкологическое исследование участков Оби и Иртыша в границах Ханты-Мансийского автономного округа. Исследованию подвергались вода, пойменные грунты, донные отложения и рыба. Материалу отбирался на Оби в шести постоянных створах, на Иртыше в двух. С 2004 по 2006 гг. в воде обеих рек наблюдался рост объемной активности радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, особенно на участках вблизи слияния рек. В Иртыше объемная активность ¹³⁷Cs в воде возросла с 0,62 до 10,6 Бк/м³, т.е. в 17 раз, а ⁹⁰Sr - с 10 Бк/м³ до 54,5 Бк/м³ в 2005 году и до 44,2 Бк/м³ в 2006 году. В Оби до слияния с Иртышом объемная активность ¹³⁷Cs за три года увеличилась в 24 раза, ⁹⁰Sr в 18 раз, в створе ниже слияния – ¹³⁷Cs в 62 раза, ⁹⁰Sr в 9 раз. С 2007 года наблюдается определенная стабилизация радиоэкологической обстановки на обследованных водоемах. В 2007 году вследствие многоводного паводка в воде Иртыша отмечено снижение объемной активности ¹³⁷Cs до 0,3 Бк/м³, что ниже результатов 2004 года. Содержание ⁹⁰Sr, напротив, увеличилось до 91,8 Бк/м³. В воде Оби объемная активность ¹³⁷Cs уменьшилась в 3,3-9 раз, ⁹⁰Sr в 2,3-5,7 раза. В следующем году тенденция снижения объемной активности радионуклидов в воде продолжилась. По сравнению с предыдущим годом содержание ¹³⁷Cs понизилось от 2 до 10 раз, а ⁹⁰Sr – от 1,5 до 3 раз и оказались наиболее низкими за весь период наблюдений. В 2009 году отмечено некоторое увеличение объемной активности радионуклидов. Содержание ¹³⁷Cs возросло во всех пробах, наиболее существенное увеличение ⁹⁰Sr до 154 Бк/м³ отмечено на входном створе Оби, расположенном на границе с Томской областью. Особенностью концентрационного профиля для всего периода исследований является резкое, скачкообразное изменение объемной активности радионуклидов на участке, расположенном ниже слияния Оби и Иртыша вследствие усиления аллювиальной активности, вызванной слиянием водных потоков.

**ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ-ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ
СРЕДНЕАКТИВНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В-9 И В-17 ПО «МАЯК»**

**Гряпицына Г.А., *Духовная Н.И., *Осипов Д.И., **Стукалов П.М., *Пряхин Е.А.*

*Уральский научно-практический центр радиационной медицины, Челябинск, Россия

** Производственное объединение «МАЯК», Озерск, Россия

pryakhin@urctm.chel.su

На Южном Урале в течение более 50-ти лет существуют специальные промышленные водоемы – хранилища среднеактивных жидких радиоактивных отходов ПО «МАЯК»: в оз. Карачай (водоем В-9) в 2009 г. суммарная бета-активность в воде составляла 4×10^7 Бк/дм³, суммарная альфа-активность - 6×10^3 Бк/дм³; в водоеме «Старое болото» (водоем В-17) суммарная бета-активность в воде составляла 3×10^5 Бк/дм³, суммарная альфа-активность - 100 Бк/дм³. Расчетные показатели мощности дозы для зоопланктона и фитопланктона водоема В-9 при указанных уровнях загрязнения составляли соответственно 1,2 Гр/час и 1,8 Гр/час. Для зоопланктона и фитопланктона в водоеме В-17 расчетные показатели мощности поглощенной дозы составляли соответственно 11 мГр/час и 12 мГр/час.

Представляет научный интерес вопрос о возможности формирования гидробиоценозов в таких условиях.

Наши исследования показали, что при максимальных известных для биосферы уровнях радиоактивного загрязнения в водоемах существуют планктонные сообщества, включающие в себя беспозвоночных животных и водоросли. В этих условиях с повышением уровня радиоактивного загрязнения снижается видовое разнообразие фитопланктона и зоопланктона, вплоть до формирования зоопланктонного сообщества в оз. Карачай практически в виде монокультуры коловраток одного вида.

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА СЕМЯН ТРОСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В ВОДОЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Явнюк А.А.¹, Шевцова Н.Л.², Гудков Д.И.²

¹Национальный авиационный университет, Киев, Украина, a_yavnyuk@ukr.net

²Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина

Исследовали семенной материал тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steud.) 2009 г. вегетации, отобранного в наиболее загрязненных водных объектах украинского участка Чернобыльской зоны отчуждения. Мощность поглощенной дозы для растений в период исследований регистрировали в диапазоне 0,2–1,2 Гр/год. Физиологическое качество семян оценивали по показателям технической всхожести, энергии прорастания, периода появления первого – последнего проростка и выживаемости. Контролем служили семена тростника, отобранные в озерах окрестностей г. Киева, где мощность поглощенной дозы для растений не превышала 0,002 Гр/год.

Выполненные экспериментальные исследования свидетельствуют о снижении жизнеспособности семян тростника, произрастающего в условиях водоемов Чернобыльской зоны отчуждения. Отмечены низкие показатели технической всхожести, энергии прорастания, выживаемости, а также растянутый во времени период прорастания семян. Наиболее длительный период прорастания с аномальным дополнительным максимумом зарегистрирован для семян растений, получивших наибольшую дозу облучения. Отмечена негативная линейная корреляция между мощностью поглощенной растением дозы и показателями энергии прорастания ($r = -0.95$), выживаемости ($r = -0.64$) и технической всхожести семян ($r = -0.34$).

Таким образом, физиологическое качество семенного материала тростника обыкновенного, сформировавшегося в градиенте радиоактивного загрязнения водных экосистем Чернобыльской зоны отчуждения, ухудшается с повышением мощности поглощенной растением дозы. Данные о состоянии семенного потомства одного из доминирующих видов в сообществах воздушно-водных растений литоральных зон водоемов могут быть использованы при выполнении радиоэкологического мониторинга водных экосистем, находящихся в условиях хронического радиационного воздействия.

СЕКЦИЯ IX. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ.

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОБОСНОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

Бакалова О. Н.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
alexakhin@yandex.ru

Система эколого-экономического обоснования сельскохозяйственных защитных мероприятий (ЗМ) базируется на концепции безопасности. В соответствии с ней целью ЗМ является обеспечение требований радиационной безопасности, критерии ее достижения – нормативы радиационной безопасности – являются критериями экологической эффективности ЗМ. Основным экономическим результатом ЗМ является предотвращенный ущерб – экономический эквивалент предотвращенного радиационного риска, обусловленного снижением воздействия радиационного фактора до безопасных уровней.

Системный подход к обоснованию ЗМ предполагает учет их многоцелевого характера: обеспечение требований радиационной безопасности не только на производственном уровне (производство экологически безопасной продукции), но также на уровне социума - обеспечение безопасных условий проживания на загрязненных территориях (в комплексе с другими мерами по снижению дозы внутреннего и внешнего облучения), и на агроэкосистемном уровне - обеспечение безопасных условий функционирования агроэкосистем и их компонентов. Каждому уровню обоснования соответствуют свои методы оценки экологических и экономических результатов, свои критерии и показатели эффективности.

Одновременно с этим многоцелевой характер ЗМ предполагает комплексный подход к их экономическому обоснованию, т. е. определению экономических результатов как комплексной величины, включающей оценку предотвращенного ущерба на всех уровнях реализации общесистемной цели: на производственном уровне - предотвращенный производственный ущерб, на уровне социума и агроэкосистемы - предотвращенные величины социального и агроэкологического ущерба. Это позволяет существенно расширить базу экономического обоснования не только сельскохозяйственных ЗМ, но и шире – проектов по реабилитации территорий, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС.

**СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ И НЕКОТОРЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТАХ В РЕГИОНЕ КВЕМО КАРТЛИ**

*Бибилури Э. В., Чанкселиани З. Ж., Размадзе Д.Б., Брегадзе Т.Д., Улუმбелаишвили Л.И.,
Сикарулидзе Ц.Д., Бибилури М.О.*

Институт аграрной радиологии и экологии, Тбилиси, Грузия, radioeko09@yahoo.com

Источником поступления радионуклидов в почву, как и многих других техногенных загрязнителей окружающей среды, в большинстве случаев является загрязненная атмосфера. Осаждаясь из атмосферы на земную поверхность, радиоактивные вещества приходят в соприкосновение с почвой и включаются в протекающие в ней физико-химические и биологические процессы. Поведение радионуклидов в этих процессах зависит от свойств радионуклидов и почв.

Целью исследования являлось изучение радиоэкологического состояния региона Квемо Картли. Для достижения указанной задачи 2008-2009 годах были поставлены конкретные задачи:

1. Определение в почвах содержания радионуклидов;
2. Определение в речных и питьевых водах содержания радионуклидов;
3. Определение содержания радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах.

Работа поддержана грантом GNSF/STO7/5-214

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСОНАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК К РАЦИОНУ КОРОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ
РАДИОАКТИВНОСТИ МОЛОКА**

Биденко В.Н., Гудков И.Н.

Житомирский национальный агроэкологический университет,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

Наиболее загрязненный радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС регион Украины Полесье относится к биогеохимической провинции с низким содержанием в почве подвижных форм микроэлементов кобальта, йода, цинка, фтора, марганца, меди и ряда других. Их недостаток является причиной развития специфических эндемических заболеваний растений, животных и человека, известных под общим названием гипомикроэлементозов. Проведение в сельскохозяйственном производстве радиозащитных мероприятий, снижающих поступление радионуклидов в растения, таких как известкования кислых почв, внесение повышенных норм минеральных удобрений, за счет связывания многих микроэлементов и снижения их поступления в растения, усугубило этот дефицит. Исследования с микроэлементами показали, что при использовании в растениеводстве и животноводстве они могут выступать в роли как радиоблокаторов, уменьшая поступление радионуклидов в организм, так и радиопротекторов, снижая степень радиационного поражения. Актуальным стало создание на основе нескольких микроэлементов более эффективных препаратов – гетерометаллических комплексов (ГМК) 3d-металлов, поскольку сочетание в одной молекуле двух и более биологически активных металлов позволяет создать препараты полифункционального назначения. Такие препараты были синтезированы нами на основе этилендиаминдиантарной кислоты (edds).

В серии опытов на стаде дойных коров было показано, что добавление ГМК к рациону животных в количестве нескольких граммов на голову в сутки способствует снижению содержания радионуклидов в молоке на 25–30%. При этом надои повышаются на 12–18%, содержание жира и белка в молоке – на 4–5%, а также содержание микроэлементов – на 10–17%. Улучшаются и некоторых иммунные показатели крови животных: увеличивается содержание эритроцитов, лейкоцитов, лимфоцитов, гемоглобина. Эти данные свидетельствуют в целом о положительном влиянии микроэлементов на животных в условиях провинции, испытывающей в них недостаток.

**НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЕТЕРИНАРНЫХ ЗАЩИТНЫХ И
РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РАДИОАКТИВНО
ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Бударков В.А.

ГНУ ВНИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии Россельхозакадемии,
Покров, Россия

В докладе обобщены результаты исследований сотрудников (В.А.Бударков, А.С.Зенкин, Н.И. Архипов, В.А.Гаврилов, О.Н.Карпов, Е.А.Маяков, А.А.Торубарова, А.М.Мишин, Н.М.Лазарев, Н.В.Грехова, Л.М.Сургучева, Е.П.Прилепская, С.В. Юрецкий, Р.М. Юнусова) и аспирантов ВНИИВВиМ (А.Н Ильина, Р.М Зубаиров, Ю.А.Ястребков, А.Р Амирханян, А.С. Кабась), полученные в Белорусском Полесье после аварии на ЧАЭС.

У части жвачных животных регистрировали радиационное поражение щитовидной железы и клинические признаки микседемы. Разработаны способы раннего прогнозирования последствий поражения овец йодом-131 и диагностики хронической лучевой болезни крупного рогатого скота, защищенные авторским свидетельством и патентом, которые вошли в ветеринарные правила по диспансеризации сельскохозяйственных животных.

Выявленные изменения клинического состояния и иммунного статуса животных с радиационным поражением щитовидной железы определили необходимость изучения эффективности специфической профилактики особо опасных инфекционных болезней сельскохозяйственных животных в условиях радиоактивного загрязнения территории. Разработаны программа эпизоотологического обследования сельскохозяйственных и диких животных в зоне радиоактивного загрязнения и ветеринарные правила по проведению профилактических и противозооотических мероприятий в зоне аварийного выброса ЧАЭС.

В третий период – период применения долговременных защитных мероприятий разработаны способы снижения перехода радиоактивного цезия из кормов в продукцию животноводства с применением ферроцина (медицинской формы), ферроцина-2 (ветеринарной формы) и ферроцианидно-бентонитового комплекса ХЖ-90 защищенные авторским свидетельством и 4 патентами. Разработаны ветеринарно-технические требования к препаратам из группы ферроцианидов и ветеринарные правила по применению сорбентов цезия в ветеринарии.

ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ДОЛЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ИОНОВ РАСТЕНИЯМИ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ВОДЕ И ПОЧВЕ

Гапоненко В.И.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

irb@mail.gomel.by

Хотя со времени катастрофы на ЧАЭС прошло почти 25 лет, по-прежнему весьма актуальными являются исследования накопления и движения их по пищевой биологической цепи: вода-почва-растения-животные-человек, а также выявление механизмов воздействия на биоту ионизирующих излучений (ИИ), главным образом в малых дозах.

В наших исследованиях изучали особенности накопления растениями различных РН в зависимости от концентрации их в среде обитания. В одной из серий исследований с наземной фитомассой различных растений в составе агро- и фитоценозов обнаружено, что по мере повышения удельной активности (УА) почвы по ^{137}Cs и ^{90}Sr доля их накопления в растениях (Кн) снижалась. На полулогарифмическом графике эта зависимость аппроксимировалась прямой. Рассчитаны уравнения первого порядка для обоих нуклидов:

$$^{137}\text{Cs}: \lg \text{Кн} = 0,52 - 0,81 * \text{C}, \quad \text{и} \quad ^{90}\text{Sr}: \lg \text{Кн} = 0,30 - 1,7 * \text{C},$$

где С – УА пч, Бк/г. Ранее с применением ^{32}P изучены особенности круговорота фосфора в рыбоводных прудах на фоне внесения основного недостающего биогенного элемента – N. Обнаружена обратная зависимость между Кн ^{32}P фитопланктоном и концентрацией его в прудовой воде. Аналогичная зависимость установлена для ^{40}K в исследованиях с овощными растениями личных подворий Брагинского и Хойникского районов Гомельской области. В настоящее время такого рода исследования весьма актуальны с РН Чернобыльского выброса. Кроме ^{137}Cs и ^{90}Sr это особенно касается трансурановых элементов (ТУЭ) $^{239}, ^{240}\text{Pu}$ и ^{241}Am , которые, высвобождаясь при деструкции топливных частиц, вовлекаются в биогеохимические циклы. При изучении водоемов и водотоков Гомельской области установлены высокие значения Кн как для $^{239}, ^{240}\text{Pu}$, так и для ^{241}Am , сравнимые и даже превышающие аналогичные показатели по ^{137}Cs – у макрофитов (соответственно 0,59-25,0 и 0,35-0,93) и значительно превосходящие их – у фитопланктона.

Обнаруженная закономерность означает, что по мере снижения концентрации радионуклидов в среде обитания, их доля, перешедшая в фитомассу растений, а следовательно, и во всю пищевую биологическую цепь, будет возрастать.

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА И УФ-В-РАДИАЦИИ НА ЯЧМЕНЬ

Гончарова Л.И., Рачкова В.М.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
riarae@riar.obninsk.org

В природных условиях растительные сообщества могут подвергаться действию факторов различной природы, в том числе тяжелых металлов и повышенных уровней биологически активной УФ-В-радиации. Известно, что первичные механизмы действия химических токсикантов и УФ-В-излучения на биологические объекты неодинаковы, а литературные сведения о совместном влиянии этих факторов на растительный организм практически отсутствуют. Изучалось, как правило, действие температуры и влажности почвы и воздуха в условиях УФ-стресса.

Во ВНИИСХРАЭ в вегетационном и полевом опытах проведено изучение раздельного и совместного действия загрязнения почвы свинцом и хронического УФ-В-излучения на продуктивность ячменя сорта Зазерский 85. Вегетационный опыт в теплице заложен по схеме: контроль и 3 дозы Pb (130, 650, 1300 мг/кг почвы) x 4 уровня интенсивностей УФ-В-облучения (0,65, 0,78, 1,31, 2,64 Вт/м²) и контроль. В полевом опыте концентрация свинца составляла 130 мг/кг почвы, суточные дозы УФ-В-радиации: 0,9 и 2,75 кДж/м². Размер делянки 1 x 2 м², повторность трехкратная. Источником УФ-В-излучения служили люминисцентные эритемные лампы «ЛЭР-40».

В вегетационном опыте установлено, что УФ-В-радиация при минимальной и максимальной экспозициях облучения вызывала значительное угнетение продуктивности ячменя соответственно на 54% и 45%. При действии свинца снижение урожая на 38% наблюдали при максимальной концентрации. При совместном влиянии тяжелого металла и УФ-В-излучения достоверное угнетение зерновой продуктивности в среднем на 57% ($p \leq 0,01$) выявили в сочетании только низких и высоких уровней интенсивности факторов.

В полевом опыте показано, что существенное снижение урожая на 33% ($p \leq 0,01$) наблюдали при действии УФ-В-радиации в максимальной экспозиции. Влияние загрязнения почвы свинцом в изученной концентрации на ячмень было незначительным, а совместное действие свинца и УФ-В-излучения вызвало угнетение продуктивности в среднем на 14%. Отмечено, что из двух изученных факторов (УФ-В-радиация и тяжелый металл в исследуемых дозах), УФ-В-радиация оказывала преобладающее негативное действие на урожай ячменя вследствие значительного повреждения генеративных органов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛУНАТА НА РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Грудина Н.В., Быданова В.В., Грудин Н.С., Бастракова Л.А.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
grudina@riar.obninsk.org

Эффективность использования добавки кормовой Солунат для снижения содержания ^{137}Cs в молоке коров (при одновременном повышении молочной продуктивности животных) была исследована в производственных экспериментах на радиоактивно загрязненной территории Брянской области на черно-пестрой породе крупного рогатого скота. При стойловом содержании коров с использованием силосно-концентратного типа кормления и при уровнях ^{137}Cs в кормах рациона, равных 10-12 кБк/сутки, применение Солуната в суточной дозе 500 мг на протяжении всего периода эксперимента (4 месяца) снижало уровни ^{137}Cs в молоке на 13 - 23 % (табл. 1) до санитарно-гигиенических нормативов (СанПиН 2.3.2.1078-01).

Таблица 1. Динамика концентрации ^{137}Cs в молоке коров, Бк/кг

Группа коров	Интервал отбора образцов молока, сутки					
	Исход.	27	27	30	23	13
Рацион с Солунатом	120,4±6,5	95,0±5,8	83,0±4,8	87,0±4,3	100±6,1	98,0±4,7
Рацион без Солуната	121,6±5,9	112,0±6,0	95,6±5,4	114,0±5,1	120±5,9	115±5,0
% снижения относительно контроля		15	13	23	16	15

При концентрации ^{137}Cs в кормах, равной 20-25 кБк/сут., применение Солуната в ежесуточной дозе 1000 мг позволяло снижать концентрации ^{137}Cs в молоке коров, в среднем, на 25-30%.

Полученные экспериментальные данные показали, что одновременно со снижением концентрации ^{137}Cs в молоке, применение добавки кормовой Солунат повышало молочную продуктивность лактирующих коров в среднем на 1,1 – 1,5 л/гол..

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРУБЫХ КОРМОВ
ПЕРЕД СКАРМЛИВАНИЕМ НА КАЧЕСТВО, СОДЕРЖАНИЕ ^{137}Cs И
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Губарева О.С., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
gosolga56@rambler.ru

В течение всего периода времени после аварии на Чернобыльской АЭС продукты животноводства (молоко и мясо) являются основными источниками поступления ^{137}Cs в организм человека на радиоактивно загрязненных территориях, что определяет направленность защитных мер для обеспечения радиологической безопасности населения. Известно, что основными компонентами рациона крупного рогатого скота, влияющими на накопление ^{137}Cs в продукции животноводства, являются сено и трава. До сих пор в наиболее загрязненных районах Брянской области в общественном секторе средняя удельная активность ^{137}Cs в 25% проб сена не соответствует нормативу ВП 13.5.13/06-01. В частном секторе средние уровни загрязнения сена ^{137}Cs в 1.8 раза выше установленного норматива (превышение в 60% проб).

Для решения этой проблемы ведется поиск новых технологических приемов, направленных на снижение уровня загрязнения кормов. Положительные результаты получены при обработке грубых кормов аммиаком, известью и раствором щелочи.

Исследования проводили на экспериментальной базе ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии на аттестованном оборудовании, по аттестованным методикам.

Обработаны и проанализированы 45 образцов сена с концентрацией ^{137}Cs от 1,6 до 17,9 кБк/кг. Кальцинирование известью в среднем в 3,5 раза снизило содержание ^{137}Cs в кормах. Слабый раствор щелочи обеспечивает уменьшение загрязнения в среднем в 3,6 раза, при обработке аммиаком кратность снижения содержания ^{137}Cs в среднем составила 2,5 раза, без существенного снижения общей питательности кормов.

Таким образом, предлагаемые методы предварительной подготовки грубых кормов к скармливанию с использованием аммиака, щелочи и извести позволили снизить содержание в них ^{137}Cs и тяжелых металлов в 2-4 раза.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРОЦИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ВИНОДЕЛИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs В ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ

Гудков И.Н., Лазарев Н.М., Ветомова Ю.В.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина,

lazarev@uiar.kiev.ua

Несмотря на то, что со времени аварии на Чернобыльской АЭС прошла почти четверть века, Украина остается одной из стран, в которой уровни загрязнения молока по ^{137}Cs в некоторых населенных пунктах превышает государственные санитарно-гигиенические нормативы. Насчитывается около 10 сел, в которых удельная радиоактивность в молоке и мясе – основных дозообразующих, или критических, продуктах постоянно превышает их в несколько раз и около 100 сел, где уровень загрязнения молока периодически может их превышать.

Опыт ведения животноводства на загрязненной радионуклидами территории в поставарийный период свидетельствует о том, что одним из эффективнейших приемов в животноводстве в отношении снижения уровней загрязнения молока и мяса радиоцезием является применение энтеросорбентов. Самыми эффективными из них оказались препараты из группы гексоцианоферратов (железа, аммония, калия, меди и др), а также разнообразные препараты и кормовые добавки на их основе. Так, проведенные нами, а также другими авторами исследования показали, что применение ферроцинсодержащих препаратов в форме различных кормосмесей, солевых брикетов, болосов (в расчете 3–5 г ферроцина на одну корову в сутки) на протяжении периода лактации обеспечивает 2–10-кратное снижение уровней загрязнения молока и мяса.

Ферроцин в Украине не производится. Нами, из отходов виноделия, образующихся при деметаллизации вин с помощью желтой кровяной соли, путем очистки и обогащения, был получен ферроцинсодержащий препарат ФОВ (ферроцинсодержащий отход виноделия), содержание ферроцина в котором, достигает 15–40%. Предварительные испытания препарата на лабораторных животных (кролики) показали, что добавление его к рациону снижает содержание ^{137}Cs в различных органах и тканях в 2–10 раз. Испытание препарата в производственных условиях на дойных коровах показало, что уже через две недели скармливания содержание радионуклида в молоке снижается в 1,5–2 раза, а через четыре недели в 2,5–4 раза. Эффективность ФОВ зависела от уровня радионуклидного загрязнения кормов, и была наивысшей при самых высоких уровнях содержания ^{137}Cs .

ПРОГНОЗ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Гуцева Г. З.

ГНУ «Институт радиобиологии Национальной Академии Наук Беларуси», Гомель,
Республика Беларусь, Guzewa@mail.ru

Радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr , выпавшие в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, сосредоточены в верхнем, корнеобитаемом слое почвы и легко включаются в экологические цепи «почва → растение → животные → человек», поэтому основной центр тяжести последствий радиоактивного загрязнения внешней среды находится в аграрной сфере. Для ведения сельскохозяйственного производства в зоне радиоактивного загрязнения, особенно при высоком содержании радионуклидов в почве, разработана методика позволяющая проводить заблаговременный прогноз содержания радионуклидов в различных видах продукции растениеводства и определять характер ее использования (на пищевые цели, на переработку и т. д.). Основу прогноза составляют коэффициенты перехода (КП - отношение удельной активности растений к плотности загрязнения почвы), дифференцированные в зависимости от целого ряда факторов.

В Рекомендациях по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь приводится база данных по коэффициентам перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай основных видов сельскохозяйственных культур, которая постоянно уточняется и дополняется.

По результатам наших исследований за период 2004 - 2006 гг. рассчитаны КП ^{137}Cs и ^{90}Sr для зеленой массы и семян сои (Таблица 1). Коэффициенты перехода представлены для дерново-подзолистых супесчаных почв, наиболее распространенных на загрязненных территориях, по ^{137}Cs с содержанием обменного калия в пределах 141 - 200 мг/кг почвы, по ^{90}Sr с уровнем кислотности в пределах 5,6 – 6,0.

Таблица 1 – Коэффициенты перехода радионуклидов в урожай сои, Бк/кг:кБк/м²

^{137}Cs		^{90}Sr	
Зеленая масса	Семена	Зеленая масса	Семена
0,04	0,08	5,20	4,17

Для прогноза уровня загрязнения урожая радионуклидами на данном поле необходимо величину коэффициента перехода для прогнозируемой продукции, умножить на величину плотности загрязнения почвы данного элементарного участка.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ К ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ

Денисова Т.В., Казеев К.Ш.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, denisova777@inbox.ru

Выявление закономерностей отклика биологических систем на воздействие факторов загрязнения природной среды, особенно радиоактивного и электромагнитного, и расшифровка наблюдаемых эффектов представляют не только несомненный научный интерес, но и являются необходимым этапом оценки состояния окружающей среды.

Цель работы – оценка пригодности показателей микробиологической активности в биоиндикации влияния гамма-излучения на почву.

Объектом исследования был чернозем обыкновенный карбонатный (Апах, Учхоз «Донское» ДонГАУ, Октябрьского района, Ростовской области). Свежевысушенные образцы облучали тормозным излучением микротрона. Дозы облучения составили: 1, 5, 10 и 20 КГр. Численность микрофлоры определяли методом глубинного посева на плотные питательные среды по общепринятым методикам. После облучения почвы были выполнены модельные эксперименты по восстановлению облученного чернозема в течение 3-180 суток.

Ранжирование биологических показателей по чувствительности к гамма-излучению имеет вид: грибы>бактерии-аммонификаторы>споровые бактерии>бактерии амилोलитики>бактерии р. Азотобактер.

По скорости восстановления микробиологические параметры образовали следующие ряды: ранние сроки инкубации (3 и 30 суток): бактерии-аммонификаторы > спорообразующие бактерии > бактерии р. *Azotobacter* > микромицеты.

Поздние сроки инкубации (90 и 180 суток): спорообразующие бактерии> бактерии р. *Azotobacter* > бактерии-аммонификаторы ≥ микромицеты.

Происходит резкое возрастание численности бактерий-аммонификаторов в варианте с дозой 20 КГр через 3 и 30 суток инкубации, и резкое очень резкое падение их численности через 90 суток. Отмечена особенность влияния дозы 10 КГр – у всех исследованных групп микроорганизмов и для всех сроков инкубации численность микроорганизмов остается практически на одном уровне.

Исследования поддержаны ФЦП «Интеграция», проекты № П2383, П1298.

**ПРИЁМЫ СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ^{137}Cs и ^{90}Sr В ПРОДУКЦИЮ
РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ**

Жданович В.П., **Исаченко С.А., *Одинцова Л.Е.,*

**ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», **РНИУП «Институт радиологии»,*

****НИ РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»,*

Гомель, Республика Беларусь, zhdanovich_vp@tut.by

По последним данным обследования в Республике Беларусь радионуклидом ^{137}Cs загрязнено 597 тыс. га пахотных почв с плотностью свыше 1 Ки/км². Значительная часть пашни (195 тыс. га) одновременно загрязнена и ^{90}Sr с плотностью 0,15 – 3,0 Ки/км². Основные площади (95%) пахотных земель, загрязненных ^{90}Sr , находятся в Гомельской области. Производство нормативно чистой сельскохозяйственной продукции (соответствующей требованиям РДУ) на таких землях требует применения защитных мероприятий.

Ключевым звеном влияния на снижение содержания радионуклидов в продуктах питания в трофической цепи является звено «почва-растение». Контрмеры, применяемые на данном этапе, являются наиболее рациональными и оправданными

Авторами проведены научные исследования в рамках направлений Государственной программы Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС: «Научное обеспечение реабилитации загрязненных радионуклидами территорий в сельскохозяйственном производстве»; «Совершенствование технологий производства нормативно чистой сельскохозяйственной продукции в условиях радиоактивного загрязнения»

По результатам исследований разработаны агротехнические и агрохимические защитные мероприятия, проведено прогнозирование накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции растениеводства в зависимости от агрохимических свойств почвы (содержание подвижного калия, реакции почвенной среды), уточнены технологии возделывания отдельных культур, дана оценка видов культур и их сортов на радиосприимчивость.

Материалы исследований легли в основу подготовленных и изданных рекомендаций, которые в условиях производства обеспечивают гарантированное получение полноценной сельскохозяйственной продукции в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических нормативов Республиканских допустимых уровней (РДУ), что позволяет сократить поступление радионуклидов в пищевые цепи.

ВЛИЯНИЕ НА ЖИВОТНЫХ КОМБИНИРОВАННОГО РАДИАЦИОННО-ТОКСИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ

Иванов А.В., Колюхов Г.В., Тарасова Н.Б.

ФГУ «Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности животных», Казань, Россия, vnivi@mail.ru

Известные экспериментальные работы В.А.Киршина и др. (1983), В.А.Бударкова и др. (1992) заложили фундамент для дальнейших исследований длительного воздействия радиоактивного фактора сравнительно небольшой интенсивности. Они позволили сформулировать предположение о меньшей биологической эффективности хронического воздействия по сравнению с однократным в соизмеримых дозах. Длительное радиационное воздействие обладает рядом существенных особенностей: это медленное развитие функциональных изменений, растянутое по времени формирование поглощенной дозы параллельно развивающимся восстановительным процессам, изменение эффективных доз и т.д.

В последнее десятилетие чрезвычайно высокую экономическую и экологическую опасность представляет проблема микотоксикозов животных. Токсигенные плесневые грибы и их метаболиты, поражая корма, вызывают у животных комплексные отравления различной степени – от острых до хронических.

Для исследований было сформировано 4 экспериментальные группы по 10 белых крыс в каждой: 1-я – биологический контроль; 2-я – опытная – контроль облучения (хроническое гамма-облучение в суммарной дозе 1,0 Гр); 3-я – опытная – заправка Т-2 токсином в дозе 1/5 ЛД₅₀ в течение 5 дней; 4-я – опытная – комбинированное поражение (заправка Т-2 токсином в дозе 1/5 ЛД₅₀ в течение 5 дней + хроническое гамма-облучение в суммарной дозе 1,0 Гр за 5 суток).

Установлено, что эффекты, вызванные комбинированным действием Т-2 токсина и ионизирующей радиации определяются патогенными факторами и зависят от дозы ионизирующего воздействия и микотоксина. Это может быть объяснено как с позиций представлений о клеточных основах патогенеза костномозгового синдрома, так и степенью повреждения кроветворной системы в целом.

Патогенетические механизмы, запущенные непосредственно в острый период прямого контакта с ионизирующим излучением, при комбинированном воздействии внешнего гамма-излучения и Т-2 токсина выражены и характеризуются снижением резервных возможностей регуляторных систем.

**ПРОТИВОЛУЧЕВЫЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ОБЛУЧЕНИИ
В МАЛОЙ ДОЗЕ**

Иванов А.В., Колюхов Г.В., Низамов Р.Н.

ФГУ «Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности животных»,
Казань, Россия, vnivi@mail.ru

Целью исследований явилось изучение влияния профилактического и терапевтического введений Эра-Н и Эраконда на параметры системы регуляции перекисного окисления липидов (ПОЛ) и физиологические показатели в тканях белых мышей при низкоинтенсивном гамма-облучении животных в малой дозе.

Опыты выполнены на 120 белых мышках-самцах живой массой 18-20 г, разделенных на 6 групп: 1-я – введение Эра-Н внутривентрикулярно ежедневно в течение 10 сут с последующим облучением в дозе 1 Гр; 2-я - введение Эраконда внутривентрикулярно ежедневно в течение 10 сут с последующим облучением в дозе 1 Гр; 3-я – облучение в дозе 1 Гр; 4-я - облучение в дозе 1 Гр + внутривентрикулярное введение Эра-Н через 1 ч после воздействия в течение 10 дней; 5-я – облучение в дозе 1 Гр + внутривентрикулярное введение Эраконда через 1 ч после воздействия радиации в течение 10 дней; 6-я – биологический контроль.

Установлено, что введение растительных антиоксидантных препаратов до облучения вызывает снижение АОА липидов и содержания ТБК-активных продуктов в плазме крови. Применение Эра-Н и Эраконда после облучения сопровождается возрастанием содержания малонового диальдегида, что, очевидно, обусловлено разной чувствительностью показателей системы регуляции ПОЛ к совместному действию антиоксиданта и гамма-облучения. Совокупность представленных экспериментальных данных свидетельствует об отсутствии единообразного ответа и высокой чувствительности параметров системы регуляции ПОЛ в тканях белых мышей при совместном действии антиоксидантов и облучения в зависимости от дозы препаратов и от времени их (до или после низкоинтенсивного облучения) введения. Наиболее выраженное радиозащитное воздействие на белых мышей в проведенной серии экспериментов оказало введение Эра-Н и Эраконда до облучения, особенно в дозе 0,2 мл/гол, в то время как введение препаратов в больших дозах после облучения не изменяет повреждающего действия низкоинтенсивного облучения в дозе 1 Гр. Разнонаправленность изменений процессов ПОЛ в зависит от объема вводимых препаратов и сроков их применения.

**ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ АДРЕСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ
ОТ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Иванова Е.Г., Панов А.В.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии» РАСХН, Обнинск, Россия

riar@mail.ru

По прошествии почти 25 лет после аварии на ЧАЭС проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях России, остаются актуальными. В южных районах Калужской области расположены населенные пункты, в которых среднегодовые дозы облучения жителей могут превышать 1 мЗв. В этих населенных пунктах согласно закону «О радиационной безопасности населения» необходимо проведение комплекса защитных мероприятий.

Исходными данными для исследования стали результаты радиоэкологического мониторинга, проведенного в 131 населенном пункте южных районов Калужской области. Для разработки стратегии адресной реабилитации населенных пунктов использована компьютерная система поддержки принятия решений - *ReSCA*. Данная программа, позволяет определять состав и объем наиболее эффективных защитных мероприятий с учетом радиологических, почвенных и административно-хозяйственных характеристик населенных пунктов, а также наличия финансовых и материальных ресурсов. Разработан комплекс оптимальных защитных мероприятий по снижению доз облучения жителей 4 населенных пунктов Калужской области. Представлен сравнительный анализ двух вариантов реабилитации с учетом экономического фактора и социальной приемлемости контрмер. Оценены затраты, необходимые для проведения адресной реабилитации. Показано, что наиболее эффективными являются сельскохозяйственные контрмеры, направленные на снижение доз внутреннего облучения населения. Использование системы *ReSCA* с максимально детализированным информационным обеспечением и анализом условий проживания населения обеспечивает решение как радиологической и экологической, так и социально-психологической и экономической составляющих реабилитации. Внедрение в практику результатов исследования будет способствовать снижению риска дополнительного облучения жителей населенных пунктов Калужской области.

**РАЗРАБОТКА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ,
УСКОРЯЮЩИХ ВЫВЕДЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ ИЗ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ**

Ишмухаметов К.Т., Шакуров М.М., Шаикаров В.П.

ФГУ Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности
животных, Россия, Казань, vnivi@mail.ru

Изучены сорбирующие композиции «пекарские дрожжи–бентонит» (9:1), «пекарские дрожжи–ферроцин» (9:1), «пекарские дрожжи–бентонит-ферроцин» (8:1:1), «кормовые дрожжи–бентонит» (9:1), «кормовые дрожжи–ферроцин» (9:1), «кормовые дрожжи–бентонит-ферроцин» (8:1:1), неорганические сорбенты и дрожжевые бактерии. В качестве модельных животных было использовано 42 белые крысы живой массой 120±20 г., разделенные по принципу аналогов на 7 групп. Всем животным трехкратно с интервалом в 1 сут через специальный внутрижелудочный зонд был введен водный раствор ^{137}Cs с удельной активностью 1 кБк/мл по 1,0 мл на каждое введение (суммарная удельная активность нуклида на крысу - 3,0 кБк). Сорбирующие композиции использовали вместе с комбикормом через 1 сут после трехкратного введения изотопа, в течение 20 сут. На 10 и 20 сут по 3 крысы из каждой группы были убиты для взятия проб органов и тканей (мышц, сердца, печени, селезенки, почек, легких). Удельную активность проб исследовали при помощи гамма-счетчика «Компьюгамма».

Было установлено, что цезий в органах и тканях крыс на 10 и 20 сут, независимо от состава использованных рецептур, распределялся следующим образом: мышцы - 28-36 %; почки - 15-20 %; сердце - 13-17 %; печень - 11-15 %; селезенка - 10-13 %, легкие - 9-11 %. По сорбционной активности композиции составили убывающий ряд: «кормовые дрожжи–бентонит-ферроцин», кратность к контролю (в среднем по тканям) составила 1,56 раза; «пекарские дрожжи–бентонит-ферроцин» - 1,46 раза; «кормовые дрожжи–ферроцин» - 1,39 раза; «пекарские дрожжи–ферроцин» - 1,34 раза; «кормовые дрожжи–бентонит» - 1,24 раза > «пекарские дрожжи–бентонит» - 1,09 раза. Композиции, составленные на основе «кормовых дрожжей» в отличие от «пекарских...» являлись до 17-28 % более эффективными. Наиболее значительный эффект сорбции наблюдался на 20 сут. Так, при использовании композиции «кормовые дрожжи–бентонит-ферроцин», кратность к контролю в мышечной ткани составляла: на 10 сут – 1,37; 20 сут – 1,51 раза. Рецепт «кормовые дрожжи-бентонит-ферроцин» была испытана комиссионно, после чего на нее были составлены Наставления по применению.

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЗОН РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УКРАИНЫ

Калиненко Л.В.

ВНИИ гражданской защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций
техногенного и естественного характера МЧС Украины, Киев, Украина, vnd@icz.com.ua

Сегодня большие группы населения проживают на территориях, которые стали экологически кризисными зонами, и подвергаются влиянию не только природных, но и вредных техногенных факторов. Они способствуют возникновению генетических и метаболических дефектов на органном и клеточном уровнях, что является первопричиной развития ряда распространенных тяжелых патологий. Одной из самых больших экологически кризисных зон Украины является территория украинского Полесья.

Спустя 24 года после Чернобыльской аварии радиационная ситуация на загрязненных территориях значительно улучшилась, стабилизировалась и стала прогнозируемой за счет физического распада радионуклидов, естественных процессов автореабилитации и проведения комплекса контрмер. Однако, до сих пор в зоне украинского Полесья все еще производится сельскохозяйственная продукция, которая не отвечает требованиям государственных нормативов на содержащее ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания. Остается больше 57 населенных пунктов, где удельная активность ^{137}Cs в молоке и мясе постоянно превышает действующие нормативы в 5-15 раз и 522 населенных пункты, где радиоактивное загрязнение молока более чем в 30% личных подсобных хозяйств может превышать допустимые уровни, и за последние 5 лет зафиксированные случаи превышения уровней средней загрязненности молока по населенному пункту. Нужно отметить существующие до сих пор одиночные случаи превышения содержания ^{137}Cs в овощах и картофеле (возле 10 н.п.), выращенных на торфяниках, а также превышение содержания ^{90}Sr в зерне (возле 50 н.п.), чего не наблюдалось раньше. Материалы дозиметрической паспортизации свидетельствуют о том, что с каждым годом все меньше людей получают дополнительное облучение свыше 1 мзв за год вследствие Чернобыльской катастрофы - таких населенных пунктов на сегодня осталось 42. Контрмеры, проводящиеся на радиоактивно загрязненных территориях, дают возможность поддерживать радиологическую ситуацию на достигнутом уровне, тем не менее для ее коренного исправления необходимо продолжение долгосрочных реабилитационных мероприятий.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОРНЕВОГО ПЕРЕХОДА ГАЛОГЕНОВ ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Кашипаров В. А.¹, Колле К.², Левчук С.Е.¹, Зварич С.И.¹

¹Украинский НИИ Сельскохозяйственной радиологии НУБиП Украины, пгт. Чабаны,

²Институт радиационной защиты и ядерной безопасности (IRSN), Франция

vak@uiar.kiev.ua

Захоронения долгоживущих радиоактивных отходов в различных геологических формациях в будущем могут стать источником загрязнения окружающей среды долгоживущими радионуклидами. Одними из таких радионуклидов являются ¹²⁵I ($T_{1/2}=15.7 \cdot 10^6$ лет) и ³⁶Cl ($T_{1/2}=3 \cdot 10^5$ лет). В связи с этим изучение поведения в окружающей среде и определение параметров переноса сверхдолгоживущих радиоактивных галогенов из почвы в растения является необходимым для долговременной оценки радиационного воздействия на человека и биоту захоронений радиоактивных материалов. Исследования поведения галогенов в системе почва-растение (пшеница, редис, салат, картофель, фасоль) проводились в природных условиях на экспериментальном полигоне УкрНИИСХР в зоне отчуждения ЧАЭС на протяжении ряда лет на дерново-подзолистой и серой лесной почвах, а также на черноземе типичном и луговом. В результате работы были получены параметры, которые позволяют прогнозировать корневое поступление радиоактивных изотопов йода и ³⁶Cl в основные сельскохозяйственные культуры. Кроме того, полученные результаты позволяют сформулировать следующие основные выводы:

- коэффициент накопления ³⁶Cl в определенных растениях не зависит от типа почвы, ее агрохимических свойств и от содержания в ней стабильного хлора (≤ 150 мг/кг);
- коэффициенты накопления стабильного хлора могут быть использованы для прогноза перехода ³⁶Cl в растения при разных почвенно-климатических условиях (при содержании стабильного хлора ≤ 150 мг/кг);
- внесение добавочных количеств стабильного хлора в почву не изменяет переход ³⁶Cl в растения и не может быть рекомендовано как контрмера по уменьшению загрязнения растительности этим радионуклидом;
- впервые полученные равновесные функциональные зависимости между коэффициентом накопления ¹²⁵I в разных с/х культурах и характеристиками основных типов почв континентальной Украины;
- внесение добавочных количеств стабильного йода в почву увеличивает переход ¹²⁵I в растения. Разбавление долгоживущих радионуклидов йода стабильным ¹²⁷I. не может быть рекомендовано как контрмера для снижения загрязнения растительности.

НОРМИРОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОНЫ ПОЛЕСЬЯ

Кимаковская Н.А.

ВНИИ гражданской защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера МЧС Украины, Киев, Украина, vnd@icz.com.ua

Изучение закономерностей поведения радионуклидов и тяжелых металлов в пищевых цепочках позволяет разрешить одну из наиважнейших практических задач – провести нормирование загрязнения окружающей среды этими токсикантами.

При прогнозировании миграции токсикантов по пищевой цепочке первым звеном является среда, в которой находится или в которую они поступают, конечным – объект защиты. В процессе нормирования используется обратная последовательность – от человека к почве через организмы животных и растения.

Методология нормирования содержания радионуклидов и химических токсикантов в окружающей среде не имеет принципиальных отличий, но при определении количественной взаимосвязи между концентрациями элементов во взаимосвязанных цепочках биологических цепей «почва-растение» и «растение-животное» необходимо учитывать, что радионуклиды присутствуют в настолько незначительных количествах, что их массой можно пренебречь. Свойства различных растений поглощать макро- и микроэлементы сильно отличаются друг от друга и достигают 6-14 раз. Разница накопления токсикантов сельскохозяйственными культурами наблюдается на всех типах почв. Наиболее критическими в случае загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами выступают дерново-подзолистые песчаные почвы, в то же время относительно радионуклидов критическими являются торфяники.

Наиболее жесткие требования при загрязнении окружающей среды кадмием относятся к почвам под выращивание овощных культур. В ситуациях, когда почвы загрязнены свинцом, медью и цинком, критическими будут земли под кормовые культуры для крупного рогатого скота молочной и мясной специализации.

**ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСТУПЛЕНИЕ
РАДИОЦЕЗИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЧВ В ОСНОВНЫЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ПОЛЕСЬЯ**

Косарчук О.В.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета
биоресурсов и природопользования Украины, Украина, Киев, Olya_S@uiar.kiev.ua

Объектами исследований многих ученых на протяжении больше половины столетия являются: качественный состав загрязнений, обусловленный антропогенным действием, выявление источников поступления токсикантов в окружающую среду, поиск и разработка мероприятий по снижению техногенной нагрузки на биоту.

Восстановление плодородия загрязненных почв для получения на них экологически чистой продукции растениеводства – одна из наиболее важных проблем охраны агробиоценозов.

В условиях дефицита органических удобрений и существование общих экономических проблем в государстве поиск альтернативных источников органического вещества есть актуальным практическим вопросом.

В условиях полевых стационаров изучали эффективность биологического удобрения „Байкал ЭМ-1У” на поступление ¹³⁷Cs и тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) в сельскохозяйственную продукцию в сравнении с традиционными агротехническими и агрохимическими приемами на трех типах почв: чернозем, дерново-подзолистый, торфяно-болотный.

Биоудобрение „Байкал ЭМ-1У” снижало поступление радиоцезия в культуры от 1,5 до 3 раз в зависимости от типов почв. В зависимости от вида культур эти различия достигали 2,1 раза.

Для меди эти значения были выше и варьировали от 2,2 до 2,8 раз, а для кадмия, свинца, цинка – наблюдалась тенденция увеличения накопления в культурах в сравнении с агротехническими и агрохимическими приемами.

При внесении „Байкал ЭМ-1У” наблюдали увеличение урожая изучаемых культур от 50 до 140%.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИАГНОСТИКУ РАДИАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Лазарев Н.М.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина, lazarev@uiar.kiev.ua

Известно, что наиболее загрязненные территории Украины, Белоруссии, России относятся до зоны Полесья, которая характеризуется как зона с дефицитом биогенных микроэлементов в почвах, в том числе и йода. Также хорошо известно, что именно радиоактивный йод будет играть ведущую роль в радиационном поражении биологических объектов практически при любой ядерной аварии при попадании продуктов деления в окружающую среду. Наиболее ярко за всю историю ядерных аварий это проявилось после аварии на ЧАЭС. Диагностические признаки и клиническая картина радиационного поражения животных радиоактивным йодом достаточно хорошо описана в научной литературе. Однако, незаслуженно мало, на наш взгляд, уделено данным вопросам при ситуациях, когда радиоактивный йод поражает популяции животных в эндемических по стабильному йоду провинциях.

Анализ данных клинических исследований животных, содержащихся в эндемических по йоду условиях в том числе и на следах интенсивного загрязнения продуктами ядерного деления после аварии на ЧАЭС показывает, что клиническая картина радиационного поражения животных радиоактивным йодом описанная в литературе после аварии и клиническая картина состояния здоровья животных, обусловленная дефицитом стабильного йода до аварии не просто схожа, а во многих случаях идентична. Нами, в серии экспериментов на крупном рогатом скоте разного возраста, (телятах, лактирующих стельных на 6-7 месяцев коровах), проведено изучение влияния различных доз ^{131}I (от 5 до 80 мКи/гол) на их физиологические параметры и патоморфологические изменения в щитовидной железе, и их сравнение по таким же параметрам у животных из эндемической зоны. Результаты исследований показывают, что многие клинические признаки радиационного поражения животных радиоактивным йодом в дозе до 60Гр/щ.ж. практически идентичны параметрам, характеризующим клиническую картину йодного дефициту. Поэтому знания про экологическую ситуацию в зоне радиационных аварий могут быть важны при оценке последствий радиационного поражения животных продуктами ядерного деления.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕМНИЙ СОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА СИЛИПЛАНТ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ

Лой Н.Н., Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Степанчикова Н.С.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия;

loy_nad@yandex.ru

Внедрение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур препаратов, обладающих физиологической активностью, предполагает оценку их способности влиять на процессы, связанные с накоплением загрязняющих веществ в растениеводческой продукции.

В вегетационном опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с высоким содержанием ^{137}Cs и Cd (50 кБк/кг и 50 мг/кг почвы соответственно) изучали влияние кремний содержащего препарата Силиплант на рост яровой пшеницы сорта Ангелина и переход загрязняющих веществ в растения в онтогенезе.

Установлено, что предпосевная обработка семян пшеницы Силиплантом (0,03 л/т) не влияла на морфофизиологические показатели 21 и 60-ти суточных растений при выращивании на загрязненной почве. В условиях повышенного содержания Cd в почве отмечено незначительное ($p < 0,05$) увеличение площади листовой поверхности у 60-ти суточных растений после предпосевной обработки семян и опрыскивания (1,0 л/га) растений в фазу кущения.

Обработка семян пшеницы Силиплантом способствовала снижению (на 5-10%, различия достоверны при $p < 0,05$) перехода ^{137}Cs из почвы в растения на разных фазах развития пшеницы (кущение, выход в трубку, полная спелость) при полиэлементном загрязнении почвы и увеличению его транспорта при радиоактивном загрязнении.

Отмечено разнонаправленное влияние Силипланта (обработка семян) на накопление Cd в растениях: от тенденции к снижению перехода металла в растения при выращивании в условиях химического загрязнения почвы до стимуляции процесса при сочетанном (радиоактивном и химическом) загрязнении. Следует отметить, что применение Силипланта не позволило существенно уменьшить фитотоксическое действие Cd – 50 мг/кг почвы - на продуктивность яровой пшеницы Ангелина и элементы урожая.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-04-13621 – офи-ц.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Мартынова А.А.¹, Мельник Н.А.²

¹ Кольский Научный Центр РАН, Апатиты.

² Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья

им. И.В.Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия,

melnik@chemy.kolasc.net.ru

Земляника садовая (*Fragaria x ananassa* Duch.) является важной культурой, которую выращивают по всему миру и активно культивируют в Заполярье. На адаптацию этой культуры в северных условиях влияет экстремальный экологический режим, а также летние пыльные бури от хвостохранилищ, содержащих естественные радионуклиды на уровне 0.001-0.01 мас.%. Исследования, проведенные в 2005-2009 г.г. в аккредитованной лаборатории радиационного контроля ИХТРЭМС КНЦ РАН, показали, что природно-климатические условия также существенно влияют на миграцию естественных и техногенных радионуклидов из атмосферы, почвы и применяемых удобрений. Эти процессы приводят к накоплению радионуклидов в наземных частях земляники садовой, особенно в тех, которые исполняют роль ассимиляционного аппарата: усах, розетках и чашелистиках. Листовая часть растений в большей степени накапливает такие радионуклиды как ⁷Ве и ⁴⁰К, ²²⁶Ra и ²³²Th (преимущественно в усах), а ¹³⁷Cs и ²¹⁴Pb аккумулируются в чашелистиках. Анализ радиационных показателей и биохимических свойств ягод земляники садовой методом корреляционного и факторного анализа показал, что ¹³⁷Cs, ²¹⁴Pb, ²³²Th и ⁴⁰К положительно коррелируют с такими биохимическими показателями как СМ, СС и АК ($r = +1$), а ²²⁶Ra и ⁷Ве – с кислотностью ($r = +1$). Повышение содержания ⁴⁰К в ягодах приводит к увеличению содержания сухой массы, суммы сахаров и аскорбиновой кислоты ($r = +1$). К 1-му фактору, влияющему на биохимические свойства ягод земляники и адаптивность растений, относятся ⁴⁰К, ²¹⁴Pb, ²²⁶Ra и АК, ко 2-му фактору - ⁴⁰К, ²¹⁴Pb. Исследования показали, что радиационные показатели не превышают нормированных значений для лекарственных растений и пищевых продуктов, но частично влияют на биохимические и физиологические свойства земляники садовой, сказываются на биохимических показателях ягод и на адаптивном потенциале растений.

ОБРАТИМОСТЬ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ^{137}Cs В ПОЧВАХ И ЕГО ДОСТУПНОСТЬ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Маслова К.М., Попов В.Е.

ГУ «Научно-производственное объединение «Тайфун», Обнинск, Россия,

maslova@typhoon.obninsk.ru

Сорбция ^{137}Cs почвами и природными сорбентами в основном происходит на селективных клинообразных боковых местах глинистых минералов, а также за счет объемной диффузии внутрь микрокристаллов глинистых минералов. Стандартным методом определения ионообменных катионов является экстракция почвы раствором уксуснокислого аммония концентрацией 1 моль/л. Однако в условиях природных почвенных растворов столь высокие концентрации солей практически не встречаются. Как известно применение таких концентрированных солей может вызывать коллапс межпакетных пространств глинистых минералов, в результате чего ^{137}Cs находящийся в межпакетных пространствах оказывается неспособным переходить в раствор. Поэтому измеряемая доля доступного для растений ^{137}Cs может быть значительно меньше, чем в действительности. Следовательно, использование этого параметра для прогнозирования поступления ^{137}Cs в растения в радиэкологии вызывает обоснованные сомнения. Целью данной работы являлась проверка обратимости селективной сорбции ^{137}Cs в условиях приближенных к реальным природным системам и сравнение его потенциальной доступности для растений с величинами обменно-сорбированного ^{137}Cs полученными экстракцией образцов раствором уксуснокислого аммония.

В качестве сорбентов были использованы некоторые природные материалы Калужской области, а также три дерново-подзолистые почвы из Республики Беларусь. Показано, что за время взаимодействия до 50 суток из раствора с калийным адсорбционным отношением 0,05 ^{137}Cs сорбируется практически полностью. Вместе с тем, этим же раствором, но без ^{137}Cs за 50-60 суток десорбировалось более 90% сорбированного ^{137}Cs , то есть в природных системах при небольшом времени взаимодействия (около 2 месяцев) практически весь сорбированный ^{137}Cs может оказаться доступным для растений. В то же время 1 молярным уксуснокислым аммонием из почв десорбировалось только 40-50% адсорбированного ^{137}Cs , а из палыгорскитовой и бентонитовой глин – только 10%.

**РАДИОНУКЛИДЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ И
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ
ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС**

Мудрак А.В.

Житомирский Национальный агроэкологический университет, Украина.

За данными В.И.Смоляра, 1992 после чернобыльской катастрофы активность ^{131}I в молоке, полученному на соседних с зоной отчуждения территориях составляла 59200 Бк/л, через 4 месяца 1036-2146 и в конце 1986г. 32-273 Бк/л, что было характерно и для другой сельскохозяйственной продукции. Активность ^{137}Cs в молоке составляла 713-302 Бк/л, в говядине 552 Бк/кг, в продукции растениеводства – в 8-10 раз ниже.

В 2001-2004гг. в северных районах Житомирской области 74-97% молока и говядины производилось с активностью ^{137}Cs до 40 Бк/кг и только 0.5% с превышением допустимых уровней 100 и 200 Бк/кг. Отсутствие изменений таких показателей свидетельствовало о стабилизации радиологической ситуации. Выполненные в 2001-2008гг. исследования на дерново-среднеподзолистых почвах с плотностью загрязнения их ^{137}Cs 137-206 кБк/м² показали, что применение азотно-калийных удобрений снижает активность ^{137}Cs в зеленой массе люпина от 279-298 до 186-123Бк/кг, в зерне пелюшко-овсяной смеси от 42 до 26 Бк/кг, озимой ржи от 25 до 14 Бк/кг, в сене клевера от 23 до 13 Бк/кг, а разные виды фосфорных удобрений, микроэлементов и микробиологических препаратов такого влияния не имели.

Применение навоза 50т/га снижало активность ^{137}Cs в зерне гречихи от 54-104 до 27-36 Бк/кг, в зеленой массе кукурузы от 25-54 до 11-28 Бк/кг, однако не уменьшало в них активности ^{90}Sr , которая соответственно составляла 16-18 и 22-27 Бк/кг. Сейчас в зоне безусловного отселения еще встречаются площади с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 1558 кБк/м² и ^{90}Sr до 111 кБк/м², но при рН_{кел} почвы 6-7, содержание обменного калия 7-8мг К₂О и подвижного фосфора 10-13 мг Р₂О₃ на 100г почвы, гумуса 2-3%, в сене злаковых трав накапливается всего 38-66 Бк/кг ^{137}Cs и до 20 Бк/кг ^{90}Sr . При ухудшении агрохимических свойств почвы их накопление увеличивается до 103 Бк/кг ^{137}Cs и до 73 Бк/кг ^{90}Sr . В дерново-среднеподзолистых почвах активность ^{40}K составляла 149-411 Бк/кг, ^{226}Ra 215-442, ^{137}Cs 334-660 Бк/кг. Из них в зеленую массу люпина поступало 376-658 Бк/кг ^{40}K , 55-134 ^{226}Ra , 92-298 ^{137}Cs . В зеленой массе кукурузы, зерне озимой ржи может накапливаться 54-180 и 15-28 Бк/кг ^{226}Ra , до 100-150 Бк/кг в соломе зерновых культур и до 200 Бк/кг в зеленой массе вико-овса. При одинаковой радиотоксичности ^{40}K и ^{137}Cs , ^{226}Ra и ^{90}Sr , опасность от них будет выше, чем от ^{137}Cs ^{90}Sr .

**ПРОГНОЗ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ¹³⁷Cs, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
ПРОИЗВОДСТВО НОРМАТИВНО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА
И КОРМОПРОИЗВОДСТВА**

Музалевская А.А., Панов А.В.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
anna-muza@rambler.ru

Несмотря на то, что после аварии на Чернобыльской АЭС прошло почти 25 лет, до сих пор на территории юго-западных районов Брянской области уровни радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий остаются достаточно высокими и часть производимой на них продукции не соответствует установленным нормативам. Это приводит к необходимости разработки методов прогнозирования уровней загрязнения ¹³⁷Cs пашни и лугопастбищных угодий, при которых возможно получение нормативно «чистой» продукции растениеводства и кормопроизводства.

Результаты выполненных прогностических расчетов позволили определить граничные уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий, при которых возможно получение продукции, удовлетворяющей действующим нормативам, с учетом различных объемов защитных и реабилитационных мероприятий.

Показано, что производство нормативно «чистого» зерна на песчаной почве в случае, когда защитные мероприятия не проводятся, возможно при плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs не превышающей 325 кБк/м², при умеренном их внедрении – при 650 кБк/м², а при интенсивном – до 1750 кБк/м². На суглинистой почве – при 450 кБк/м², 900 кБк/м² и 2800 кБк/м², соответственно. Производство картофеля, отвечающего радиологическим нормативам, возможно на песчаной почве без контрмер при плотности загрязнения не более 1300 кБк/м², а при их интенсивном применении – при 3000 кБк/м². На суглинистой почве – при 2000 кБк/м² и 9000 кБк/м², соответственно.

Производство сена, отвечающего установленным нормативом, возможно на песчаной почве при плотностях загрязнения ¹³⁷Cs не превышающих 350 кБк/м² – без контрмер, при умеренном их применении – при плотностях до 700 кБк/м², а при их интенсивном внедрении – до 1500 кБк/м². На суглинистой почве – при 600 кБк/м², 1000 кБк/м² и 2300 кБк/м², соответственно. А на сельхозугодьях, расположенных на торфяно-болотных почвах при плотностях загрязнения до 170 кБк/м², 300 кБк/м² и 650 кБк/м², соответственно, без контрмер, их умеренном и интенсивном применении.

РАДИОЗАЩИТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ МЕТАБОЛИЗМА B. BIFIDUM

Низамов Р.Н., Иванов А.А., Шарифуллина Д.Т., Нефедова Р.В., Вагин К.Н.

ФГУ «Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности животных»

Казань, Россия, vnivi@mail.ru

Учитывая, что микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности экспрессируют уникальный набор биологически активных веществ (БАВ), (антибиотики, ферменты, аминокислоты, микроэлементы), обладающие радиозащитными свойствами, проводили опыты по изучению радиозащитной активности препаратов, изготовленных на основе продуктов метаболизма *B. bifidum*.

На основе продуктов метаболизма *B. bifidum*, выращенных на жидких питательных средах, нами были изготовлены 3 варианта (№ 1, № 2 и № 3) потенциальных радиозащитных препаратов. Испытания радиозащитной активности полученных препаратов на летально облученных белых мышах (7,7 Гр) и белых крысах (9,0 Гр) показали, что препарат № 3, вводимый однократно, подкожно в дозе 0,1 мл белым мышам как до- (за 24 ч), так и после (через 24 ч) облучения, обеспечивал выживаемость 83,3 % животных. Повторение этого опыта на летально облученных белых крысах (9,0 Гр) показало, что наиболее высокий радиозащитный эффект был достигнут при профилактическом (за 10 сут до облучения) применении препарата № 1, а при лечебном применении (через 10 сут) указанного препарата выживаемость составила 50 %.

Таким образом, на 2-х видах лабораторных животных установлена принципиальная возможность успешной модификации лучевого поражения с помощью препаратов, полученных на основе продуктов метаболизма *B. bifidum*.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИОРИТЕТОВ В ПЛАНИРОВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перепелятников Г. П.

ВНИИ гражданской защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера МЧС Украины, Киев, Украина, gperepel@ukr.net

Научно-исследовательские работы по минимизации последствий Чернобыльской катастрофы в стране ведутся около 25 лет. За этот период времени получен огромный объем научной информации практически по всем направлениям воздействия радиоактивного загрязнения на биосферу. Однако глубина изученности разных направлений не одинакова, как не одинаково и качество полученной научной информации, что не позволяет на современном этапе оптимально формировать государственные исследовательские программы и определять наиболее важные и неотложные проблемы. В стране практически не проводится детальный научный анализ полученной информации с определением состояния и глубины проработки существующих радиоэкологических проблем, отсутствует единая база результатов радиоэкологических исследований по направлениям и их оценка, не внедрена единая система оптимизации тематики научных исследований по проблемам минимизации Чернобыльских последствий и работа по формированию государственных программ по приоритетным направлениям в современной радиоэкологической науке. Все это приводит к дублированию тематики исследований и к нерациональному использованию бюджетного финансирования на эти цели.

Предложены следующие принципы при формировании приоритетов в планировании государственных программ радиоэкологических исследований.

Во-первых, провести анализ полученных результатов научных исследований за прошедший период по основным проблемным направлениям минимизации последствий Чернобыльской катастрофы и оценить их качество.

Во-вторых, на основе анализа результатов научных исследований определить их актуальность, законченность, необходимость внедрения или продолжения, сформулировать новые актуальные проблемные задания.

В-третьих, провести ранжирование заданий и определить приоритеты как по отдельным направлениям, так и по отдельным проблемам внутри каждого направления минимизации последствий Чернобыльской катастрофы.

**ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs
В УРОЖАЕ ЯЧМЕНЯ**

Пименов Е.П., Митряшкина А.И.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
pimenovp1@rambler.ru

В мелкоделяночном опыте изучали влияние инокуляции семян ярового ячменя бактериальными удобрениями (на основе штаммов *Azotobacter chroococcum* и *Bacillus mucilaginosus*) в разных сочетаниях доз на накопление ^{137}Cs в зерне, полученном при выращивании растений в условиях радиоактивного загрязнения.

Установлено, что в результате предпосевной обработки семян коэффициент накопления (Кн) ^{137}Cs в зерне полученного урожая снижался в среднем на 20% по сравнению с контрольным вариантом, однако, изменения соотношений доз бактериальных удобрений не оказали влияния на вынос радионуклида с урожаем ярового ячменя.

СОВРЕМЕННАЯ СТРАТЕГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРМЕР В КРИТИЧЕСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ УКРАИНЫ

Полищук С.В.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета биоресурсов и природопользования, Чабаны, Украина, PolishchukS@i.ua

Рассмотрена и проанализирована современная радиологическая обстановка в сельскохозяйственном производстве Украины. Осуществлен сбор радиологической информации и проведены экспериментальные исследования необходимые для разработки и внедрения противорадиационных мер в критических населенных пунктах северо-западного Полесья Украины.

В настоящее время в данном регионе эффективная доза облучения населения изменяется в пределах 0,5 – 5,0 мЗв/год. При этом, эффективная доза на 80-95% формируется за счет внутреннего облучения в результате потребления продуктов питания с повышенным содержанием ¹³⁷Cs.

С каждым годом число критических населенных пунктов в Украине существенно уменьшается. Согласно результатам дозиметрической паспортизации 2008 г. количество населенных пунктов, в которых годовая эффективная эквивалентная доза превышает 1 мЗв, составило всего 75 пунктов. Все они находятся в Ровенской и Житомирской областях Украины.

Результаты предварительной оптимизации применения контрмер и разработки сценариев реабилитации с использованием системы поддержки принятия решений ReSCA для критических населенных пунктов указанного региона показала, что комплексное проведение контрмер в них не потребует относительно больших затрат (ежегодные затраты составят около 10-11 млн. грн.). А поэтапный, адресный и адаптированный к конкретным условиям подход применения контрмер, позволит оптимизировать их применение в сельскохозяйственном производстве на загрязненной территории с точки зрения минимизации затрат на ликвидацию последствий Чернобыльской катастрофы и получения максимального эффекта от их внедрения в практику. Использование данного подхода также позволит обеспечить производство сельскохозяйственной продукции, отвечающей действующим допустимым нормам (ДР-2006), и снизить дозу облучения ниже установленного лимита (1 мЗв/год) в критических населенных пунктах.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ^{137}Cs С ПОМОЩЬЮ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ СОРБЕНТА

Попов В.Е., Маслова К.М., Степина И.А.,

ГУ «Научно-производственное объединение «Тайфун», Обнинск, Россия,

popov@typhoon.obninsk.ru

Предложен динамический метод изучения кинетики селективной сорбции ^{137}Cs с помощью непосредственного измерения активности ^{137}Cs в твердой фазе сорбента. Сорбент в количестве 0.05-0.1 г помещали внутрь одноразового шприцевого мембранного полиэфирсульфонового мембранного фильтра (МФ) с диаметром пор < 0.45 мкм и промывали раствором ^{137}Cs содержащим K^+ и Ca^{2+} при этом скорость раствора постепенно уменьшали с 6 до $0.2 \text{ см}^3 \text{ мин}^{-1}$. Периодически активность сорбированного ^{137}Cs определяли с помощью гамма-спектрометра WIZARD 1480, помещая МФ в колодец детектора. Масса сорбента и воды в МФ не оказывали существенного влияния на эффективность измерения ^{137}Cs . Ошибка измерения активности ^{137}Cs из-за поглощения гамма-излучения твердой фазой сорбента при массе сорбента не более 0.1 г не превышала 2.5%. С помощью нового метода была изучена кинетика селективной сорбции ^{137}Cs дерново-подзолистыми почвами и такими минеральными сорбентами как иллит, бентонит, палыгорскит, трепел, клиноптилолит, фосфорит и огнеупорная глина. Обнаружена линейная зависимость величин потенциалов связывания радиоцезия ($RIP(K)$) от корня квадратного из времени для периода времени от 4 до 30 суток. Для описания изменения $RIP(K)$ для времени более 4 суток предложена концепция динамического потенциала связывания радиоцезия. Нормализованный диффузионный фактор Φ_N показывающий относительное увеличение $RIP(K)$ от корня квадратного из времени изменялся для почв в 6 раз от $0,034 \text{ сутки}^{-0,5}$ до $0,208 \text{ сутки}^{-0,5}$ и для минеральных сорбентов в 20 раз от $0,008 \text{ сутки}^{-0,5}$ до $0,153 \text{ сутки}^{-0,5}$. Величины $RIP(K)$ измеренные для дерново-подзолистых почв с помощью стандартного метода Waters J. и др. (1996) для 1 суток взаимодействия с ^{137}Cs были на 50-100% меньше величин, определенных с помощью предложенного динамического метода для 30 суток взаимодействия.

ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ

Процак В.П.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина, valik@uiar.kiev.ua

Выполнены исследования характеристик радиоактивного аэрозоля в кабинах сельскохозяйственной техники при выполнении агротехнических операций на загрязненных черновобильскими радионуклидами территориях, характеризующихся почвами легкого минерального состава. Проведена классификация агротехнических операций по значениям коэффициента вторичного подъема $K_{ВП}$ (m^{-1}), который определялся как отношение объемной концентрации радионуклида в воздухе кабины ($Bк \cdot m^{-3}$), к плотности загрязнения радионуклидом пахотного слоя почвы ($Bк \cdot m^{-2}$). Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация пыли, $K_{ВП}$ и медианный по активности аэродинамический диаметр (АМАД) радиоактивного аэрозоля в зоне дыхания механизаторов при проведении агротехнических операций.

Вид агротехнической операции	Концентрация пыли, $mg \cdot m^{-3}$	$K_{ВП}$, m^{-1}	АМАД, мкм
Вспашка	0.3*-80	5-1000	6-8
Культивация	1.6*-50	30-1000	15-18
Внесение удобрений	20	200-300	4
Посадка картошки	10-300	100-4000**	10-14, 24**
Уборка ржи	14-20	30-300	9-20
Уборка соломы	6	50	12-14

*-герметизированная кабина, ** -при открытых окнах кабины

Исследования показали, что наиболее значимым фактором, влияющим на $K_{ВП}$, является влажность почвы (вариации до 1000 раз при изменении влажности от 5 до 20 %). При определенных условиях респираторная фракция аэрозоля может достигать 50 %. Удельная активность пыли в воздухе до 10 раз выше удельной активности почвы.

Полученные результаты важны не только для оперативной оценки ингаляционной опасности, связанной с поступлением радионуклидов, но и могут быть использованы для оценки ингаляционного поступления других вредных веществ при условии их поверхностного распределения на частичках почвы.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ТРАНСУРАНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В БЕЛАРУСИ

Лузан Н.А., Князько В.А.

ГНУ "Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси", Гомель,

Республика Беларусь, irb@mail.gomel.by

Рост активности ^{241}Am , образующегося при β -распаде ^{241}Pu ведет к длительному (на период ~ 270 лет) увеличению в 2-2,5 раза по сравнению с 1986 г. суммарной активности α -излучающих трансурановых элементов (ТУЭ) ^{241}Am и $^{238,239,240}\text{Pu}$ в выпадениях ЧАЭС, следствием которого является расширение зон радиоактивного загрязнения ТУЭ на территории Беларусь и увеличение коллективной дозы от ТУЭ. Согласно результатам расчетов, территория с уровнем загрязнения ТУЭ, превышающим 740 Бк/м^2 , увеличилась в Беларуси к 2006 году в 3,7 раза по сравнению с 1986 г., при этом количество населенных пунктов (н.п.), уровень загрязнения которых превысил 740 Бк/м^2 , возросло с 31 до 125.

В этой связи с целью контроля в 2009 г. проводились измерения удельной активности (УА) ТУЭ в овощах (картофель, морковь, свекла столовая), которые являются важными дозообразующими продуктами и сопряженных пробах почвы с/х угодий. Сельскохозяйственные угодья представлены подзолистой связно-супесчаной почвой, подстилаемой с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком.

Пробы овощей отбирались на с/х угодьях н.п. Стреличево, расположенного на расстоянии около 50 км на север от ЧАЭС. Среднее отношение значений удельной активности (Бк/кг) изотопов $^{238,239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в почве рассматриваемых участков с/х угодий составило 0,98. В то же время, значения УА радионуклида ^{241}Am в исследуемых овощах превышают значения удельных активностей изотопов $^{238,239,240}\text{Pu}$ в 3 - 3,5 раза, что свидетельствует о более высоких значениях коэффициентов перехода для ^{241}Am .

На основании данных измерений получены оценки годовой эффективной дозы для сельских жителей от поступления ТУЭ с рассматриваемыми овощами. Согласно результатам, значение дозы составляет 0,04 мЗв, при этом доминирующим вклад в дозу (0,03 мЗв) дает ^{241}Am .

Для сравнения отметим, что оценка годовой дозы поступления от ^{137}Cs с рассмотренными овощными культурами составляла в 2005 году для взрослых жителей н.п. Стреличево 0,10 мЗв.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Ратников А.Н., Попова Г.И., Жигарева Т.Л., Свириденко Д.Г., Петров К.В.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,

ratnikov@riar.obninsk.org

Радиационные аварии, связанные с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду, приводят к загрязнению сельскохозяйственных угодий радионуклидами, которые включаются в трофические цепочки миграции и накапливаются в организме животных и человека. При повышенном содержании радионуклидов в окружающей среде вклад внутреннего облучения в суммарную дозовую нагрузку на население может достигнуть 50-80%. Поэтому проведение комплекса защитных мероприятий на загрязненных территориях, способствующих снижению перехода радионуклидов в продукцию растениеводства, является одним из важнейших моментов при ведении земледелия на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

При одинаковой плотности радиоактивного загрязнения почвы после аварии на Чернобыльской АЭС накопление биологически доступного долгоживущего радионуклида ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур на малоплодородных участках оказывается в 1,5-2,0 раза выше, чем на хорошо окультуренных почвах.

Комплексное проведение агрохимических мероприятий (известкование кислых почв; внесение органических удобрений в дозах 40-50 т/га; внесение азотных удобрений в дозах, обеспечивающих получение оптимального урожая в данных почвенно-климатических условиях; фосфорных и калийных удобрений в двойной дозе – до 180 кг д.в./га) повышает плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур и снижает переход ^{137}Cs в продукцию растениеводства в 1,5-4,0 раза. Применение глинистых минералов и нового комплексного удобрения на основе трепела (Супродит) на торфяных и легких минеральных почвах для повышения емкости катионного обмена уменьшает накопление ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур в 1,5-3,0 раза.

Исходя из общих закономерностей миграции ^{137}Cs в системе почва-растение, эффективность различных мероприятий определяется степенью их влияния на свойства почв. Максимальная эффективность мероприятий в снижении поступления радионуклидов в продукцию растениеводства наблюдается на малоплодородных, кислых дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

**ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА НАСЕЛЕНИЕ, ФОРМИРУЕМЫХ В
РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА
ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

Соломатин В.М., Спиридонов С.И.

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
vladimir6095@rambler.ru

В результате ядерных испытаний бывшего Советского Союза, осуществленных на территории Казахстана, территория СИП подверглась радиоактивному загрязнению. Экспериментальные исследования показывают, что на территориях Семипалатинского испытательного полигона, концентрации долгоживущих радионуклидов в почве близки к фоновым значениям. Тем не менее, на некоторых технических площадках (“Опытное поле”, “Балапан”) содержание биологически значимых долгоживущих радионуклидов в почве достигает значительных величин.

Целью работы является оценка дополнительных дозовых нагрузок на население, формирующихся в результате радиоактивного загрязнения территории СИП после ядерных испытаний. Критерием оценки величины этих дозовых нагрузок является допустимый уровень облучения - 1 мЗв/год. Население, подвергающееся облучению в результате загрязнения территории СИП, можно разделить на 3 группы: пастухи, выпасающие сельскохозяйственных животных; население, проживающее на территории полигона; население, проживающее за пределами полигона, но употребляющее загрязненную продукцию.

Анализ данных полученных в результате работы, позволяет заключить, что максимальные дозы облучения получают пастухи, представляющие критическую группу населения СИП. В результате выпаса сельскохозяйственных животных на наиболее загрязненной территории (в районе “Атомного озера”) суммарная годовая доза облучения этой категории населения достигает значений 1.13–1.47 мЗв, что превышает допустимые уровни. Дозовые нагрузки на другие группы населения не превышают допустимого уровня. На основе результатов расчетов можно заключить, что даже при наиболее критичных условиях работы – круглогодичный выпас в наиболее загрязненном секторе указанного ареала, через 5 лет дозовые нагрузки на пастухов снизятся до допустимого уровня.

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ^{137}Cs МИНЕРАЛЬНЫМИ СОРБЕНТАМИ И ПОЧВАМИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ K^+ И NH_4^+

Стетина И.А., Попов В.Е.

ГУ НПО «Тайфун», Обнинск, Россия, mad_ii@mail.ru

Сорбция следовых количеств ^{137}Cs минеральными почвами определяется емкостью селективных по отношению к ^{137}Cs сорбционных мест в области выветренных клинообразных боковых сколов кристаллитов минералов группы иллита, так называемых FES. Предполагается, что в результате стерических затруднений большие гидратированные катионы типа Ca^{2+} не могут конкурировать за селективные сорбционные места с катионами меньшего гидратированного размера K^+ и NH_4^+ , которые поэтому являются основными конкурентными катионами с ^{137}Cs . Основным параметром для оценки сорбентов по своей способности сорбировать ^{137}Cs является потенциал связывания радиоцезия (RIP). Величина RIP(M) определяется как произведение коэффициента селективности ионного обмена следовых количеств Cs^+ и одновалентного катиона M^+ $K_c(\text{Cs}/\text{M})$ на емкость FES при блокировании обычных планарных ионообменных мест избытком хорошо сорбирующегося на планарных местах катиона при допущении, что доля M^+ на FES при следовых количествах Cs^+ равна 1. Ценность использования RIP(M) основана на допущении того, что его величина практически не зависит от изменения концентрации K^+ и NH_4^+ . Целью настоящей работы являлось изучение зависимости RIP(M) от концентрации K^+ или NH_4^+ для растворов с высокими концентрациями Ca^{2+} (аналогов почвенных растворов).

Показано, что зависимость коэффициента распределения $K_d^{137}\text{Cs}$ от концентрации K^+ и NH_4^+ для почв и от концентрации K^+ для иллита и клиноптилолита описывается одной прямолинейной зависимостью. Для бентонита и трепела зависимость RIP(M) от K^+ и NH_4^+ и для клиноптилолита и иллита от NH_4^+ описывается двумя прямыми. Зависимость величины $K_d^{137}\text{Cs}$ от концентрации C_M с учетом существования двух типов сорбционных центров может быть описана с помощью следующего аппроксимационного уравнения:

$$\frac{1}{K_d} = \frac{1 + C_M}{\text{RIP}(M)_{\max}^H \cdot B^H + \text{RIP}(M)_{\max}^L \cdot B^L \cdot C_M} + \frac{1 + C_M}{\text{RIP}(M)_{\max}^H + \text{RIP}(M)_{\max}^L \cdot C_M} \cdot C_M$$

где $\text{RIP}(M)_{\max}$ – максимальный потенциал связывания радиоцезия, B – коэффициент средства сорбента к ^{137}Cs , H и L относится к центрам с высоким и низким средством к ^{137}Cs .

ВЛИЯНИЕ УРАНА НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

Суранова Г.Ж. Тухватшин Р.Р.

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек,

Кыргызская Республика, gulbarchin7@mail.ru.

Установлено, что соли урана при естественном поступлении их с питьевой водой в условиях низкогорья приводят к изменению гемодинамики, перестройке фазы напряжения, снижению силы и скорости сократительного процесса миокарда. Выявлено, что при предварительной адаптации животных к высокогорной гипоксии повышается давление крови в полостях сердца, изменяются фазы напряжения и изгнания, увеличивается сила и скорость сократительного процесса. Определено, что адаптация животных к высокогорью на фоне урановой нагрузки и последующая их реадаптация в условиях низкогорья приводит к понижению давления в полости правого желудочка, снижению силы и скорости сокращения миокарда. Установлено, что у этих животных развиваются морфологические изменения в сердце, приводящие к снижению сократительного потенциала кардиомиоцитов. Полученные результаты вносят теоретический и практический вклад в изучение механизмов повреждения и адаптации организма при радионуклидной нагрузке в условиях низко- и высокогорья и позволяют выявить мобилизационный резерв со стороны сердечно-сосудистой системы, что особенно важно в решении проблемы реабилитации лиц, пострадавших в результате техногенно-экологического радиоактивного воздействия.

**ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ И
ЗАТРАВКИ Т-2 ТОКСИНОМ**

Тамбовский М.А., Тарасова Н.Б., Колюхов Е.Г., Фаттеррахманов Л.Р.

ФГУ «Федеральный центр токсикологической и радиационной
безопасности животных», Казань, Россия, vnivi@mail.ru

Опыты проведены на белых крысах, разделенных на 6 групп по 10 животных в каждой: 1-я – биологический контроль; 2-я – опытная – контроль облучения (хроническое гамма-облучение в суммарной дозе 1,0 Гр); 3-я – опытная – затравка Т-2 токсином в дозе 1/5 ЛД₅₀ в течение 5 дней; 4-я – опытная – комбинированное поражение (затравка Т-2 токсином в дозе 1/5 ЛД₅₀ в течение 5 дней + хроническое гамма-облучение в суммарной дозе 1,0 Гр за 5 суток); 5-я - опытная – затравка Т-2 токсином в дозе 1/10 ЛД₅₀ в течение 10 дней; 6-я – опытная – комбинированное поражение (затравка Т-2 токсином в дозе 1/10 ЛД₅₀ в течение 10 дней + хроническое гамма-облучение в суммарной дозе 1,0 Гр за 5 суток).

Исследованиями установлено снижение числа эритроцитов на 3 сут в опытных группах, которое составляло 13,9 (2-я группа), 16,5 (3-я группа) и 22,2 % (4-я группа) соответственно по отношению к биологическому контролю. У белых крыс 5-ой и 6-ой групп данный показатель составлял 16,5 и 10,2 %. Снижение количества лейкоцитов наблюдали в течение всего эксперимента и через 30 сут опыта оно составляло соответственно опытным группам 8,0; 55,2; 20,5; 20,8 и 15,6 %. При этом регистрировали снижение числа сегментоядерных нейтрофилов при уменьшении числа лимфоцитов. Содержание общего белка белых крыс 3-й и 5-й групп снижалось на 30,7 и 25,2 %, что, видимо, являлось признаком поражения печени в результате воздействия Т-2 токсина. В то же время у животных данных групп отмечали уменьшение количества глобулиновой фракции в 1,07 раза за счет гамма-глобулинов и увеличение в 2,6 раза содержания альбуминов.

В периферической крови пораженных белых крыс в начальный период отмечалось снижение Т-лимфоцитов, которое прогрессировало со временем у животных 3-й, 4-й и 5-й групп с минимальными значениями на 14 сут исследований: 28,5±0,51; 26,6±0,30 и 24,3±0,34 при 37,1±0,45 % в биологическом контроле. Содержание В-клеток имело аналогичную направленность, однако темп их восстановления был более быстрым. Фагоцитарная активность составляла соответственно во 2-6 группах 12,3; 33,2; 23,1; 18,3 и 15,6 % относительно контроля, фагоцитарный индекс был снижен в среднем на 38 %.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В КРИТИЧЕСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РОВНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тенкач Э.С., Полищук С.В.

Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии Национального университета биоресурсов и природопользования, Украина, Чабаны. bigerny@i.ua

При разработке стратегий реабилитации территорий загрязненных радионуклидами, впоследствии Чернобыльской катастрофы, оптимизация проведения защитных мероприятий обязательна. Актуальность данной проблемы обусловлена масштабностью загрязнения и необходимостью проведения защитных мероприятий на значительных территориях на протяжении длительного времени, что требует значительных материальных затрат.

Предварительные результаты исследований и расчетов свидетельствуют, что на данный момент практически во всех критических населенных пунктах есть возможность снизить дозу облучения местного населения до установленных границ (1 мЗв/год) за счет внедрения контрмер, а именно введение в рацион крупному рогатому скоту фероцина и проведение коренного улучшения, или их объединение.

Нами были проведены собственные измерения по некоторым населенным пунктам и определена возможность проведения коренного улучшения. Были проверены некоторые населенные пункты Ровненской области: Бор, Будимля и Большой Черемель. Результаты исследований имеют погрешность 30-50% по сравнению с паспортизацией. Это обусловлено тем, что мы брали среднее значение, которое высчитывалось, учитывая площадь поля и уровень его загрязнения. В хуторе Бор отсутствуют пастбища и коровы выпасаются на прилежащих к дому участках. Соответственно и коренное улучшение проводить в данном населенном пункте невозможно.

Коренное улучшение возможно в селах Будимля и Большой Черемель, и невозможно в селе Бор по приведенным выше причинам, а также в связи с небольшим количеством населения и поголовья коров.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА АГРОЦЕНОЗЫ

Удалова А.А., Ульяновко Л.Н., Алексахин Р.М., Гераськин С.А., Филиппас А.С.

ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН,

Обнинск, Россия; oudalova@mail.ru

В последние годы отмечается усиление эгоцентрических принципов в отношении обеспечения радиационной безопасности человека и биоты. Решение проблемы защиты окружающей среды от воздействия ионизирующих излучений (ИИ) должно в обязательном порядке включать вопросы радиационной безопасности агросферы, являющейся неотъемлемым компонентом биосферы Земли. В то время как содержание загрязняющих веществ в компонентах агроэкосистем и их поступление в организм человека регламентируется санитарно-гигиеническими нормативами, экологические стандарты в отношении предельно допустимого воздействия на компоненты агроэкосистем отсутствуют.

Предложен методический подход, позволяющий с единых позиций проанализировать совокупность имеющихся в сельскохозяйственной радиологии данных об эффектах ИИ у культурных растений в целях определения предельно допустимого радиационного воздействия на агроценозы. Применимость подхода продемонстрирована на примере оценки допустимых уровней воздействия ИИ на зерновые культуры для разных ситуаций облучения. Показано, что дозы, приводящие к снижению показателей продуктивности и выживаемости основных зерновых культур более чем на 50%, составляют не менее 170-200 и 15-17 Гр в случае острого облучения покоящихся семян и вегетирующих растений, соответственно. При хроническом радиационном воздействии уменьшение показателей продуктивности более чем на 10% не ожидается при мощностях доз менее 3-10 мГр/час. Ориентировочные значения нормативов допустимого радиационного воздействия на сельскохозяйственные культуры как основной компонент агроценоза, оцененные с учетом коэффициентов запаса, при остром и хроническом облучении вегетирующих растений составили 0,3 Гр и 0,01 мГр/час, соответственно, что в целом не противоречит международным рекомендациям по допустимым уровням облучения биоты. Разработанный подход несложно адаптировать к другим компонентам агроэкосистем (почвенному микробиоценозу, сельскохозяйственным животным) для того, чтобы оценить допустимые уровни воздействия ИИ на агроэкосистему в целом.

СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs В ЯЧМЕНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ Cd В ПОЧВЕ

Ульяненко Л. Н., Филипас А. С., Круглов С. В., Лой Н.Н., Степанчикова Н.С.
ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,
ustev@kaluga.ru

Большинство радиозоологических и химико-токсикологических исследований выполнено в условиях нахождения в почвах повышенных концентраций одного из поллютантов, тогда как реальная ситуация загрязнения, как правило, характеризуется мультиэлементным компонентным составом. В связи с этим, роль и значимость факторов, оказывающих воздействие на поведение ^{137}Cs в системе почва–растение, может быть не вполне учтена, а прогноз развития обстановки - не совсем корректен.

Целью исследования являлось изучение влияния повышенных концентраций Cd на накопление ^{137}Cs в растениях сельскохозяйственных культур в онтогенезе.

Объектом исследований в вегетационных опытах служил яровой ячмень (*Hordeum vulgare L.*) сортов Эльф и Зазерский 85. Почва дерново-подзолистая супесчаная и среднесуглинистая (рН_{KCl} 5,2, 6,3; гумус 1,7±0,1%), характеризующаяся высокой обеспеченностью обменным К и высоким содержанием Р. ^{137}Cs вносили в виде раствора хлорида ^{137}Cs с расчетной активностью 50 кБк/кг почвы, Cd - в виде водного раствора соли Cd(NO₃)₂·4H₂O - 20 и 50 мг/кг воздушно-сухой массы почвы (ПДК Cd для дерново-подзолистой почвы составляет от 0,5 до 2 мг/кг).

Загрязнение почвы ^{137}Cs не оказывало отрицательного влияния на рост и развитие ячменя. Повышенное содержание Cd в почве приводило к снижению фотосинтетической активности, что отражалось на скорости накопления надземной биомассы, подавляя рост растений. Общей закономерностью поглощения ^{137}Cs ячменем в онтогенезе являлось более высокое накопление радионуклида в вегетативных органах, особенно в период интенсивного роста, чем в зерне. Под воздействием повышенного содержания Cd в почве переход ^{137}Cs в ячмень уменьшался, кратность снижения активности радионуклида в фазу конец выхода в трубку в растениях составила 1,7 и 2,4 раза. В зависимости от сортовых особенностей изменения носили достоверный характер (для сорта Эльф) или на уровне тенденций и не всегда коррелировали с проявлением кадмий индуцированной фитотоксичностью. Полученные результаты свидетельствуют о сложном метаболическом регулировании транспорта загрязняющих веществ при их совместном нахождении в почве.

ПОСТУПЛЕНИЕ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ОВОЩНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Шамаль Н.В., Захаренко М.Н., Хомченко О.Н., Пузан Н.А., Аммон А.А., Кудряшов В.П.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

shamalnamsi03@rambler.ru

К настоящему времени радиационная обстановка на территории Беларуси, пострадавшей от аварии на ЧАЭС, за счет естественных процессов (фиксация ^{137}Cs в почве и увеличение подвижности ^{90}Sr) существенно изменилась. Анализ овощных культур, выращиваемых на личных подворьях в населенных пунктах Хойникского, Брагинского и Наровлянского районов Гомельской области показал, что содержание ^{137}Cs в изученных овощных культурах соответствует нормам РДУ-99 для данного вида продуктов питания (до 100 Бк/кг). Выделены три группы овощных культур по уровню накопления радионуклидов: зеленные – удельная активность (УА) составила 7-15 Бк/кг; корнеплоды – 2-7 Бк/кг; капуста и плодовые культуры – 0,2-2 Бк/кг сырой биомассы. УА ^{90}Sr в листовых культурах имела значения 35-110 Бк/кг, корнеплодах – 4-25 Бк/кг, плодовых овощах – 3-15 Бк/кг сырой биомассы. Коэффициент переход ^{137}Cs в съедобную часть овощных культур составил $E \cdot 10^{-5} - 10^{-7}$, $^{90}\text{Sr} - E \cdot 10^{-4} - 10^{-5}$.

Дозовая нагрузка сельского населения от ^{137}Cs и ^{90}Sr , проживающего в населенных пунктах, находящихся вблизи ППРЭС, рассчитанная на основании полученных данных по овощным культурам (исключая картофель) составила при плотности загрязнения почв ^{137}Cs до 370 кБк/м² – 0,001-0,003 мЗв; выше 370 кБк/год – 0,003-0,008 мЗв. Для ^{90}Sr (плотность загрязнения 9-117 кБк/м²) годовая доза составила 0,008-0,06 мЗв.

С целью снижения удельной активности овощной продукции по обоим радионуклидам были проведены исследования с применением минерал-сорбента трепела и микробиологических препаратов ЕМ1 Конкур и Байкал ЭМ1. Установлено, что использование трепела способствовало снижению поступления ^{90}Sr в 1,4-1,9 раза в корнеплоды свеклы, редьки и листья петрушки и в 5,0 раз в листья салата. УА по ^{137}Cs снизилась в 1,5 раза для салата, в 2,1 раза для петрушки и 3,0 раза для редьки.

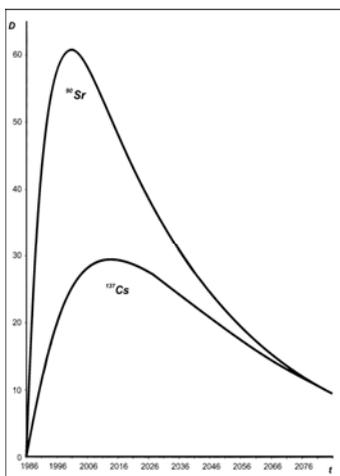
Применение микробиологических препаратов на загрязненных радионуклидами почвах показало эффективность их влияния на снижение перехода стронция в овощи. В зависимости от способа обработки удельная активность по ^{90}Sr уменьшилась: листьев салата в 4,4-5,5 раза и в 1,1-2,1 раза, репчатого лука в 1,5-2,9 раза и в 2,1-2,2 раза и корнеплодов моркови в 3,1-3,2 раза и в 1,6-2,0 раза соответственно для ЕМ1 Конкура и Байкала ЭМ1.

ГРАФИТОВАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Шевченко И. Н., Райф О. Н.

Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины, Киев, Украина
vadiks117@mail.ru

В результате Чернобыльской катастрофы в окружающую среду поступило огромное количество графитовых пылинок, содержащих радионуклиды, размером $\sim 0,03-0,05$ мм. По расчетам одна пылинка с β -компонентой радиации имеет $D_{\beta} \sim 25$ бэр/с, с α -компонентой – $D_{\alpha} \sim 10^5 - 10^6$ бэр/с (Лозицкий В.Г., 1986 г.). Величина дозы пылинок послужила их названию «горячие частицы». Динамика трансформации горячих частиц



зависит от целого ряда физико-химических условий, периода их полураспада (1-14 лет). Исследованиями украинских ученых (Шестопалов В.М., Францевич Л.И. и др., 2001г.) показана динамика выхода ^{137}Cs и ^{90}Sr по годам: см. рисунок. Биогеохимические процессы влияют на миграцию или фиксацию (иммобилизацию) радионуклидов. Так, в 1987-89 гг. мобилизация ^{137}Cs преобладала над его фиксацией, в настоящее время его поступление в растения совпадает с его периодом полураспада (30 лет). Вследствие подвижности водорастворимых и ионообменных форм мобильность ^{90}Sr выше по сравнению с ^{137}Cs , и, освобождаясь из твердофазных горячих частиц,

^{90}Sr проникает в почву и растения.

В настоящее время исследовали растения, в том числе овощи и фрукты, некоторые ткани животных из «чистого» места (~ 50 км.от Киева): спектрометрию на предмет содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr . Активность выражали в Бк (Ки) / кг сырого веса. Ниже приведены названия образцов, в которых активность ^{90}Sr преобладала над активностью ^{137}Cs : вода, солома, салат, топинабур, укроп, кабачек, баклажаны, лук, картошка, капуста, буряк, фасоль, огурцы,тыква, клубника, костная ткань, белок куриного яйца. Радиоактивность растений в «доатомную эру» была обусловлена в основном ^{40}K (Даниленко А.И..1951-1958 гг). Испытания ядерного оружия привели к внедрению в биообъекты $^{134,137}\text{Cs}$, Чернобыль – ^{90}Sr , $^{238,241}\text{Pu}$, ^{241}Am . Радиационный ритм изменился.

СЕКЦИЯ X. РАДИОБИОЛОГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

POSTRADIATION CHANGES INDUCED IN SELECTED STRAINS OF ALGAE IRRADIATED WITH NON-RELATIVISTIC PROTONS AND γ -RAYS OF ^{60}Co

Hlinková E.¹, Krajčovič J.¹, Vacula R.¹, Timoshenko G. N.², Pticyn I.V.²

¹ ICC CU Bratislava, Mlynská dolina G-1, 842 15 Bratislava, SK-Slovakia;

² JINR Dubna, Laboratory of radiation biology, Jolio-Curie 12, Dubna, Moscow region, Russia

Algae are very suitable object to study of different type of abiotic stress. They are responsive to both of toxic compounds as well as to ionizing irradiation. In the present work, we used three strains of algae: *E. gracilis*, *E. mucifera* and modified strain of *E. gracilis* with deletion in DNA for maturation of cab proteins – OFL, to study of different effects of irradiation with γ -rays and protons. Algae, in stationary phase of the growth, were irradiated with low energetic protons ($E=150\text{MeV}$, $\text{LET}=25\text{keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$) in doses $D=0; 0.1; 0.5; 1; 5$ and 10Gy , and with γ -rays of ^{60}Co with doses $D=0; 0.1; 0.5; 1; 5; 10; 50$ and 100Gy . Our attention was concentrated on survival, changes in morphology, bleaching and gene expression.

Obtained results showed that irradiation with low energetic protons affected all followed parameters on 7-th day after irradiation. Curves for surviving for all three strains showed that inhibition effect which appeared for dose $D\geq 1\text{Gy}$ and strongly reflected intra-species sensitivity. All three irradiated strains compared to adequate controls contained *petit* colonies for dose $D\geq 1\text{Gy}$. The most sensitive strain to protons irradiation was showed modified strain *E. g.* - OFL. Amount of soluble intracellular proteins in the irradiated samples decreased in dependence of used dose. Death cells appeared for $D\geq 5\text{Gy}$ by *E. mucifera* and OFL. By this dose began appeared bleaching on the 3-th day after irradiation but its value does not overcome 12%. Dose LD_{50} strongly reflected intra-species differences and sensitivity to protons irradiation. Sensitivity to γ -irradiation was lower. Inhibition effect was appeared for dose $D\geq 50\text{Gy}$ by *E. gracilis*, for *E. mucifera* and modified strain OFL it was 10Gy . Amount of soluble intracellular proteins decreased in dependence of used doses. White cells appeared on the 7-th day after irradiation for $D\geq 10\text{Gy}$ and their amount was 1:100 cells. *Petit* colonies were registered only for the highest doses. Dose LD_{50} obtained for ^{60}Co γ -irradiation received value 100Gy by *E. gracilis* and $D=50\text{Gy}$ for *E. mucifera* and OFL. Irradiation with low energetic protons is more effective than using of γ -rays of ^{60}Co .

МОДУЛЯЦИЯ ЭФФЕКТОВ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ВАРИАЦИЯМИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Белишева Н.К.¹, Мельник Н.А.²

¹ Кольский Научный Центр РАН, Апатиты, Россия, natalybelisheva@mail.ru

² Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им И.В. Танаева
КНЦ РАН Апатиты, Россия, melnik@chemy.kolasc.net.ru

Анализ связи показателей состояния периферической крови у контингента, подвергающегося хроническому облучению в связи с профессиональной деятельностью, с вариациями космических лучей (КЛ) показал, что возрастание интенсивности КЛ ведет к изменению крови. Показано, что текущее состояние крови определяется направленностью сдвигов, возникших под воздействием хронического облучения, и модуляционных эффектов этих сдвигов, возникающих под влиянием вариаций интенсивности КЛ. Сравнение влияния вариаций интенсивности КЛ на состав крови у лиц, подвергающихся хроническому облучению, и у интактных испытуемых, показало, что возрастание интенсивности КЛ стимулирует гемопоэз, за исключением тромбоцитов, как в случае хронического облучения, так и у интактных испытуемых. В результате быстрого приращения дозы облучения относительно накопленной, характер связи между показателями крови и КЛ до и после дополнительного облучения резко меняется. Биоэффективность кратковременного возрастания дозы не зависит от величины накопленной дозы, периода накопления, а определяется, скорее, взвешенной величиной приращения относительно уже накопленной дозы. Более того, между возрастанием чувствительности к КЛ после дополнительного облучения и предыдущей накопленной дозой выявляется обратная зависимость: при меньшей накопленной дозе, биоэффективность дополнительного облучения возрастает. Проведенное исследование показало, что приращение дозы облучения и функциональное состояние крови значимо ($p < 0,05$) связаны. Состояние крови при хроническом облучении зависит от накопленной дозы, детерминирующей реакцию организма на различные воздействия, и модулирующего эффекта интенсивности КЛ. Хроническое воздействие ионизирующего излучения приводит, с одной стороны, к индивидуальным перестройкам внутрисистемных связей, с другой стороны, в зависимости от накопленной дозы и индивидуальных особенностей, изменяет характер чувствительности организма к внешнему воздействию.

Работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р_север_a

ЭФФЕКТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА СОСТОЯНИЕ БИОСИСТЕМ

Белишева Н.К.

Кольский Научный Центр РАН, Апатиты Мурманской обл., natalybelisheva@mail.ru

Проблема биоэффективности космических лучей (КЛ) у поверхности Земли в настоящее время является предметом острых дискуссий, поскольку трудность задачи регистрации вторичных КЛ и определенные ограничения со стороны аппаратуры не всегда создают верное представление об истинных масштабах событий и их последствиях (Дорман, 1963; Мурзин, 1970). Отчасти преодолеть трудности в изучении биоэффективности КЛ позволяет биоиндикация эффектов КЛ в высоких широтах, где низкоэнергичная компонента КЛ имеет максимальную интенсивность. Биоэффективность КЛ обусловлена не только их ионизирующим воздействием, но также и тем, что, в отличие от других природных и техногенных источников радиации, интенсивность КЛ непрерывно варьирует, а изменение интенсивности стимула является основой для восприятия раздражителя. Наши эксперименты, проведенные в высоких широтах на различных объектах (клеточные культуры, микрофлора, периферическая кровь человека, растительные объекты), а также исследования по оценке воздействия КЛ на функциональное состояние человека показали, что нуклонная компонента КЛ обладают высокой биоэффективностью. Эффекты воздействия КЛ на биосистемы определяются закономерностями, установленными для малых доз ионизирующего излучения: нелинейная, немонотонная бимодальная зависимость эффекта от дозы, наличие «мертвой зоны», изменение чувствительности к действию эндогенных и экзогенных факторов и др. (Бурлакова, 1999; Burlakova et al., 1998). Результаты исследований на клеточных культурах позволяют предположить, что возникновение сходных и массовых феноменов в различных клеточных линиях может быть связано с “bystander”-эффектом. Изменение свойств воды, которые, как мы показали (Винниченко, Белишева, Жиров, 2009) модулируются вторичными компонентами КЛ, также могло бы опосредовать воздействие КЛ на состояние биосистем. В докладе предполагается обсудить совместный механизм воздействия вариаций КЛ и геомагнитного поля на состояние биосистем, основанный на перемежающейся инициации процессов катаболизма и анаболизма.

Работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р_север_a

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА ПРОТОНАМИ
ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПУЧКА ФАЗОТРОНА ОИЯИ ПО
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИМ ТЕСТАМ**

Говорун Р. Д., Зайцева Е. М., Красавин Е. А., Мицын Г. В., Молоканов А. Г.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Терапевтический протонный пучок Медико-технического комплекса ОИЯИ создан на фазотроне ОИЯИ и используется для проведения лучевой терапии онкологических больных. Нами исследованы хромосомные аберрации в лимфоцитах человека при облучении образцов цельной крови (G_0 -фаза клеточного цикла) и культуры лимфоцитов (в фазах G_1 , S и G_2) исходным пучком протонов с энергией 155 МэВ (ЛПЭ $\sim 0,5$ кэВ/мкм), подготовленным для лучевой терапии пациентов, и в области модифицированного пика Брэгга. Это соответствует облучению окружающих тканей по ходу пучка и непосредственно тканей опухоли, для которой в отличие от них характерны процессы деления клеток. Энергетическое распределение замедленных протонов в области пика Брэгга является спектром от 0 до 30 МэВ. При этом спектр ЛПЭ частиц простирается до ~ 100 кэВ/мкм. Оценка эффективности протонов по частоте образования aberrантных клеток и общему числу aberrаций хромосом при облучении в G_0 -фазе клеточного цикла показала, что величина ОБЭ протонов в области пика Брэгга повышалась в среднем до 1,25. Не отмечено существенных количественных различий эффектов между G_0 -, G_1 -, и S-облученными лимфоцитами. При облучении протонами в области пика Брэгга показано повышение радиочувствительности G_2 -лимфоцитов по сравнению с G_0 -лимфоцитами в $\sim 1,2$ раза. Проведен расчет эффективности облучения протонами терапевтического пучка в области пика Брэгга с учетом вклада в эффект фракции высоко радиочувствительных G_2 -лимфоцитов. Величину этой фракции приняли пропорциональной продолжительности G_2 -фазы клеток (6 ч.) в клеточном цикле (42 ч.), что составило 14,3%. Таким образом, эффективность воздействия протонов терапевтического пучка при облучении опухолевых тканей в области пика Брэгга может повышаться до $\sim 1,4$ по сравнению нормальными неделящимися тканями по ходу исходного терапевтического пучка протонов с энергией 155 МэВ.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ОИЯИ

Говорун Р.Д., Красавин Е.А., Кошлань И.В., Зайцева Е.М., Кошлань Н.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория радиационной
биологии. Дубна. Россия.

Исследовано образование нестабильных и стабильных aberrаций хромосом в лимфоцитах периферической крови человека *in vitro* с увеличением дозы облучения ускоренными протонами и тяжелыми ионами в широком диапазоне ЛПЭ (от 0.218 до ~100 кэВ/мкм). Показаны линейные зависимости частоты клеток с хромосомными aberrациями от дозы облучения протонами с энергиями от 150 МэВ до 9 ГэВ с невысокими величинами ЛПЭ. Для общего числа aberrаций, частоты дигетерозом и транслокаций хромосом показана степенная зависимость эффектов от дозы облучения. По своей эффективности протоны таких энергий не отличались от γ -излучения. Вместе с тем, облучение лимфоцитов человека протонами в области модифицированного пика Брэгга, ЛПЭ которых доходило до ~100 кэВ/мкм, показало увеличение эффективности их воздействия (величины ОБЭ повышались до ~ 1,25 в диапазоне доз 1–4 Гр). При облучении лимфоцитов плотно ионизирующими ионами лития, бора, углерода, азота, магния показано существенное увеличение их эффективности с увеличением ЛПЭ частиц. Причем степенные кривые дозовых зависимостей эффектов модифицируются в линейные с увеличением ЛПЭ частиц.

Проведенный цитогенетический анализ облученных культур клеток млекопитающих выявил хромосомную нестабильность у отдаленных потомков клеток китайского хомячка. Она наблюдается и у HPRT-мутантных субклонов, выращенных из одиночных мутантных клеток, выделенных после облучения культур клеток. Отмечена гетерогенность мутантов по уровням хромосомных aberrаций. Высокая хромосомная нестабильность отмечена у спонтанных мутантов. С увеличением ЛПЭ излучений она уменьшалась. Обсуждается гипотеза хромосомной нестабильности.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДУКЦИИ ПОТЕРИ ХРОМОСОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ У ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Замятина Т.А., Болонкина Н.В., Колтовая Н.А.

Лаборатория радиационной биологии,

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, zamta86@mail.ru

Индукцированные ионизирующим излучением двунитевые (ДНР) разрывы ДНК относятся к наиболее опасным типам повреждений, ответственным за гибель клеток, хромосомные перестройки, потери хромосом и их фрагментов. В настоящей работе изучали потерю хромосом под действием радиации. В качестве модельной системы использовали гаплоидные штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, несущие избыточную IV или VII хромосомы (дисомики).

Зависимость частоты индукции потери избыточных IV и VII хромосом от дозы γ -облучения (^{60}Co – 0,7 Гр/мин, 1,3 МэВ) можно описать степенной функцией. Частота спонтанной потери избыточных IV и VII хромосом составляла $7 \cdot 10^{-4}$ и 10^{-4} , соответственно. При дозе γ -облучения 100 Гр частота потери IV хромосомы повышалась до $3 \cdot 10^{-3}$ (выживаемость ~ 10%), а VII хромосомы - до $3 \cdot 10^{-4}$ (выживаемость ~ 8%). Таким образом, γ -облучение более эффективно индуцирует потерю IV хромосомы по сравнению с VII хромосомой.

Под действием тяжелых ионов (^7Li – 17 кэВ/мкм, ^{11}B – 45 кэВ/мкм, ^{20}Ne – 120,6 кэВ/мкм) частота потери VII хромосомы от дозы носила линейный характер при малых дозах до 50 Гр (выживаемость ~ 40%), причем потеря хромосомы индуцировалась малоэффективно. При дальнейшем увеличении дозы наблюдалось увеличение частоты потери избыточной VII хромосомы до $7,5 \cdot 10^{-5}$ при дозе 100 Гр (выживаемость ~ 5%). При дозе 1000 Гр (выживаемость ~ 0,04%) частота мутаций увеличилась на несколько порядков и составила $2 \cdot 10^{-3}$. Эффективность индукции потери хромосом под действием тяжелых ионов зависит от энергии частиц. Чем тяжелее ион и выше его энергия, тем эффективнее индуцируется потеря VII хромосомы.

**РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ БЫСТРЫХ (0.85 МЭВ) НЕЙТРОНОВ У
КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISAE* РАЗЛИЧНОЙ
ПЛОИДНОСТИ**

Кабакова Н. М., Цыб Т. С.

Медицинский Радиологический Научный Центр РАМН, Обнинск, Россия.

imalin@mrrc.obninsk.ru

Изучали радиобиологические эффекты быстрых нейтронов канала Б-3 реактора БР-10 у клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с различным числом наборов хромосом (1, 2, 4, 5, 6). Самым чувствительным как к γ -, так и к нейтронному излучениям является гаплоид, а самым резистентным – диплоид. С дальнейшим увеличением ploидности (> 2) резистентность к обоим видам излучения уменьшается. Все облученные клетки полиплоидного ряда, кроме гаплоида, одинаково эффективно восстанавливают жизнеспособность в непитательной среде независимо от вида излучения.

Биологическая эффективность (ОБЭ) быстрых нейтронов по летальности не зависит от ploидности (2 и выше) и находится в пределах 2.6 – 2.7. Незначительно ниже величина ОБЭ (2.15) зарегистрирована для гаплоида.

ИНДУКЦИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ДЕЛЕЦИЙ γ -ЛУЧАМИ И ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

^{11}B , ^7Li И ^{20}Ne В ГАПЛОИДНЫХ КЛЕТКАХ ДРОЖЖЕЙ

Кокорева А.Н., Яцевич К.В., Белокопытова К.В., Тростников М.В., Колтовая Н.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория радиационной биологии,
Дубна, Россия, aleksandras@inbox.ru

Для изучения количественных закономерностей возникновения делеций в гаплоидных клетках дрожжей использовали две генетические системы. Инвертированные повторы, локализованные во II хромосоме, обеспечивают потенциальную возможность осуществления гомологичной рекомбинации, в том числе сопровождающейся делециями (Jin et al., 2001). Плазмидная система позволяет тестировать события репарации ДНР путем негомологичного воссоединения концов, сопровождающиеся выпадением участка ДНК (Tsukamoto et al., 1997).

Представлены результаты изучения индукции делеций и рекомбинации под действием γ -излучения (^{60}Co – 1,17 МэВ, 0,7 Гр/мин) и тяжелых ионов (^7Li – 17кэВ/мкм; ^{11}B – 45 кэВ/мкм; ^{20}Ne – 121кэВ/мкм) в диапазоне доз до 100 Гр. Выживаемость клеток была не меньше 10 - 30 %. Зависимость мутагенеза от дозы γ -облучения описывалась линейной функцией для межхромосомной рекомбинации, линейно-степенной функцией для внутрехромосомной рекомбинации и делеций. При облучении тяжелыми ионами наблюдалась линейная зависимость.

Размер индуцированной в плазмиде делеции определяли с помощью генетического анализа и электрофореза. Большую часть делеций составляли делеции, захватывающие два маркера в исходной популяции клеток (70- 90%), а доля мутантов с делециями, захватывающими четыре маркера, составляла не более 1.0%. С увеличением дозы доля мутаций с более протяженными делециями возрастала до 30% при γ -облучении, при облучении тяжелыми ионами индукция таких делеций была менее эффективной. Рестрикционный анализ показал, что размер делеций плазмидной ДНК не превышает 3000 пн. Например: размеры делеций затрагивающих два гена, составляли 1000-2600 пн. Делеция затрагивающая область трех генов *CAN1*, *CYH2* и *LEU2* составляла ~2800 пн.

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕНОМЕ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ
SACCHAROMYCES ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ
С РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДОЗЫ.**

Комарова Е. В., Цыб Т. С., Малинова И. В.

Медицинский Радиологический Научный Центр РАМН, Обнинск, Россия.

imalin@mrrc.obninsk.ru

Целью исследования являлось изучение генетических эффектов реакторных нейтронов в широком диапазоне доз и мощностей доз (от 10^{-2} Гр/сек до 10^6 Гр/сек) у клеток дрожжей. В эксперименте использовался штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* T1 специально сконструированный проф. И.А. Захаровым. Этот штамм позволяет учитывать суммарную частоту всех событий, ведущих к митотической сегрегации, и дифференцировать события реципрокной рекомбинации (кроссинговер). Все генетические изменения в клетке, индуцированные ионизирующими излучениями фенотипически проявлялись изменением цвета макроколоний, сформированных облученными клетками. Клетки облучали γ -излучением ^{60}Co , нейтронами реактора БР-10 ($\bar{E} = 0,85$ МэВ) и нейтронами импульсного реактора БАРС-6 ($\bar{E} = 1,44$ МэВ) в режиме одиночного импульса (~ 70 мксек) или в стационарном режиме (~ 60 мин) в диапазоне доз от 5 до 800 Гр. Показано, что общий выход сегрегантов увеличивается с дозой γ -излучения и нейтронов независимо от мощности дозы нейтронов и на единицу дозы нейтроны в 2 раза более эффективны, чем γ -излучение ^{60}Co . Однако, при равноэффективных дозах (равный уровень выживаемости) мы не наблюдали значительных различий по индукции митотической сегрегации и митотического кроссинговера, индуцированных двумя видами излучения в диплоидных клетках дрожжей дикого типа. Таким образом, данные показывают, что при равном летальном эффекте нейтроны в широком диапазоне доз и мощностей доз не будут более генотоксичны, чем γ -излучение. Однако, события приводящие к генетическим изменениям в геноме клетки под воздействием нейтронов и γ -излучения индуцируются по пути специфическому для каждого вида излучения.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА В СТАДИЯХ G_0 , G_1

Корякина Е.В., Потетня В.И., Потетня О.И., Севанькаев А.В.

Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск, Россия

potetnya@mrrc.obninsk.ru

В выполненных ранее исследованиях цитогенетического действия импульсного и пролонгированного излучения однократного импульсного реактора БАРС-6 на лимфоциты человека в стадии G_0 был выявлен обратный эффект мощности: эффективность импульсного воздействия ($MД = (0,5-2,7) \cdot 10^6$ Гр/мин) была выше, чем пролонгированного ($MД = (0,8-4,5) \cdot 10^{-2}$ Гр/мин) как по суммарной частоте аббераций хромосом (АХ), так и по отдельным их видам в исследованном диапазоне доз нейтронов 0,5-2,5 Гр. Различия не зависели от температуры во время облучения (0 или 20°C) и сопровождались определенными изменениями в спектре АХ (Севанькаев А.В. и соавт., 2007).

Нами проведены аналогичные эксперименты на реакторе БАРС-6 с использованием лимфоцитов крови человека в стадии G_1 (на 15 ч культивирования). Сравнивали цитогенетические эффекты пролонгированного ($T_{обл} \approx 1$ ч) и однократного импульсного ($T_{обл} \approx 65$ мкс) воздействия излучения реактора БАРС-6 в парных экспериментах. Донорскую кровь в пластиковых пробирках облучали в обоих режимах нефилтрованным излучением ($D_{\gamma} = 35-45\% D_{сум}$) на разных расстояниях от активных зон реактора при комнатной температуре (20°C) или температуре тающего льда (0°C).

В целом, результаты для обеих пресинтетических стадий оказались подобными: импульсное воздействие оказалось менее эффективным, чем пролонгированное, по суммарной частоте АХ (1,64 раза - G_1 и 1,44 - G_0) и выходу дицентриков (1,81 раза - G_1 и 1,78 - G_0), при этом независимо от температуры облучения. При переходе от G_0 к G_1 выход АХ снижался, как и для «чистых» нейтронов реактора БР-10, в отличие от γ -излучения, где наблюдается обратная динамика. Этим объясняется разная величина ОБЭ нейтронов, 9-12 (G_0) и 1,8-2,5 (G_1). К особенности облучения в стадии G_1 можно отнести четко выраженный линейно-квадратичный характер дозовых кривых при обоих режимах воздействия, что может быть связано с заметным вкладом γ -квантов в дозу и изменением конформации хроматина, способствующей взаимодействию повреждений, индуцированных нейтронами и γ -квантами.

ВАКЦИНА ГРИППОЛ – СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ

*Михеева Е.Г.¹, Абросимова А.Н.², Е.И. Куликова.³,
Молоканов А.Г.³, Ставракова Н.М.¹, Уланова А.М.¹*

¹Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна,
Москва, Россия; egmiheeva@gmail.com

²Институт медико-биологических проблем, Москва, Россия

³Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Данная работа направлена на изучение возможности повышения устойчивости организма к поражающему действию ионизирующего излучения с помощью вакцинации.

Вакцину «Гриппол» в этом отношении начали изучать относительно недавно. Предложенная в 2001 году вакцина обладает выраженной иммуногенной активностью. Решение вопроса о том, в какой степени течение лучевой болезни может быть модифицировано иммуномодулирующим препаратом Гриппол представляет большой интерес. Способность вакцины «Гриппол» повышать резистентность по отношению к гамма-облучению доказана экспериментально. В качестве цели была поставлена задача исследовать влияние вакцины на резистентность по отношению к протонному облучению. Мышей облучали дозой от 1 Гр до 8, 5 Гр (протонами с мощностью 0, 41 Гр/мин). Средняя энергия протонного пучка – 171 Мэв. Вакцину «Гриппол» вводили в качестве радиозащитного средства однократно подкожно по 0,2 мл за 12 дней до облучения. Результаты показали, что облучение протонами в дозах 7,0; 8,0 и 8,5 вызывает гибель, соответственно, 9%, 10% и 33% контрольных животных, в то время как в защищенных группах животных с предварительным введением вакцины «Гриппол» гибели животного не отмечено. Сопоставляя полученные данные с известными результатами и литературными данными, следует отметить, что подтверждается факт наиболее высокой интенсивности регенераторных процессов в костном мозге животных, облученных протонами, в сравнении с действием гамма-облучения. При действии облучения в дозе 1 Гр у контрольных животных через 3-6 суток после облучения отмечено снижение числа кариоцитов до нижней границы нормы.

Вакцина «Гриппол», введенная за 12 суток до облучения в дозе 1 Гр предотвращает пострадиационное угнетение костно-мозгового кроветворения. На 3-6 сутки после облучения число кариоцитов выходит за пределы верхнего порога нормальных значений. Таким образом, «Гриппол» оказывает стимулирующее влияние на кроветворение.

**ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ДНК НА ИНДУКЦИЮ АПОПТОЗА
В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ γ -КВАНТАМИ ^{60}Co И
ПРОТОНАМИ МЕДИЦИНСКОГО ПУЧКА ОИЯИ В РАСТЯНУТОМ ПИКЕ
БРЭГГА**

Равначка И.И., Баранова Е.В., Борейко А.В., Савельева М.Г., Красавин Е.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, vir2004@abv.bg

Программированная клеточная гибель – апоптоз, является важным механизмом, который необходим для обеспечения стабильности генетической информации. Механизм запуска апоптотической гибели сложен и многогранен. Одним из инициирующих факторов этого процесса является образование в генетическом аппарате клеток двунитевых разрывов ДНК (ДР ДНК). В ответ на повреждение эукариотические клетки способны либо запускать сложные клеточные реакции, направленные на исправление ДР ДНК, либо включать программу самоуничтожения клетки – апоптоз. Механизм, лежащий в основе выбора пути, по которому будут идти клеточные процессы – репарация ДР ДНК или апоптоз, до настоящего времени не ясен. Вместе с тем получены данные о том, что он может быть обусловлен накоплением одонитевой ДНК, постоянно формирующейся в значительных количествах в ходе репарации.

В работе изучены закономерности формирования индуцированного апоптоза в лимфоцитах человека при действии γ -квантов и ускоренных протонов с энергией 250 МэВ в пике Брэгга в условиях влияния ингибиторов репаративного и репликативного синтеза ДНК - арабинозидцитозина (Ара-Ц) и гидроксимочевины (ГМ), задерживающих репарацию одонитевых разрывов ДНК, что сопровождается формированием энзиматических ДР ДНК из длительно нерепарируемых одонитевых разрывов. Проведен сравнительный анализ закономерностей образования ДР ДНК и индукции апоптоза в лимфоцитах человека при γ -облучении и действии ускоренных протонов в условиях влияния ингибиторов. Показано, что в присутствии ингибиторов репарации, частота индуцированного апоптоза резко возрастает, что коррелирует с закономерностями образования ДР ДНК.

СРАВНЕНИЕ ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГАММА- И ПРОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ И МЕТИЛНИТРОЗОМОЧЕВИНЫ НА СЕТЧАТКУ ГЛАЗА МЫШЕЙ

Тронов В.А.^{1,3}, Логинова М.Ю.^{2,3}, Белецкая Т.А., Панова И.Г.⁴, Фельдман Т.Б.^{2,3}, Тимошенко Г.Н.³, Молоканов А.Г.³, Красавин Е.А.³, Островский М.А.^{2,3}

¹ Институт химической физики РАН им. Н.Н.Семенова, Москва, vtroнов@yandex.ru,

² Институт биохимической физики РАН им. Н.М.Эмануэля, Москва, ³ ОИЯИ, Дубна,

⁴ Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва

Во многих экспериментах ретинопатия у животных, ассоциированная с апоптозом фоторецепторов, индуцировалась химическими генотоксическими агентами, вызывающими повреждение ДНК. Это говорит о том, что повреждения генома могут быть причастны к инициации процесса дегенерации сетчатки. Однако, результаты клинического использования ионизирующей радиации свидетельствуют о высокой радиоустойчивости сетчатки. Цель нашей работы состояла в описании эффекта на сетчатку облучения мышей. В качестве воздействия использовали гамма-излучение (тотальное облучение животных) и пучок протонов (локальное облучение головы животных), в дозе 14 Гр. Положительным контролем на индукцию апоптоза в сетчатке была метилнитрозомочевина (МНМ), вводимая внутривентриально в бозе 60 мг/кг. Оценивали морфологические изменения ткани (световая микроскопия тканевых срезов), повреждение ДНК в клетках сетчатки и их репарацию (метод ДНК-комет), экспрессию белков p53 и ATM, участвующих в активации апоптоза в клетках (Вестерн-блоттинг, иммуноцитохимия). Облучение в дозе 14 Гр равнотоксично по степени повреждения однострессовой ДНК для гамма излучения и протонов. Но протоны в 2 раза более эффективны в повреждении двунитевой ДНК. Разрывы ДНК в сетчатке эффективно репарировались в течение ≤ 10 ч. МНМ индуцировала в геноме сетчатки АП-сайты, которые подвергались медленной и неполной репарации. Доля нерепарированных дефектов через 24 ч после воздействия составляла 40%. Облучение увеличивало экспрессию p53 и ATM. В ответ на МНМ возрастал уровень белков, p53 и PARP и каспазы-3. В течение 7 дн наблюдения не обнаруживались деструктивные изменения в сетчатке и в ядерном слое фоторецепторов. МНМ индуцировала деструктивные изменения в сетчатке, в фоторецепторном слое и в области его контакта с клетками пигментного эпителия и признаки апоптоза. Эти признаки, не наблюдались после снижения дозы вводимой МНМ (35 мг/кг). Предполагается высокий генотоксический порог в клетках сетчатки для инициации гибели. Не исключается отдаленный эффект облучения на сетчатку (более 7 дней) а также неапоптотический механизм гибели, в основе которого лежит энергетический коллапс фоторецепторов.

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В МЕЖПЛАНЕТНОМ ПОЛЕТЕ

Ушаков И.Б., Петров В.М., Иванов А.А., Шафиркин А.В., Штемберг А.С.

Институт медико – биологических проблем РАН, Москва, Россия , petrov@imbp.ru

При осуществлении межпланетного полета на экипаж будут оказывать воздействие все источники космической радиации: галактические и солнечные космические лучи, радиационные пояса Земли (при сборке и раскрутке корабля) и вторичные нейтроны. Характер воздействия – потоки атомных ядер со спектром линейной передачи энергии до 10^4 КэВ/мкм, энергий до 10^{19} эВ, режимом облучения – комбинированное: хроническое, фракционированное, подострое. Суточные значения доз могут варьировать в широких пределах от единиц мЗв/сут до 10 Зв/сут. При этом радиобиологический эффект может модифицироваться влиянием других неблагоприятных факторов полета. Естественно, что для корректной оценки опасности и для моделирования ее в наземных условиях следует учитывать перечисленные выше особенности облучения в космосе. В связи с требованием высоконадежного обеспечения радиационной безопасности человека в межпланетном полете возникает необходимость максимально точной оценки последствий соответствующего облучения человека. К сожалению, сегодня ряд значимых вопросов количественного выражения таких последствий требует уточнения (например, закономерности нарушения высшей нервной деятельности, влияние качества излучения на скорость клеточной репарации, эффективность действия фармакохимической защиты и т.д.). Соответствующие исследования должны быть выполнены в экспериментах на животных с адекватным моделированием источников облучения или с гарантией эквивалентности радиобиологических последствий. В докладе дается обоснование различных схем моделирования с использованием изотопных источников, ускорителей заряженных частиц и космических экспериментов с животными. При этом учтены такие факторы, как пространственная и временная неравномерность облучения, комбинированное облучение, влияние мощности дозы и качества излучения на радиобиологический эффект. Приводятся рекомендации по организации проведения базовых экспериментов по исследованию основных компонентов радиационного поражения при межпланетном полете.

**ПРОЯВЛЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННЫХ НЕЛЕТАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ
У КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISAE*
(НА МОРФОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ
ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ЛПЭ В «НЕЛЕТАЛЬНЫХ» ДОЗАХ.**

Цыб Т. С., Комарова Е. В., Малинова И. В.

Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск, Россия.

imalin@mrrc.obninsk.ru

Оценку биологических эффектов ионизирующих излучений (ИИ) разного качества проводили по морфологии микроколоний, формируемых диплоидными клетками дрожжей после воздействия γ -излучением ^{60}Co в дозах от 10 до 90 Гр, протонами (70 МэВ) в дозах от 10 до 80 Гр, нейтронами импульсного генератора ИНГ-031 (14,8 МэВ) в дозах от 10 до 35 Гр, реактора БАРС-6 (1,44 МэВ) и реактора БР-10 (0,85 МэВ) в дозах от 5 до 25 Гр. Выживаемость при используемых дозах была 100 %. За динамикой почкования клеток и образованием микроколоний в разные сроки инкубации наблюдали в течение до 24 часов с помощью светового микроскопа. К 18 часам инкубации на твердой питательной среде при 30 °С необлученные клетки формируют мелкие компактные микроколонии, в то время как облученные клетки формируют целый спектр разнообразных (по морфологии) микроколоний, которые обычно классифицируются как формы репродуктивной гибели клеток, облученных в летальных дозах. В наших экспериментах применяемые дозы в 5-10 раз меньше среднелетальных доз. Количество таких различающихся по морфологии микроколоний зависит от дозы и вида излучений. Нейтроны канала Б-3 реактора БР-10 и нейтроны импульсного реактора БАРС-6 при 10%-ном уровне выхода таких микроколоний в ~5 раз эффективней γ -излучения и в 2,5 раза эффективней, чем нейтроны генератора ИНГ-031. На основании полученных данных можно заключить, что облучение популяции клеток дрожжей ионизирующими излучениями с различной ЛПЭ в «нелетальных» дозах индуцирует в клетках нестабильные наследуемые повреждения, которые приводят к нарушению деления облученных клеток и их потомков. Этот феномен наиболее выражен при облучении клеток реакторными нейтронами.

**ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ДНК В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА
НА ИНДУКЦИЮ И РЕПАРАЦИЮ ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ
ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗНОЙ ЛПЭ**

Чаусов В.Н., Борейко А.В., Стукова С.И., Красавин Е.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, chausov@jinr.ru

Важным методическим подходом при изучении механизмов формирования повреждений ДНК при действии излучений разного качества является применение модификаторов репаративного и репликативного синтеза ДНК. В целях изучения закономерностей формирования двунитевых разрывов (ДР) ДНК в лимфоцитах человека при облучении ионизирующими излучениями с разными физическими характеристиками, в работе использованы ингибиторы репарации ДНК – гидроксимочевина (ГМ) и арабинозидцитозин (Ара Ц).

Методом ДНК-комет изучены закономерности индукции ДР ДНК в лимфоцитах человека при облучении γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^{11}B (линейная передача энергии 40 кэВ/мкм) в условиях влияния АраЦ и ГМ. Показано, что блокирование репаративного синтеза ДНК приводит к возрастанию выхода ДР ДНК в пострadiaционный период. Как известно, комбинация АраЦ и ГМ блокирует не только репликативный, но и репаративный синтез ДНК. В этих условиях короткие, индуцированные излучением одонитевые пробелы в ДНК, трансформируются в двунитевые энзиматические разрывы, вследствие атаки оппозитных пробелам нитей, специфичными к одонитевой ДНК S_1 -эндонуклеазами. Это приводит к активному накоплению ДР ДНК в геноме клеток. в пострadiaционный период.

Исследована кинетика репарации ДР ДНК в лимфоцитах человека при облучении γ -квантами в условиях модифицирующего действия Ара Ц и ГМ. Установлено, что в присутствии ингибиторов количество ДР ДНК в процессе инкубации клеток сохраняется, в то время как в обычных условиях репарация ДР ДНК практически полностью завершается в течение 4-6 ч.

Обсуждаются механизмы формирования ДР ДНК энзиматической природы при блокировании репаративного синтеза ДНК и перспективы использования такого рода модификаторов для выяснения характера повреждений ДНК при действии ускоренных тяжелых ионов.

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ИНДУЦИРУЕМЫЕ У СЕМЯН ZEA MAYS L.
АДРОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ СЕРПУХОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ
ПРОТОНОВ**

Юров С.С.¹, Мысник А.И.², Дмитриевский И.М.³, Пелешко В.Н.², Другаченко С.А.²,

Кожокару А.Ф.¹, Ревин А.Ф.¹.

¹ Институт биофизики клетки РАН, Пушкино, Россия, sergejj-jurov0@rambler.ru

² Институт физики высоких энергий «Росатом», Протвино, Россия, mysnik@iphe.ru

³ Московский государственный инженерно-физический институт, Россия

dmiigor@yandex.ru

Ранее нами были обнаружены генетико-физиологические изменения у биологических объектов под влиянием адронов высоких энергий (АВЭ) Серпуховского ускорителя протонов. Специфичность действий АВЭ -множественное повреждение клеточных структур, а также способность адронов к множественной генерации вторичных частиц, которые вызывают глубокие локальные повреждения клеток, тканей и органов. Биоблоки с семенами Zea mays L.(кукурузы) по 30 шт. в каждом размещались на канале № 8 «Спин» в поле смешанного излучения Серпуховского ускорителя протонов с энергией 45 ГэВ в районе мишени, где флюенс АВЭ имел большие величины, на расстоянии от 0 и до 6 м от канала; в 7 опытных точках; с 20 суточной экспозицией. Анализ полученных результатов в полевом эксперименте 2009 г. показал, что во всех опытных точках выживаемость (изучаемые дозы были от 250 Гр-500 Гр) находилась в пределах от 6,6-10%, а в контроле-95%. Множественное проявление измененных морфологических признаков (до 15) наблюдалось только у двух растений, а по признакам в количестве от 4 до 7 всего было найдено у 6 растений. Следует при этом отметить, что у 3-х растений обнаружены специфические морфологические измененные признаки, которые не наблюдались ни в контроле, ни в γ -облученном варианте. Остальные опытные варианты имели, в общем, по 3 измененных признака. Таким образом, в F₁ поколении Zea mays АВЭ вызвали множественные повреждения измененных морфологических структур клеток, тканей и органов, а также специфические адронные повреждения (с учетом морфологии зародыша).

СЕКЦИЯ XII. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ. СИСТЕМНАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНДУЦИРУЮЩЕГО СИГНАЛА SOS-СИСТЕМЫ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТКАХ *ESCHERICHIA COLI* ПРИ ДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ЛПЭ

Аксёнова С.В., Белов О.В., Красавин Е.А.

Лаборатория радиационной биологии Объединённого института ядерных исследований,
Дубна, Россия, dem@jinr.ru

Вопросы мутагенного действия ионизирующих излучений с различной линейной передачей энергии (ЛПЭ) являются одними из наименее изученных в радиационной генетике, и в настоящий момент нет цельной картины мутационного процесса, индуцируемого излучениями разного качества. Основным механизмом формирования мутаций в бактериальных клетках является функционирование системы SOS-репарации, представляющей собой сложную цепь белковых взаимодействий, которая приводит к закреплению первичных повреждений ДНК в виде генных мутаций. Наиболее сложной задачей при моделировании SOS-ответа является количественная оценка уровня индуцирующего сигнала, ведущего к запуску SOS-системы.

Основными повреждениями ДНК при воздействии ионизирующих излучений являются однонитевые и двунитевые разрывы, повреждения оснований и кластерные повреждения ДНК. Последние два класса повреждений вносят наибольший вклад в формирование индуцирующего сигнала. В рамках настоящего исследования разработана математическая модель, описывающая динамику индуцирующего сигнала SOS-системы в бактериальных клетках кишечной палочки *Escherichia coli* при действии излучений с различной линейной передачей энергии. С использованием разработанных ранее модельных представлений (Е.А. Красавин, С.Козубек, 1991) количественно описан процесс образования основных премутационных повреждений ДНК. Построена модель, описывающая основные типы репарации ДНК, ведущие к формированию индуцирующего сигнала для SOS-системы клеток *E. coli*.

Полученные результаты в совокупности с разработанными ранее модельными представлениями (O.V. Belov et al., 2009) являются важным шагом на пути создания обобщённой модели индуцированного мутационного процесса в бактериальных клетках при действии различных повреждающих факторов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЗОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ХРОМОСОМ

Андреев С.Г., Эйдельман Ю.А.

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия.

andreev_sg@mail.ru

Ионизирующая радиация индуцирует хромосомные aberrации, детектируемые как в первом митозе после облучения, так и в потомках облученных клеток. Наличие нестабильных aberrаций в потомстве облученных клеток связывают с феноменом хромосомной нестабильности (ХН). Важными задачами являются выяснение причин высокой частоты нестабильных aberrаций спустя много клеточных делений после облучения и установление взаимосвязи между дозовой зависимостью для aberrаций в первом митозе и отдаленных aberrаций, или ХН. Для решения этих задач была разработана модель, позволяющая анализировать различные механизмы ХН после воздействия редкоионизирующего излучения. Модель предполагает, что индуцированные радиацией двунитевые разрывы ДНК (ДР ДНК) ответственны за хромосомные aberrации, наблюдаемые в первом митозе. Наличие нестабильных хромосомных aberrаций в потомках облученных клеток обуславливается следующими механизмами: (*) перенос aberrаций через митоз из предыдущего клеточного цикла; (**) разрыв анафазного моста и последующее воссоединение разорванных концов хромосом в дочерних клетках; (***) индукция ДР *de novo* в каждом клеточном цикле. Для предсказания временных и дозовых зависимостей частоты дицентриков и ацентрических фрагментов были проведены компьютерные эксперименты, позволяющие исследовать указанные механизмы. Учитывались следующие процессы: индукция и репарация ДР ДНК, образование хромосомных aberrаций в первом клеточном цикле, кинетика клеточного цикла, образование и разрыв анафазных мостов, прохождение хромосомных aberrаций через митоз, клеточная гибель, вызванная нестабильными aberrациями. В компьютерных экспериментах наблюдались значительные изменения формы дозовых кривых частоты дицентриков со временем после облучения: линейно-квадратичная зависимость от дозы на малых временах переходит в дозовую независимость на поздних временах.

СИСТЕМНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ

Андреев С.Г

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия,

andreev_sg@mail.ru

Представлен анализ современных подходов и стратегий развития технологий оценок канцерогенных рисков воздействия на человека факторов окружающей среды, в частности, ионизирующей радиации. Практический аспект такого анализа –определение направлений фундаментальных исследований, имеющих наибольший потенциал с точки зрения снижения неопределенностей оценок риска, в особенности при облучении малыми дозами. Эти исследования концентрируется на (*) изучении механизмов радиобиологических процессов в клетках и тканях, которые определяют форму кривых доза-эффект, в том числе при различных мощностях доз, тканевую чувствительность к индукции рака, индивидуальную генетическую чувствительность/предрасположенность, отражают особенности эффектов качества радиации; (**) интеграции знаний о механизмах в системные технологии прогнозирования рисков. Такие технологии должны включать в себя, в частности, методы моделирования эффектов радиации на различных уровнях организации биологических объектов (от молекулярного до организменного), методы оценки физических параметров воздействия, особенно при малых дозах (микро- и нанодозиметрии, анализ структуры треков). Стратегическая цель интеграции знаний – разработка технологий высокоточного прогноза канцерогенных рисков в широком диапазоне условий облучения (доз, ЛПЭ и т.д.), а также в условиях, когда проведение экспериментальных или эпидемиологических исследований оказывается невозможным в силу тех или иных причин (сложные радиационные поля, аварийные ситуации, будущие космические полеты и т.д.).

Рассмотрены достижения и ограничения современных подходов к количественному прогнозированию канцерогенных рисков радиации, в том числе, основанных на двухстадийной стохастической модели канцерогенеза. Проведен анализ экспериментальных данных и обсуждаются возможные механизмы злокачественной трансформации клеток *in vitro* под действием ионизирующей радиации. Продемонстрирована возможность предсказания зависимости ОБЭ от ЛПЭ излучения для злокачественной трансформации клеток на основе методов многоуровневого моделирования.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ МИТОГЕНЕЗА В КЛЕТКЕ, УЧИТЫВАЮЩАЯ КОМБИНАТОРНУЮ СЛОЖНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЛКОВ

Борисов Н.М., Безродная Н.Б., Боговалова Н.С., Галяутдинова Ж.Ж., Зяблицин А.В.
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
Москва, Nborisov@fmbcfmba.ru

Одной из актуальных фундаментальных проблем радиобиологии является исследование начальных (субклеточных, молекулярных) механизмов канцерогенеза и мутагенеза, который может являться одним из вредных воздействий ионизирующего излучения на живые организмы. Решение этой проблемы призвано содействовать ответу на доказательство существования или отсутствия значимого дозового порога для стохастических (прежде всего, онкологических) последствий облучения.

Чисто экспериментальные исследования митогенетических и (анти-)апоптозных сигнальных путей в клетке не могут дать ответа на кардинальные вопросы клеточного контроля митогенеза, поскольку это требует измерений всех взаимодействий между десятками белков – переносчиков сигнала. Тем не менее, ответ на эти вопросы быть получен расчетным путем, с помощью математического моделирования химико-кинетических процессов взаимодействия белковых молекул.

В настоящей работе нами построена учитывающая комбинаторную сложность белковых комплексов математическая модель возбуждения межклеточной регуляторной киназы (ERK) в ответ на стимуляцию клетки с эпидермальным фактором роста (EGF). Данная модель реализована в виде приложения к программному обеспечению BioNetGen 2, которое автоматически генерирует множество возникающих в ходе прохождения сигнала белковых комплексов для последующего интегрирования систем дифференциальных уравнений для концентраций каждого из комплексов. С помощью данной модели нами была показана ключевая роль многосайтового адаптерного белка GAB1 в развитии сигнального каскада до активации гуанин-трифосфатазы Ras. Основным механизмом усиления является рекрутирование GAB1 (и других многосайтовых адаптерных белков) к клеточной мембране через фосфатидинозитол-3,4,5-фосфата (PIP3). Гипотезы, выдвинутые в ходе математического моделирования, подтверждены в серии экспериментов по иммунопреципитации белков (вестерн-блоттингу), ингибированию ключевых ферментов в сигнальных путях, а также деплеции ключевых белков методом мРНК.

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ SOS-ОТВЕТА БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI* ПРИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ОБЛУЧЕНИИ

Бугай А.Н., Ляшко М.С., Пархоменко А.Ю.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, parkhomenko@jinr.ru

Предложена модель реакции сложной генетической сети на воздействие ультрафиолетового излучения (УФ), как одного из самых распространенных в природе повреждающих факторов. Воздействие разных агентов, вызывающих повреждения ДНК, вызывает в клетке сложную цепь реакций репарации, что может сопровождаться повышением частоты возникновения мутаций. Ответ клетки на эти воздействия получил название SOS-ответа [1].

В работе использован стохастический подход, основанный на применении алгоритма Гиллеспи [2], получившего широкое распространение при моделировании сложных биологических систем. По сравнению с развитой ранее детерминистической моделью [3] (основанной на применении дифференциальных уравнений), стало возможным детальнее смоделировать особенности элементарных процессов на уровне отдельной взятой клетки при произвольных флюенсах энергии УФ, а также рассчитать количество мутаций и оценить выживаемость популяции клеток. Модель применима не только к различным штаммам бактерий *E.Coli* дикого типа, но и к клеткам мутантов, имеющих различные дефекты в системе репарации.

На уровне отдельной клетки отклик SOS-системы может иметь дискретный характер, состоя из одного и более максимумов в зависимости от флюенса энергии УФ [4]. В настоящей работе были выявлены ключевые обратные связи в системе генетической регуляции, приводящие к реализации такого эффекта, а также сформулированы ограничения на значения параметров систем репарации.

1. Radman M. *Molecular and Environmental Aspects of Mutagenesis* / Eds. L. Prakash, F. Sherman, M. Miller, et al. Springfield IL: Charles C Thomas publisher, 1974. P. 128–142.
2. Gillespie D.T. // *J.Phys.Chem.* 1977, V.81, №25, P.2340.
3. Белов О.В., Красавин Е.А., Пархоменко А.Ю. // *Рад. биология. Радиоэкология* 2009, Т.49, №5, С.617.
4. Friedman N., Vardy S., Ronen M., Alon U., Stavans J. // *PLoS Biol.* 2005. V.3. No.7, P.1261.

**СИСТЕМНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО ОПРЕДЕЛЯЕТ
НОВОЕ КАЧЕСТВО - СИГНАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ
НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Буланова К.Я., Лобанок Л.М., Конопля Е.Ф.

Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова,
Белорусский государственный медицинский университет, ГНУ «Институт радиобиологии
НАН Беларуси», Минск, Беларусь, bulanova_home@tut.by

Живые организмы являются сложными, открытыми и саморегулирующимися системами. Системность живого позволяет реализовать качества, не присущие элементам их составляющим. По этой причине связи, объединяющие систему в целом, приобретают кибернетическую основу. Различают прямые и обратные связи, которые выполняют и функции управления потоками веществ и энергии в организме. Самоуправление в живой системе осуществляется на основе информационных процессов, которые инициируются приемом сигнальной информации (сигнала). Классическое учение И.П.Павлова о первой и второй сигнальных системах является подтверждением действенности этого механизма самоуправления. Физиологами доказано, что внешний мир «через разнообразные параметры своего воздействия входит в организм в форме тончайших информационных процессов» [Судаков К.В., 2005]. Могут ли ионизирующие излучения восприниматься организмами сигнально? Считается, что именно в тех случаях, когда энергия носителя низкая, создаются благоприятные условия для информационного переноса [Нефедов Е.И., 2005] и организм способен воспринять низко энергетические потоки, как образы (информационные сигналы). Представления о сигнальном восприятии организмом излучений позволяет объяснить нелинейность постлучевых эффектов при увеличении доз, гормезис, адаптивный ответ и сенсбилизацию облученного организма к стрессу, гипоксии и др. факторам, эффект свидетеля, гибель живых организмов при 10 Гр, когда поглощенная энергия приравнивается к энергии стакана горячего чая, различия в радиочувствительности органов и появление отдаленных эффектов радиации. Информационный подход к эффектам низко интенсивных излучений на организм требует введения новых понятий в радиобиологию, новых подходов к ранжированию излучений с учетом их сигнальной значимости, определяет подходы к использованию новых методов и способов защиты от сигнального воздействия низко интенсивных излучений, а также для коррекции постлучевых эффектов.

ДОЗОВЫЕ ЦЕНЫ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Григорьева Л.И., Томилин Ю.А.

Научно-методический центр экологической безопасности Черноморского государственного университета им. Петра Могилы, Николаев, Украина

На основании проведенных на территории юга Украины радиоэкологических и дозиметрических исследований выявлены региональные особенности формирования радиационной нагрузки на человека от техногенно-усиленных радиоактивных источников природного происхождения, искусственных источников, связанных с газоаэрозольными выбросами и жидкими сбросами Южно-Украинской и Запорожской АЭС, включая поступление радионуклидов в оросительную воду, а также с аварийно-чернобыльским выбросом.

Впервые установлены дозовые коэффициенты (“дозовые цены”) природных и техногенных источников ионизирующего излучения на юге Украины для основных биологически значимых радионуклидов и их смесей, что позволяет оперативно прогнозировать радиационную нагрузку на человека. Это позволило смоделировать формирование ожидаемой за 70-летний период жизни человека эффективной дозы на юге Украины от природных и техногенных источников ионизирующего облучения, а также определить ее уровни. С помощью стохастического моделирования установлены модели радиоэкологического риска единицы влияния природных и техногенных факторов облучения человека на юге Украины.

Результаты исследований позволили разработать методологию управления интегральной радиационной нагрузкой на человека от природных и техногенных радиоактивных источников с использованием контрмер для ее уменьшения в рамках принципа оптимизации.

РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА НА ЧЕЛОВЕКА НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Григорьева Л.И., Томилин Ю.А.

Научно-методический центр экологической безопасности Черноморского государственного университета им. Петра Могилы, Николаев, Украина

Широкое распространение ядерных технологий неминуемо влечет расширение круга лиц, испытывающих неблагоприятного влияния радиационных факторов. Поэтому определение и оценка дозовой нагрузки на население не только при радиационных авариях на ядерных предприятиях, но и в условиях нормальной их эксплуатации занимает ключевое место при прогнозировании рисков возникновения негативных биологических эффектов от действия ионизирующего излучения, а также способствует снятию психологической нагрузки от негативного отношения населения к атомной промышленности.

На протяжении на протяжении 1980-2005 гг. проводились исследования формирования радиационной нагрузки на человека от распространенных в регионе техногенно-усиленных радиоактивных источников природного происхождения (ТУИПП), а также в результате газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов Южно-Украинской и Запорожской АЭС (ЮУАЭС и ЗАЭС). Для этого исследовалось содержание радионуклидов в приземном слое атмосферы, атмосферных выпадениях, исследованы миграционные процессы “станционных”¹ радионуклидов в водных системах, принимающих жидкие сбросы радиоактивных веществ АЭС. Изучено формирование радиационной нагрузки на человека из-за поступления ³H в приземный слой атмосферы в результате испарения с поверхности пруда-охладителя АЭС; поступления “станционных” ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ³H в орошаемые сельскохозяйственные растения, когда для нужд орошения используется вода из поверхностных водоемов в районе АЭС; поступления ³H в подземные питьевые источники в результате фильтрации из технологических водоемов АЭС.

Определена интегральная величина радиационной нагрузки на человека, формируемая от “станционных” радионуклидов и ТУИПП. Показано, что существует различие в величинах радиационной нагрузки на человека как от источников природного, так и “станционного” происхождения. В структуре среднегодовых доз человека, проживающего вблизи ЮУ АЭС, наиболее существенный вклад (76%) в интегральную дозу от природных и техногенных источников вносит ²²²Rn. Вклад “станционной” компоненты (в режиме нормальной работы АЭС) в годовой дозе не превышает 1 %.

¹ радионуклид, который поступает во внешнюю среду в результате выбросов и сбросов АЭС

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОМУ ПАРАДОКСУ

Дмитриевский И.М.¹, Юров С.С.²

¹ Национальный исследовательский ядерный университет - Московский государственный инженерно-физический институт, Россия, dmiigor@yandex.ru

² Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Россия, sergejj-jurov0@rambler.ru

Н. В. Тимофеев-Ресовский (1981) отмечал, что радиобиологический парадокс (РБП) еще не решен (разрывы ДНК - инактивация клеток). Г. Линг (2008) теоретически обнаружил новый энергетический парадокс – генетически близкий с РБП, когда для ионного насоса требуется в 10000 раз больше энергии, чем клетка способна произвести. Линг ищет выход в отказе от ионных насосов. Но с точки зрения развиваемой реликтоэкологии в этом нет нужды, т.к. энергетический парадокс легко решается с учетом обнаруженного нами коэффициента сверх усиления высокой эффективности, равной именно 10000, при воздействии поляризованного излучения по сравнению с неполяризованным в области малых интенсивностей. Усиление возникает только от одной циркулярно поляризованной компоненты, что связывается нами с асимметрией живой природы (L-аминокислоты и D-сахара). Этот же подход решает и др. парадокс – постоянство мембранного потенциала (МП), не смотря на его, казалось бы, неизбежное уменьшение при диффузии. Теряемая энергия компенсируется резонансным поглощением реликта. Условия для резонанса в клетках имеются. Штарковское расщепление в электрическом поле МП (105 В/см) соответствует средней энергии реликтового излучения. Живые клетки регулярно подкачиваются энергией реликта - патологические клетки нуждаются в искусственной подкачке (КВЧ-терапия). Заметим, что аналогично решается 100-летний парадокс существования стационарных квантовых орбит электрона в атоме. Рассмотренный подход применим и к РБП. Воздействие радиации связано с рацемизацией, но достаточно заменить в ионном канале лишь одну аминокислоту на извращенную форму, чтобы потерять усиленное в 10000 раз действие ионного насоса. Это предположение подтверждается близостью по порядку величины числа извращенных форм аминокислот для летальной дозы ионизирующих излучений и токсической концентрации антибиотиков, содержащих извращенные формы аминокислот. Такой подход логичен. Считается, что жизнь могла возникнуть только в кирально чистой среде. Логично считать, что и смерть связана с нарушением киральной чистоты.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И БИОТЫ

Кравец А.П., Набока М.В., Мюссе Т.А.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН, Киев, Украина,

kravetsap@yahoo.com,

Научно-инженерный центр радиогидрогеоэкологических полигонных исследований НАН,
Киев, Украина; Университет Южной Каролины, Коламбия, США

Чернобыльская авария привела к возникновению разнообразных сценариев облучения человека и биоты. Из-за влияния множества факторов биологической и небиологической природы самой сложной оказалась проблема оценки последствий хронического облучения с малой мощностью дозы. Отмечено широкое разнообразие эффектов, в которых прямо или косвенно проявляются не только кумуляция повреждений, но и уже существующие защитные и приспособительные механизмы, их чувствительность и потенциал, а также, возможно, процессы самоорганизации, которые могут привести к возникновению новых защитных и адаптивных механизмов. Для оценки рисков хронического облучения чрезвычайно актуальным является получение дозовых зависимостей этих реакций, а также временная структура индуцируемых событий, их характеристические времена. Проведена классификация динамических типов ответных реакций на пролонгированное облучение и оценка характеристических времен их отдельных фаз. Выделено 5 динамических типов изменения радиочувствительности по различным показателям в условиях хронического облучения:

1. Монотонное повышение радиоустойчивости, формирование адаптации;
2. Монотонное повышение радиочувствительности, сенсбилизация и истощение организма;
3. Первоначальная сенсбилизация организма с последующим повышением радиоустойчивости;
4. Первоначальное повышение радиоустойчивости, т.е адаптация, которая переходит в истощение адаптивного потенциала организма и повышение его радиочувствительности;
5. Циклическое изменение радиочувствительности с выраженными трендами как в направлении повышения, так и в направлении снижения радиочувствительности.

Обсуждается вопрос о связи различных динамических типов изменений радиочувствительности с сложной иерархией защитных и репаративных механизмов организмов, их потенциалом и характером взаимодействий.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ЭФФЕКТОВ В МНОГОКЛЕТОЧНОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ОРГАНИЗМЕ
МЕТОДАМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ.**

Кутлахмедов Ю.А.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, Киев, Украина,
ecoetic@yandex.ru

Теоретическая радиобиология оснащена достаточным числом моделей радиационного поражения на молекулярном уровне и на уровне клеток. Остается проблема описания радиобиологических реакций и процессов на более высоких уровнях иерархии –клетки–клеточные популяции - ткани– органы-организмы и популяции организмов. Наши исследования были проведены на относительно простом растительном организме из семейства рясковых - Спиродела многокоренная. Объект интересен в том, что в зрелом растении – щитке одновременно представлены зачатки (субпопуляции клеток) до 8 генераций (количество клеток в которых составляет от одной до тысяч клеток). Таким образом в момент облучения можно исследовать эффекты:субпопуляций разного размера, реакции всей меристематической ткани, выживаемость всего организма, а также радиобиологические реакции популяций растений (т.е на 5 уровнях иерархической системы организма).

Результаты радиационного поражения после гамма-облучения в дозах от 1 до 10 Гр позволили получить характерные дозовые зависимости. Дозовые зависимости промоделированы на основе теории надежности. Анализ показал, что выживаемость субпопуляций клеток имеет выраженный пороговый характер, в отличие от типовой кривой выживаемости для одиночных клеток. Показано, что в субпопуляциях клеток реализуются до 10 форм инактивации клеток. Выживаемость всей меристемы и целого организма в эксперименте и в надежностной модели, представлена пологой ступенчатой дозовой зависимостью. Показано, что выживаемость популяции растений определяется скоростью размножения выжившей части популяции.

Установлено, что радиобиологические реакции многоуровневых иерархических систем многоклеточного организма, могут быть описаны методами и моделями надежности. Путь становления радиобиологического эффекта в иерархической системе из N-уровней, сопровождается изменением меры радиационного поражения, в соответствии с разными функциями на каждом из уровней, и как следствие изменением формы и характера дозовой зависимости выживаемости. Данные закономерности адекватно описываются методами и моделями теории надежности. Предполагается, что такой подход может быть распространен и на другие многоклеточные организмы.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РОСТА ОБЛУЧЁННЫХ КЛЕТОК В КУЛЬТУРЕ С УЧЁТОМ МЕЖКЛЕТОЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Рубина С.С.¹, Боговалова Н.С.², Эйдельман Ю.А.³, Андреев С.Г.³

¹Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, Москва, Россия;

²Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия;

³ Институт Биохимической Физики им. Н. М. Эмануэля РАН, Москва, Россия,

andreev_sg@mail.ru

Клетки мышинных эмбриональных фибробластов (СЗН10Т1/2) широко используются как экспериментальная *in vitro* модель для изучения эффектов действия ионизирующего излучения (клеточная гибель, злокачественная трансформация и т.д.). Экспериментальные данные указывают на зависимость частоты злокачественной трансформации клеток, кроме дозы и ЛПЭ, от ряда нерадиационных факторов: плотности посева клеток, фазы клеточного цикла, в которой происходило облучение, и др. Представление о злокачественной трансформации как о стохастическом двухмутационном процессе не объясняет указанные факты. Для количественного описания данных по злокачественной трансформации необходимы методы, учитывающие влияние межклеточных взаимодействий (в частности, плотности клеток) на ростовые характеристики, на соотношения числа клеток в разных фазах клеточного цикла.

В данной работе проводится теоретическое исследование закономерностей роста *in vitro* клеточной популяции. На основе метода Монте-Карло разработана биофизическая модель роста клеток в культуре, учитывающая: (1) исключенный объем (разные клетки не могут занимать одно и то же место в пространстве в данный момент времени); (2) внутри- и межклеточные взаимодействия клеток (скорости перехода клетки между фазами клеточного цикла зависят от локального окружения, т.е. от числа соседних клеток). Были рассчитаны экспериментально наблюдаемые характеристики клеточного роста (ростовая кривая, зависимость количества одиночных клеток от времени, распределение числа клеток по фазам клеточного цикла, эффективность посева) для различных плотностей посева в контроле и при различных дозах редкоизирующего излучения. Определены скорости переходов между различными состояниями клеток в зависимости от локального окружения, которые невозможно измерить непосредственно в эксперименте. Обсуждается возможная роль байстендер взаимодействий на проявление эффектов плотности посеянных клеток.

ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕЛИЧИН ДОЗ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

¹Сабол Й., ^{1,2}Росина Й., ^{1,2}Навратил Л., ²Зоелцер Ф., ²Хон З.

¹Чешский технический университет, Факультет биомедицинской инженерии, Кладно,

²Южночешский университет, Медико-социальный факультет, Чешске Будейовице,

Чешская Республика, rosina@fbmi.cvut.cz

Для измерения уровня радиационного воздействия, в частности, для оценки биологических эффектов, разработана система радиационных величин. Для оценки стохастических эффектов используются единицы радиационной безопасности, основанные на величине эквивалентной дозы, выраженной в зивертах (Зв). На сегодняшний день существует множество дозиметрических величин (эквивалентная доза, эффективная доза, ожидаемая эквивалентная доза, ожидаемая эффективная доза, амбиентный эквивалент дозы, угловой эквивалент дозы, индивидуальный эквивалент дозы), имеющих ту же единицу измерения – Зв. В то же время, все детерминированные эффекты обычно выражаются при помощи поглощенной дозы в греях (Гр).

В докладе обсуждаются проблемы и трудности современной концепции величин и единиц радиационной безопасности, которыми пользуются в разных областях физики, биофизики, радиобиологии и медицины. Одна из них – большое количество различных величин с довольно сложным определением, но одинаковой единицей измерения (Зв), что может вызвать проблемы у специалистов. При высоких уровнях радиационного воздействия регистрируются и стохастические и детерминированные эффекты, что затрудняет их оценку в каких-либо одних единицах (Зв или Гр). В ряде случаев производители дозиметров утверждают, что их приборы могут измерять амбиентный эквивалент дозы до уровня 10 Зв, но это является бессмысленным, так как при таких высоких дозах доминируют детерминированные эффекты. Иногда величины, основанные на эквиваленте дозы, используют для оценки детерминированных эффектов, например, предел дозы для хрусталика глаза выражен в единицах Зв. Существует много недоразумений между коэффициентом качества, радиационным взвешивающим фактором и относительной биологической эффективностью. Нет единой величины для суммарной оценки детерминированных эффектов, где бы учитывались все параметры и условия облучения (нет эквивалента эффективной дозы).

Работа проведена при поддержке гранта Министерства образования, молодежи и физической культуры Чешской Республики № NVP II 2B08001.

РЕПАРАЦИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ДВОЙНЫХ РАЗРЫВОВ ДНК: ДАННЫЕ PFGE И МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сальников И. В., Эйдельман Ю. А., Андреев С. Г.

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия,

andreev_sg@mail.ru

Репарация двойных разрывов (ДР) ДНК является механизмом поддержания стабильности генома. Один из основных методов количественного изучения репарации ДР основан на гель-электрофорезе в переменном поле (PFGE) фрагментов ДНК и последующем измерении распределений их длин в различные моменты после облучения клеток. Данные PFGE как для редко-, так и плотноионизирующего излучения, полученные для клеток млекопитающих, облученных в G0, свидетельствуют о наличии быстрой и медленной фаз репарации ДР. С целью выяснения природы наблюдаемой двухстадийной кинетики репарации ДР были исследованы следующие механизмы. Медленная фаза репарации обусловлена (*) кластерами ДР, т.е. множественными разрывами, образованными в хроматине одним треком заряженной частицы; (**) сложностью ДР на молекулярном уровне, вызванной образованием множественных локально поврежденных сайтов ДНК; (***) различной скоростью репарации ДР в транскрипционно-активном и неактивном хроматине.

Разработан метод многоуровневого моделирования индукции и репарации ДР ДНК в клетке. Он учитывает структуру ДНК и хроматина на различных уровнях организации: от отдельных нуклеотидов, нуклеосом, петель хроматина до целых хромосом в ядре, а также физические параметры излучения, структуру трека заряженной частицы. Метод позволяет предсказывать пространственные распределения ДР в ядре, распределения длин фрагментов ДНК в различные моменты времени после облучения, учитывает особенности и конечное разрешение метода PFGE. Данный подход был применен для оценки вклада различных механизмов в форму распределения длин фрагментов, наблюдаемых методом PFGE, под действием радиации в диапазоне ЛПЭ от 0.3 до 100 кэВ/мкм. Показано, что все перечисленные механизмы дают различные вклады в наблюдаемую двухстадийную кинетику репарации ДР. На этой основе сделаны предсказания кинетики репарации ДР в клетках, мутантных по механизму негомологичного воссоединения концов ДНК.

ВКЛАД МОЩНОСТИ ДОЗЫ В ГИБЕЛЬ ОВЕЦ ПРИ ВНЕШНЕМ γ -ОБЛУЧЕНИИ

Саруханов В.Я., Исамов Н.Н., Епимахов В.Г., Колганов И.М

ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск

Проведен анализ результатов экспериментальных данных гибели овец при различных мощностях доз внешнего γ - облучения. Определены параметры логистической зависимости гибели животных от дозы и мощности облучения формула которой имеет следующий вид от поглощенной дозы D и мощности дозы P :

$$L_{60} = 100 / \left[1 + \exp \{ 4.594 * (P)^{-0.031} - 1.330 * (P)^{0.118} * D \} \right] \quad (1)$$

Эта формула может быть использована для расчета дозы ($LD_{\% / 60}$), вызывающей определенный процент гибели овец (L) при данной мощности:

$$LD_{\% / 60} = 3.454 * P^{-0.149} - 0.752 * P^{-0.118} * \ln \left[\frac{100}{L} - 1 \right] \quad (2)$$

Для $LD_{50/60}$ формула имеет следующий вид:

$$LD_{50/60} = 3.454 * P^{-0.149} \quad (3)$$

Для оценки адекватности полученной зависимости были использованы независимые экспериментальные данные по $LD_{50/60}$, овец (диапазон мощностей доз от 0.02 до 6.6 Гр/час), которые сравнивали со значениями рассчитанными по полученной зависимости при помощи "коэффициента несовпадения" Тейла. Вычисленное значение "коэффициента несовпадения" Тейла $S=0.061$ показывает, что предложенная формула достаточно адекватно описывает гибель облученных овец.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО
КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ГИПЕРТЕРМИИ С ИОНИЗИРУЮЩИМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ ИЛИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СВЕТОМ**

Семкина М.А.

Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск, Россия,

maria.semkina@mail.ru

Ранее была предложена математическая модель синергизма, предсказывающая условие достижения максимального синергизма, его величину и зависимость синергизма от интенсивности одновременно применяемых агентов (Петин В.Г., Комаров В.П., 1989; Petin et al., 2009). Однако на практике очень часто применяется последовательное действие агентов. Поэтому в данной работе описаны закономерности проявления эффектов после последовательного действия гипертермии с ионизирующим излучением или УФ светом на диплоидные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae*. Экспериментально продемонстрировано, что фактор изменения дозы (ФИД), характеризующий величину синергизма при последовательном применении агентов, вначале линейно возрастает с увеличением термической нагрузки, а затем достигает плато. Показано, что наиболее эффективным (ФИД=3) было применение протрагированного действия гипертермии (50°С) и последующего облучения ионизирующим излучением (2 или 80 Гр/мин). В случае использования более высокой температуры (58°С) эффективность синергического взаимодействия независимо от мощности дозы значительно уменьшалась (ФИД=1,5–2,0). Более того, в этом случае при небольших термических нагрузках отмечалось антагонистическое взаимодействие ионизирующего излучения и гипертермии. Этот антагонизм был еще в большей степени выражен при комбинированном действии высокой интенсивности УФ света (10 Вт/м²) и повышенной температуры (58°С). Полученные данные по синергическому взаимодействию интерпретированы с помощью математической модели, в которой эффект последовательного применения гипертермии и ионизирующего излучения обусловлен формированием дополнительных эффективных повреждений за счет взаимодействия неэффективных субповреждений, образованных каждым агентом. Качественно описанные результаты согласуются с данными, опубликованными другими авторами для клеток млекопитающих. Поэтому предложенная математическая модель синергизма может использоваться для оптимизации последовательных комбинированных воздействий в медицинской радиологии.

КАКОЙ БЫЛА БЫ РАДИОБИОЛОГИЯ, ЕСЛИ БЫ НЕ МИКРОДОЗИМЕТРИЯ

Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»

Москва, Россия, svalexsmirnova@yandex.ru

Ранее разработан физико-химический способ моделирования отдаленных последствий действия повреждающего фактора на клетку. В предлагаемой работе представлены результаты моделирования радиационного воздействия. Для оценки значимости радиационных эффектов и выявления их причин в модели разделены прямое и косвенное действия радиации. Главным критерием появления отдаленных последствий названа вероятность возникновения у выжившей клетки неотрепарированных повреждений генома. Показаны зависимости вероятности этого события от продолжительности облучения, мощности дозы прямого и/или косвенного действия облучения, температуры и пр.

Разнообразие теоретически полученных результатов моделирования существенно превышает то, которое получено экспериментально в течение прошлого века. Так, в радиобиологии практически отсутствуют результаты радиационного влияния на клетку в зависимости от размера ее генома, температуры среды и пр. Несмотря на обилие данных по сочетанному действию радиации и др. факторов экспериментирование носит хаотичный характер и не позволяет выявлять закономерности даже на уровне тенденций. Кроме того в литературе практически отсутствуют доводы, обуславливающие возможность применения результатов экспериментального моделирования на животных к людям.

Ответственность за описанные выше пробелы прогнозирования и объяснения отдаленных последствий радиационного воздействия на клетку должна нести доминирующая в течение более полувека микродозиметрическая методология. Она заведомо ограничивает спектр экспериментов по действию радиации на живые организмы, т.к. экспериментатор сталкивается с проблемой объяснения полученных результатов от факторов, непредусмотренных методологией. На современном этапе микродозиметрия тормозит развитие радиобиологии.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ РЕПАРАЦИИ И АПОПТОЗА ЗА ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»

Москва, Россия, svalexsmirnova@yandex.ru

Ранее разработан физико-химический способ теоретического моделирования отдаленных последствий действия повреждающего фактора на клетку. В предлагаемой работе обсуждаются результаты моделирования отдаленных последствий от повреждающего воздействия, в т.ч. радиационного, малой интенсивности (мощности). Обнаружено, что репарация и апоптоз эффективны в разные периоды времени. Период времени, когда репарация и апоптоз одновременно эффективны, непродолжителен. В физиологических условиях и при повреждении малой интенсивности репарация и апоптоз не дублируют друг друга, а сменяют.

В появлении эффектов малых доз главная роль принадлежит репарации. Значение апоптоза при этом мизерно. Однако роль апоптоза чрезвычайно велика: он отвечает за существование специализированных клеток.

Показаны различия в ходе репарации и апоптоза при химическом и радиационном низкоинтенсивном поражении клетки. Сравниваются результаты моделирования у нее отдаленных последствий. Представлен прогноз их зависимости от температуры из физиологического интервала и возраста донора клеток.

**СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ
НА КЛЕТКУ: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ОТДАЛЕННЫХ ЭФФЕКТОВ**

Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»

Москва, Россия, svalexsmirnova@yandex.ru

Ранее разработан физико-химический способ теоретического моделирования отдаленных последствий действия повреждающего фактора на клетку. В предлагаемой работе предложена адаптация модели для прогнозирования отдаленных последствий у клетки от сочетанного воздействия повреждающих факторов химической, радиационной и тепловой природы.

Обсуждаются полученные результаты моделирования работы системы поддержания генетической стабильности клетки в условиях сочетанного воздействия факторов разной природы. Сравниваются вклады каждого фактора в конечный эффект и показано, чем они обусловлены.

Показаны отличия результатов моделирования для молодых и пожилых доноров клеток.

**МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ХРОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ**

Эйдельман Ю.А., Андреев С.Г.

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия. eidel@mail.ru

Для понимания механизмов действия ионизирующей радиации на биологические объекты требуется интегральный подход, включающий как реальные, так и компьютерные эксперименты по исследованию отклика системы на облучение. Необходимым этапом является исследование в компьютерном эксперименте различных гипотез о механизмах с одновременным воспроизведением условий реального эксперимента.

В данной работе проведено многоуровневое моделирование структурной организации генома человека и действия на него ионизирующей радиации. Учтены различные уровни организации ДНК (от нуклеотидов до хромосом), неслучайное расположение хромосом в ядре, динамика хромосомных локусов, структура трека заряженных частиц, индукция и репарация двунитевых разрывов ДНК, ошибочное воссоединение разрывов, приводящее к образованию хромосомных aberrаций (ХА), а также характерные особенности экспериментальных методов (в частности, конечное разрешение метода FISH).

Получена детальная информация о структуре всех 46 интерфазных хромосом, в том числе распределение числа контактов хромосомных локусов по длине хромосомы, зависимость числа контактов от геномного расстояния между локусами. Результаты расчетов по хромосомным контактам сопоставлены с экспериментальными данными, полученными с помощью нового метода Hi-C. На основе информации о структуре интерфазных хромосом предсказаны типы и частоты простых и комплексных ХА, индуцированных гамма-излучением. Рассчитанные частоты простых межхромосомных обменов согласуются с экспериментальными данными, полученными на лимфоцитах человека методом mFISH в первом митозе. Частоты комплексных ХА меньше экспериментальных в широком диапазоне доз, несмотря на большое число контактов хромосом в ядре. Обсуждаются возможные механизмы образования комплексных ХА.

**СЕКЦИЯ XIII. РАДИОБИОЛОГИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ
ИЗЛУЧЕНИЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ.
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ.**

**О БИОЛОГИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО
ПОЛЯ КРАЙНЕ НИЗКИХ ЧАСТОТ**

Алекперов С.И., Журавлев В.А., Родионов Г.Г., Старченко Д.А., Федорова М.А.

Государственный научно-исследовательский испытательный институт
военной медицины Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

В связи с использованием на производстве источников электромагнитных излучений крайне низких частот проведено исследование «острого» воздействия переменного магнитного поля (ПемП) с частотами 4, 8 и 20 Гц на белых крыс массой 180-220 г. Воздействие проводили в установке типа «кольца Гельмгольца» по 2 ч пятикратно.

При воздействии ПемП в сыворотке крови у экспериментальных животных наблюдалось усиление интенсивности свободнорадикального окисления до 40 % и активности антиоксидантной системы в 2-2,5 раза, а также повышение активности щелочной фосфатазы до 70 %, аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы до 30 %. У животных подопытных групп было выявлено увеличение значений показателей избытка оснований, таких как бикарбоната, двуокиси углерода и стандартного бикарбоната, что указывает на развитие у них компенсированного дыхательного алкалоза. Было обнаружено и достоверное увеличение значения показателей концентрации кальция и стандартизированного ионизированного кальция (до 7 %) - наиболее универсального и физиологически значимого сигнального катиона (вторичного мессенджера), способного оказывать влияние практически на все функции любой клетки организма. При этом воздействие некоторых режимов ПемП (частота 4 Гц и напряженность поля 10 и 20 кА/м, частота 20 Гц и напряженность поля 3,5 и 7 кА/м) приводят к снижению процессов метаболизма в нервных клетках гипоталамуса, на что указывает уменьшение интенсивности процессов свободнорадикального окисления и резервных возможностей антиоксидантной системы до 30 % этого отдела головного мозга. Отмечалось незначительное снижение количества эритроцитов, лейкоцитов за счет лимфоцитов, а также тромбоцитов, выраженность снижения которых зависела от напряженности воздействующего ПемП. Таким образом, при «остром» воздействии ПемП у экспериментальных животных формируется реакция умеренного стресса, в результате которой в организме животных усиливаются процессы клеточного метаболизма органов и тканей. Выявленный эффект воздействия ПемП на метаболизм нейронов гипоталамуса как центра нейронально-гуморальной регуляции, а также на уровень ионов кальция может привести в последующем к дисфункции органов и тканей организма.

ПЕРЕХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ЭФФЕКТЫ НА ЗДОРОВЬЕ

Ахонен М.П.¹, Мухин Р.В.², Трушин М.В.²

Университет Тампере, Тампере, Финляндия

Казанский государственный университет, Казань, Россия

Известно, что магнитные поля с частотой 50 Гц не оказывают вредного влияния на здоровье, за исключением случая детской лейкемии. Недавно было показано, что электрические поля и переходное напряжение могут быть активными повреждающими факторами в отношении здоровья. Цель данной работы заключается в определении влияния переходного напряжения на здоровье людей и в выяснении возможных последствий элиминации данного фактора.

Переходное напряжение можно определить как напряжение и токи короткой продолжительности, обычно менее половины цикла и возможно большей амплитуды, чем нормальное устойчивое состояние. В недавно опубликованной обзорной статье отмечается, что переходное напряжение, также называемое «грязным электричеством» может явиться реальным метрическим показателем, отражающим влияние сверхвысоких частот и радиочастот на здоровье.

Согласно ряду данных, электрический ток с частотой 100 кГц проникает глубже в плазматические мембраны, чем ток с частотой 50/60 Гц. Показано, что переменные электрические и магнитные поля индуцируют большую токовую плотность в теле, чем постоянные поля той же напряженности; при частоте 50 Гц электромагнитное поле (56 В/м) индуцирует тканевой градиент в 10^{-7} В/см, тогда как при тех же параметрах, но при частоте 147 МГц данный показатель увеличивается до 10^{-1} В/см. Однако снижение интенсивности переходного напряжения («грязного электричества») может оказывать положительные эффекты.

Школьные помещения могут иметь повышенную интенсивность «грязного электричества». Мы планируем исследовать влияние на здоровье школьников. Готовится совместный проект с МГУ.

Показано, что энергосберегающие лампы могут способствовать повышению «грязного электричества». На модели томатов показано, что свет от энергосберегающих ламп оказывает рост-ингибирующий эффект.

**МИКРОВОЛНЫ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ ИНГИБИРУЮТ ФОРМИРОВАНИЕ
ДНК РЕПАРАЦИОННЫХ ФОКУСОВ В СТВОЛОВЫХ КЛЕТКАХ ЧЕЛОВЕКА:
ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ РИСКА РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Беляев И.Я.^{1,2,3}, Мальмгрен Л. О.⁴, Маркова Е. К.^{1,2}

¹ Институт экспериментальной онкологии, Братислава, Словакия

² Стокгольмский университет, Стокгольм, Швеция

³ Институт общей физики РАН, Москва, Россия

⁴ Лундский университет, Лунд, Швеция

Принято считать, что двунитевые разрывы (ДР) ДНК и их неправильная репарация в стволовых клетках имеют решающее значение в многоступенчатом процессе развития различных раковых заболеваний, в том числе лейкемии и глиомы. Мы изучали способность микроволн (МВ) мобильных/сотовых телефонов GSM и UMTS индуцировать ДР или повлиять на репарацию ДР в стволовых клетках. Репарационные фокусы 53BP1/γH2AX, которые обычно формируется в местах локализации ДР, были проанализированы лазерной конфокальной микроскопией. Мы обнаружили, что МВ мобильных телефонов препятствует образованию 53BP1/γH2AX фокусов в первичных фибробластах и лимфоцитах человека, а также в мезенхимальных стволовых клетках. Важно отметить, что несущие частоты GSM (915 МГц) и UMTS диапазона (1947,4 МГц) являлись эффективными для всех типов клеток. Статистический анализ показал, что эффект GSM воздействия был менее выражен, чем воздействие UMTS. Воздействие на 905 МГц не влияло на формирование ДНК репарационных фокусов в дифференцированных клетках, фибробластах и лимфоцитах, в то время как эффект 905 МГц наблюдали в стволовых клетках. В отличие от фибробластов, стволовые клетки, не адаптировались к хроническому воздействию МВ в течение двух недель. В стволовых клетках всегда наблюдались более сильные эффекты МВ чем в фибробластах и лимфоцитах, что свидетельствует о существенном дисбалансе в репарации ДНК и выраженной стрессовой реакции. Тот факт, что стволовые клетки более чувствительны к воздействию МВ, чем дифференцированные клетки, указывает на возможный механизм увеличения риска возникновения опухолей, связанных с воздействием МВ мобильных телефонов. По всей видимости, стволовые клетки являются наиболее оптимальной клеточной моделью для выявления сигналов безопасной мобильной связи.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Большаков М.А.^{1,3}, Жаркова Л.П.^{1,3}, Князева И.Р.^{2,3}, Ростов В.В.³

¹Томский государственный университет, Томск, Россия, mbol@ngs.ru

²Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

³Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия

Некоторые современные источники микроволнового излучения генерируют импульсы наносекундной длительности. В режиме импульсно-периодической генерации такое излучение, несмотря на высокую пиковую плотность потока мощности (пППМ), имеет относительно низкий средний уровень интенсивности, не превышающий гигиенических нормативов безопасного воздействия микроволн. К настоящему времени известно, что импульсно-периодическое микроволновое излучение (ИПМИ) оказывает выраженное биологическое действие, оцененное по различным показателям на разных объектах. Однако уровень знаний касающихся общего характера и особенностей реагирования живых систем на воздействие ИПМИ недостаточен. Целью настоящей работы было исследование биологического действия наносекундного ИПМИ в зависимости от частоты повторения импульсов и пППМ.

Эксперименты выполнены на мышах при соблюдении всех этических норм и правил обращения с лабораторными животными. Тест-объекты однократно облучались 4000 импульсов в режиме повторения 4 – 25 имп./с. Источником ИПМИ служил лабораторный генератор на основе магнетрона МИ-505 (10 ГГц, длительность импульсов 100 нс, пППМ 100 – 1500 Вт/см²). Облучение тестовых объектов ИПМИ сопровождалось изменением содержания АФК, уровня окислительной модификации биополимеров, дыхания митохондрий, динамики репаративной регенерации, импеданса гепатоцитов, компонентов крови и митохондрий. Наблюдавшиеся эффекты зависели от частоты повторения импульсов и от интенсивности. Помимо закономерностей влияния ИПМИ исследовалось также биологическое действие импульсно-периодического рентгеновского излучения (ИПРИ) в дозах не более 0,1 Гр. Сопоставление эффектов ИПМИ и ИПРИ показало наличие общих закономерностей их влияния, что указывает на возможность существования общего клеточного механизма реагирования. Полученные результаты могут быть принципиально важными применительно к задачам эколого-гигиенического нормирования наносекундных ИПМИ и ИПРИ, возможности их использования в медицине, биотехнологии и других сферах деятельности.

Работа поддержана проектом АВЦП № 2.1.1/2777 и грантом РФФИ 09-02-99014-р_офи

О ВЛИЯНИИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ДНК

Бугай А.Н., Пархоменко А.Ю.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, bugay@jinr.ru

Разработки, основанные на использовании излучения терагерцовых частот, привлекательны для различных областей науки и техники [1]. В связи с этим возникает проблема изучения безопасности воздействия терагерцового излучения на живые организмы и выявления механизмов такого воздействия.

Терагерцовое излучение является неионизирующим. Однако благодаря наличию в данном диапазоне большинства вращательных спектров молекул, колебаний биологически важных коллективных мод ДНК и белков возможно ожидать проявления резонансных эффектов взаимодействия.

Как свидетельствует недавняя теоретическая работа [2], при воздействии периодической силы терагерцовой частоты в ДНК могут возникнуть локальные разрывы связей между основаниями, что ведет к нарушению работы генетического аппарата.

В настоящей работе рассмотрена модель взаимодействия мощного импульсного широкополосного терагерцового излучения с ДНК. Согласно механизму, предложенному в работе [3], были рассчитаны силы, определяющие взаимодействие электромагнитного поля с ДНК. Показано, что широкий спектр импульса может одновременно возбуждать сразу несколько коллективных мод ДНК. Последние рассчитывались на основе гамильтониана [4]. Исследован эффект возникновения локализованных бризерных состояний и спонтанных разрывов связей между основаниями при воздействии терагерцового излучения. Приведена оценка параметров облучения, приводящего к генотоксическим эффектам.

5. Ferguson B., Zhang X.-C. // *Nature Materials* 2002, V.1, P.26.
6. Alexandrov B.S., Gelev V., Bishop A.R., Usheva A., Rasmussen K.O. // *Physics Letters A* 2010, V.374, P.1214–1217.
7. Zhang C.T. // *Phys. Rev. A*, 1989, V.40, No.4, P.2148–2153.
8. Golo V.L. // *ЖЭТФ*, 2005, Т.128, №2 (8), С.428–435.

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ
ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ**

Булдаков М.А.^{1,3}, Литвяков Н.В.^{1,3}, Афанасьев К.В.², Куменов О.П.²,

Большаков М.А.^{2,3}, Чердынцева Н.В.¹, Ростов В.В.²

¹ Научно-исследовательский институт онкологии Сибирского отделения РАМН, Томск, Россия, info@oncology.tomsk.ru

² Институт сильноточной электроники Сибирского отделения РАН, Томск, Россия

³ ГОУ ВПО Томский государственный университет, Томск, Россия

Биологическое действие импульсно-периодических источников электромагнитного излучения существенно отличается от биологических эффектов стационарных излучателей (BoI'shakov et al., 2004). Причем эффективность ИП ЭМИ обеспечивалась при очень маленьких интенсивностях воздействия. Учитывая полученные нами данные о том, что импульсно-периодическое рентгеновское излучение в диапазоне доз от 0,2 до 200 мГр оказывается в несколько раз эффективнее по сравнению со стационарным, представлялось необходимым изучить влияние на опухолевые клетки импульсно-периодического электромагнитного излучения.

В качестве источника импульсно-периодического СВЧ-излучения (ИПМИ) использовался разработанный Институте сильноточной электроники СО РАН импульсный магнетронный генератор «МИ-505» (длительность импульса 730 нс, напряженность электрического поля $1,6-2,0 \times 10^3$ В/см, плотность потока мощности 3,5-5,7 кВт/см², длина волны 3 см). В качестве опухолевых клеток использовался асцитный вариант карциномы Эрлиха.

ИПМИ приводит к торможению роста опухолевых клеток карциномы Эрлиха, причем эффект зависит от частоты повторения импульсов. Наиболее выраженный эффект наблюдался на частотах повторения импульсов 10 (12062±603), 13 (30083±1504), 16 (24962±2725), 19 (14393±2812) и 22 Гц (17651±2546) по сравнению с группой контроля (52649±3564). При этом происходила активация каспазы-3 на 60% по сравнению с группой контроля уже через 2 часа после. В то же время, не было обнаружено статистически значимых изменений пролиферативной активности клеток селезенки здоровых мышей после воздействия ИПМИ по сравнению с группой контроля ни на одной из исследуемых частот повторения импульсов.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКРАНОВ ИЗ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СО И FE НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ ПОСТОЯННЫХ И ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.

*Бутусова Т.Ю., Галяткина Л.В., Фармаковский Б. В., Кузнецов П. А.,
Васильева О.В., Сурма С. В., Щеголев Б. Ф.*

ФГУП центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Санкт-Петербург, Россия, crism-prometey@mail.ru

Для обеспечения эффективности защиты биологических объектов от негативного воздействия электромагнитных полей необходимо создание экранов на основе материалов с высокими магнитными характеристиками. В данной работе изучено влияние различных видов термической обработки на магнитные характеристики и структуру аморфных магнитомягких сплавов на основе железа и кобальта АМАГ 172, АМАГ 200, 82К3КСР и 84КХСР. На основании установленных зависимостей определены оптимальные режимы термической обработки сплавов АМАГ200, АМАГ172, 82К3ХСР, 84КХСР. При обработке на этих режимах магнитная проницаемость сплавов возрастает в 3-13 раз. Рассмотрены различные конструктивные особенности экранов из нанокристаллических сплавов, термообработанных на выбранных режимах, от воздействия слабых низкочастотных магнитных полей на биологические объекты. Для снижения остаточной намагниченности выбрано два способа получения электропроводящего медного слоя на поверхности магнитного экрана. Остаточная намагниченность таких композитов меньше в 1,3 – 1,5 раза. Показано, что коэффициент экранирования повышается за счет термообработки экрана, за счет увеличения количества слоев экрана, а также за счет увеличения количества полимерных прослоек между слоями экрана.

Применение сплава на железной основе в сочетании с кобальтовыми аналогами при изготовлении магнитных экранов позволяет расширить частотный диапазон их использования, а также снизить стоимость в 1,5 – 2 раза. В качестве модели для изучения влияния гипогеомагнитных условий на биологические объекты были выбраны два типа клеток – нормальные VN-10 и полученные от больной атаксией-телеангиктазией AT8SP (наследственное заболевание, характеризующееся иммунодефицитом, нейродегенеративными изменениями, высокой предрасположенностью к опухолевым заболеваниям и ускоренным старением). Показано, что создание гипомагнитного поля с помощью различных магнитных экранов дает возможность исследования путей защиты организма и борьбы с различными заболеваниями.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА НА АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Васильева Т.И., Добрикова Е.А.

ГОУ ВПО «Самарский государственный университет», Самара, Россия

vastaty@rambler.ru

Проблема влияния на организм человека электромагнитного поля сотового телефона наиболее актуальна в настоящее время. Как показали многочисленные исследования, наиболее чувствительными к электромагнитным излучениям являются нервная, эндокринная и сердечно-сосудистые системы организма. Изменение содержания таких гормонов как кортикостероиды и гистамин играет важную роль в процессах адаптации. В качестве объекта исследования была взята ротовая жидкость, так как её сбор для диагностических целей не требует специальных условий и является удобным методом.

В ходе эксперимента было обследовано 24 студента Самарского государственного университета 20-21-летнего возраста. Были выделены следующие группы: студенты, дозвонившись до оператора справочной службы Мегафон и дожидаясь его ответа, прослушивали спокойную музыку; студенты прослушивали в сотовом телефоне спокойную музыку; студенты прослушивали спокойную музыку через mp3-плеер.

В начале эксперимента испытуемые заполняли корректурную таблицу с кольцами Ландольта, измеряли частоту пульса и артериальное давление, собирали ротовую жидкость для определения содержания 11-оксикортикостероидов и гистамина. Через 5 и 10 минут разговора по сотовому телефону выполняли те же действия.

При воздействии электромагнитного поля сотового телефона через 5 минут происходило достоверное повышение концентрации 11-оксикостероидов на 22% и гистамина на 30% в ротовой жидкости студентов первой опытной группы. В последующие 5 минут концентрация 11-оксикортикостероидов ротовой жидкости снизилась, концентрация гистамина осталась на повышенном уровне. Содержание в ротовой жидкости исследуемых гормонов у студентов второй опытной и контрольной групп не изменялось. Достоверных изменений артериального давления во всех группах не было обнаружено. После пятиминутного воздействия электромагнитного излучения сотового телефона показатель внимания студентов первой опытной группы достоверно снизился на 32%. Показатель внимания второй опытной и контрольной групп оставался неизменным.

**РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА НЕПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС-САМЦОВ
НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ (50 ГЦ)**

Верещакo Г.Г., Горох Г.А., Петренев Д.Р., Гунькова Н.В., Якушев Д.Л.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, irb@mail.gomel.by

Международное агентство раковых исследований (IARC) классифицировало электромагнитные поля как потенциально канцерогенные. Решение было принято на основании анализа данных эпидемиологических исследований, которые выявили увеличение рисков возникновения лейкоemий у детей, подвергавшихся длительное время воздействию электромагнитных полей (ЭМП) 50Гц при мощности более 0,4мкТл. При этом вопросы понимания механизмов этих эффектов ЭМП далеки от разрешения.

Среди предполагаемых предпосылок возникновения неоплазий наиболее значимыми являются нейроиммунноэндокринные реакции, сопровождающиеся повышенной клеточной гибелью, гормональным дисбалансом, провоспалительным профилем цитокинов и изменениями в окислительном метаболизме клеток. В связи с этим, изучали показатели системы крови, уровень гормонов в сыворотке крови и функциональную активность перитонеальных макрофагов крыс-самцов (исходный возраст 2 мес.) на 1, 3, 7, 14, 21 и 28 сутки после 14-ти дневного (ежедневно в 2 интервала по 4 часа с перерывом 1 час) воздействия ЭМП промышленной частоты (50 Гц, 31 в, 10 А, 0,4 мТл).

Установлено, что воздействие ЭМП оказывало в основном умеренное влияние на количественные показатели лейкоцитарной системы крови крыс-самцов на протяжении всего периода исследований. Так, после отмены действия ЭМП наблюдалось снижение числа, как лейкоцитов, так и лимфоцитов на 10-15%, а число гранулоцитов не отличалось от контроля. К концу месяца выявлялось повышение количества клеток лейкоцитарного ряда. На 1 и 3 сут отмечалось повышение числа апоптотических лимфоцитов (на 33%). Уровень тиреоидных гормонов в сыворотке крови животных после облучения имел относительно устойчивый характер, а для концентрации кортикостерона и тестостерона были характерны значительные колебания. При оценке воздействия ЭМП на показатели окислительного метаболизма перитонеальных макрофагов отмечали усиление на 15-30% базальной продукции активных форм азота (АФА) и кислорода (АФК) на 1 и 3 сутки после облучения, сопровождающееся сниженным функциональным ответом на стимуляцию форболовым эфиром и эндотоксином. В более отдаленные сроки продукция свободных радикалов подавлялась и усиливалась реактивность клеток – соответственно увеличивались коэффициенты стимуляции продукции АФК и АФА.

**РЕАКЦИЯ ХРОМАТИНА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ МЫШИ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ НА ФОНЕ
ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Ганеев А.Б., Романова Н.А.

Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Россия; gapeyev@icb.psn.ru

В последние годы показано, что электромагнитное излучение крайне высоких частот (ЭМИ КВЧ) способно влиять на генетический аппарат клеток, изменять структуру и функции хромосом, клеточную устойчивость к стандартным мутагенам и повреждающим воздействиям. Цель работы заключалась в исследовании реакции хроматина лейкоцитов периферической крови мышей на ЭМИ КВЧ в динамике на фоне развивающегося воспалительного процесса, индуцируемого внутрибрюшинной инъекцией зимозана. Мышей облучали ЭМИ КВЧ (42.2 ГГц, 100 мкВт/см², экспозиция 20 мин) в дальней зоне пирамидальной рупорной антенны через 1 ч после индукции воспаления. Анализ повреждений ДНК и изменений структуры хроматина в клетках проводили с помощью экспресс метода молекулярной эпидемиологии "комета-теста".

Обнаружено, что через 1 ч после индукции системного воспалительного процесса происходит значительный рост уровня повреждений ДНК в лейкоцитах крови животных. В ходе дальнейшего развития воспаления уровень повреждений ДНК увеличивался и носил характер апоптотических изменений, что отчетливо проявлялось в усилении фрагментации хроматина на изображениях "комет". Таким образом, развитие системной воспалительной реакции приводит к существенным повреждениям ДНК в лейкоцитах крови животных. Однократное облучение животных низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ снижало уровень повреждений ДНК в лейкоцитах крови мышей в среднем на 20-25% ($p < 0.05$) по сравнению с уровнем у необлученных животных при оценке через 1.5, 2 и 3 ч после индукции воспаления. При оценке через сутки наблюдалось снижение степени повреждения ДНК в лейкоцитах крови контрольных и облученных мышей, но у облученных животных средний уровень процентного содержания ДНК в "хвосте комет" оставался ниже. Полученные результаты показывают, что обнаруженный генопротекторный эффект ЭМИ КВЧ может лежать в основе механизмов противовоспалительного действия излучения.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-04-90023-Бел_а).

**МОЩНОСТЬ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ КАК ОСНОВНАЯ ВЕЛИЧИНА
В ДОЗИМЕТРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ УВЧ ДИАПАЗОНА
В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ**

Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Москва, Россия; o.grigoriev@mtu-net.ru

Распространение средств персональной беспроводной коммуникации, в т.ч. сотовых радиотелефонов, привело к изменению характера экспозиции населения электромагнитным полем (ЭМП) УВЧ диапазона (300–3000 МГц): воздействие осуществляется в ближней зоне антенны, а не дальней зоне, как это было ранее. В связи с этим возникла задача разработки методов адекватной дозиметрии ЭМП в ближней зоне антенны для использования в радиобиологических исследованиях и в целях санитарно-эпидемиологического нормирования.

Для адекватной оценки воздействующего в ближней зоне ЭМП предложено и обосновано использование понятия "Мощность поглощенной дозы неионизирующего излучения" (МПД) – отношение приращения поглощенной дозы за интервал времени (отношения средней энергии, переданной ЭМП веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме) к этому интервалу. Данная величина имеет прямой аналог в дозиметрии ионизирующих излучений. Использование понятия и величины МПД позволят провести аналогию с употребляемым в ряде зарубежных документов термином Specific Energy Absorption Rate (сокр. - SAR), поскольку имеет сходный физический смысл. Единица измерения МПД – ватт на килограмм (Вт/кг). При определении МПД, особенно расчетными методами, учитываются практически все электродинамические характеристики системы "источник ЭМП – биообъект".

Разработан стенд для проведения экспериментальных исследований биологических эффектов и методика дозиметрической оценки по величине МПД воздействия ЭМП УВЧ диапазона в ближней зоне, а также методические рекомендации по использованию данного стенда.

ПРОТОКОЛ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭМП МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Григорьев О.А., Лукьянова С.Н., Торубаров Ф.С., Баранник И.А.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Москва, Россия; o.grigoriev@mtu-net.ru

Разработан протокол для объективного установления связи между состоянием здоровья человека и воздействием электромагнитного поля. Протокол учитывает условия облучения ЭМП, индивидуальную чувствительность человека, результаты клинического обследования, включая результаты неврологического обследования. Заключение выносится на основе комплекса данных. Результаты обследования в соответствии с протоколом позволяют различать три группы пациентов: 1) людей, имеющих изменения в состоянии здоровья после воздействия ЭМП, 2) людей, обладающих индивидуальной высокой чувствительностью к ЭМП, 3) людей с невротами, спровоцированными контактами с источниками ЭМП.

При разработке были использованы следующие основные постулаты:

- область применения протокола - пациенты, связывающие жалобы на состояние здоровья с воздействием ЭМП, создаваемого источниками мобильной связи;
- нет специфического заболевания, вызываемого ЭМП нетепловой интенсивности, однако есть комплексы симптомов и классифицированы клинические проявления, которые могут ожидать при хроническом облучении ЭМП;
- протокол может быть реализован только при наличии данных о состоянии условий облучения в момент возникновения жалоб и условий, предшествующих возникновению изменений в состоянии здоровья;
- индивидуальная радиочувствительность должна быть учтена при изучении состояния здоровья и отделена от психо-соматических проявлений;
- у пациентов с высокой индивидуальной радиочувствительностью и находящихся в условиях облучения ЭМП, характерных для основного населения, вероятны изменения в состоянии здоровья, ожидаемые для людей с нормальной радиочувствительностью в условиях профессионального облучения ЭМП.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Денисова Т.В., Колесников С.И., Капралова О.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, denisova777@inbox.ru

Биологическая активность почвы является важным фактором ее плодородия и чувствительным экологическим и агрономическим индикатором антропогенного воздействия на нее.

Целью исследования была оценка применимости показателей биологической активности в биоиндикации воздействия СВЧ-излучения на почву.

Объектами исследования были почвы Юга России: чернозем, каштановая почва, бурая лесная почва, серопески, занимающие значительные территории и резко различающиеся по генезису и свойствам. Воздушно-сухие образцы почв подвергали воздействию СВЧ-излучения мощностью 800 Вт в микроволновой печи в течение 30 секунд, 1 и 10 минут. После облучения в почвенных образцах определяли активность ферментов и обилие микроорганизмов по общепринятым методикам.

Ранжирование показателей биологической активности по чувствительности к СВЧ-излучению имеет вид:

Чернозем обыкновенный: дегидрогеназа>инвертаза>каталаза>грибы>бактерии-аммонификаторы>споровые бактерии.

Каштановая почва: грибы>бактерии-аммонификаторы>инвертаза>каталаза.

Буряя лесная почва: бактерии-аммонификаторы>грибы>инвертаза>каталаза>споровые бактерии >дегидрогеназа.

Серопески: бактерии-аммонификаторы>грибы>каталаза>споровые бактерии>дегидрогеназа>инвертаза.

Анализируя чувствительность и информативность показателей биологической активности почв Юга России к воздействию СВЧ-излучения мощностью 800 Вт можно выделить следующие закономерности. Для каштановой почвы, бурой лесной почвы и серопесков наибольшую чувствительность проявили показатели микробиологической активности, а для чернозема – ферментативная активность. Для СВЧ-излучения меньшей мощности (450 Вт) показатели ферментативной активности не чувствительны и неинформативны.

Исследования поддержаны ФЦП «Интеграция», проекты № П2383, П1298.

ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, denisova777@inbox.ru

Для суждения о биологической активности почвы недостаточно какого-либо одного показателя, т. к. каждый из них отражает лишь какую-то одну сторону биологических и биохимических процессов в почве. Поэтому о биологической активности и биологическом состоянии почвы можно судить, только если используется широкий набор показателей ее состояния, каждый из которых отражает лишь одну сторону биологических и биохимических процессов в почве. Для объединения различных показателей была использована методика определения *интегрального показателя биологического состояния почвы* (ИПБС), разработанная на кафедре экологии и природопользования ЮФУ (РГУ).

В настоящей работе изучали влияние переменного магнитного поля (ПеМП) и СВЧ-излучения на биологические свойства почв Юга России. Рассчитывали ИПБС по 5-ми показателям биологической активности: численность бактерий-аммонификаторов, обилие микромицетов, активность каталазы, инвертазы и дегидрогеназы.

По устойчивости к ПеМП по степени снижения ИПБС (усреднено по дозам) почвы Юга России образовали ряд: бурая лесная почва(93)>чернозем(83)>дерново-карбонатная почва(73)≥серопески(71). По устойчивости к СВЧ-излучению по степени снижения ИПБС (усреднено по времени воздействия) почвы образовали следующий ряд: серопески(139)>чернозем(102)>каштановая почва(54)≥бурая лесная почва(52). Чернозем одинаково реагирует и на ПеМП и на СВЧ-излучение, занимая «второе» место в обоих рядах устойчивости. Серопески наиболее устойчивы к СВЧ-излучению, но наименее – к ПеМП. А бурая лесная почва – наоборот, наиболее устойчива к ПеМП и наименее – к СВЧ-излучению. Для ПеМП отличия в значениях ИПБС для исследованных почв не слишком значительны как между дозами (в среднем 8-10%), так и между почвами. Для СВЧ-излучения значения ИПБС различаются более значительно как между различными вариантами внутри одной почвы (до 52% у бурой лесной почвы), так и между почвами: 133% (!) между серопесками и каштановой почвой.

**ОЦЕНКА БИОЭФФЕКТИВНОСТИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО
ЭМ ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ НА АДАПТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ
ЖИВОТНЫХ И СПОСОБНОСТЬ К ОБУЧЕНИЮ.**

Жаворонков Л.П., Павлова Л.Н., Глушакова В.С., Посадская В.М., Дубовик Б.В.

Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск, Россия.

pavlova.ln@inbox.ru

Опубликовано значительное число работ, в которых сообщается об обнаружении нетепловых, или специфических, эффектов ЭМП, при этом более высокую значимость придают импульсной организации облучения (А.Н.Frey and S.P.Feld, Африканова Л.А., Кудряшов Ю.Б., Григорьев Ю.Г. и др.). Заслуживает внимания мнение, что многообразие реакций на слабые ЭМП укладывается в проявление общего адаптационного синдрома (Холодов Ю.А., Журавлев Г.И. и соавт.). В последние годы появились работы, в которых показано, что слабые импульсные ЭМП способны модулировать биоритмы и состояние ЦНС - одной из ведущих стресс-систем организма (Пестряев В.А.; Лукьянова С.Н.; Vorbely et al., Григорьев Ю.Г., Субботина Т.И). Однако четкой зависимости эффектов от физических и временных характеристик, важных для оценки санитарно-гигиенических норм, не установлено.

В опытах на 550 крысах Вистар и 600 мышах линий СВА и СВАхС₅₇В1₆F₁ нами изучались реакции ЦНС непосредственно после или во время кратковременного воздействия ЭМП при спектре микроволнового излучения дециметрового диапазона от одной несущей в интервале интенсивностей 40-1000 мкВт/см². В качестве модулирующих частот применяли частоты, близкие или синхронные с ритмами ЭЭГ.

Установлено, что кратковременное (5 минут) воздействие импульсно-модулированного ЭМИ при ППЭ ниже 1 мВт/см² оказывает достоверный нейротропный эффект, сохраняющийся по меньшей мере в течение 10 минут после облучения. Выявлено снижение обучаемости животных в лабиринте и в «реакции избавления», изменение структуры локомоторного поведения в условиях открытого поля и обогащенной ситуации, повышение реактивности к наркотическим веществам. При этом обнаружена отчетливая зависимость эффекта от частоты модуляции и, в частности, седловидный паттерн распределения негативно действующих частот по критерию обучаемости с максимумом эффекта в области 3.5-6 Гц и 12-15 Гц. Установлена нелинейная связь биоэффектов ЦНС с интенсивностью излучения. Показано, что для каждой несущей частоты существует оптимальный набор взаимосвязанных значимых параметров ("мультипараметрические окна"), при которых возможны проявления реакций ЦНС.

**НОВЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ
НАРУШЕНИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВРОЖДЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В
УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**

Жарова Л.Т., Бекренева Т.С.

Научно-исследовательский испытательный центр (медико-биологической защиты)
ФГУ государственный научно-исследовательский испытательный институт военной
медицины Минобороны России

Действие факторов техногенного происхождения, таких как переменное магнитное поле, на организм млекопитающих (включая человека) может провоцировать изменения функционального состояния высшей нервной деятельности и реализации целенаправленных поведенческих программ. Анализ врожденного поведения крыс в «открытом поле» представляет характеристику как их локомоторно-исследовательских тенденций, так и состояния эмоционально-тревожной сферы в условиях воздействия фактора. Оценка поведенческой активности крыс в открытом поле предполагает анализ почти 100 количественных и временных параметров актов, сравнение усредненных групповых значений. До настоящего времени методы оценки девиаций поведения подопытного животного не предоставляли возможности выполнить как среднегрупповой, так и индивидуальный количественный и сравнительный анализы в зависимости от частотно-энергетических параметров ПемП.

Представляется программа регистрации и статистической обработки данных, написанной на языке программирования Visual Basic For Applications в Microsoft Excel. Наряду с этим, предлагается способ оценки индивидуальной эффективности обследования пространства открытого поля, а также уровня стрессированности животного. Критериальные уровни нарушения реализации врожденного поведения крыс задаются экспериментатором в процессе выполнения программы. По ранжированным данным программа строит гистограмму частоты встречаемости нарушений.

Установлено, что острые (последовательные пятикратные) воздействия переменного магнитного поля у белых беспородных крыс (самцов) вызывают нарушение врожденного поведения всех трех степеней на частотах 4 Гц при напряженности магнитного поля 20,0 кА/м, 8 Гц – 19,7 кА/м и 10 кА/м, 20 Гц – 5 кА/м у 40%, 60% и 40% особей, соответственно.

ПОСЛЕДСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Зюзина И.В., Сподобаев Ю.М.

Дальневосточный государственный технический университет (филиал),

Находка, Россия, irina02@freemail.ru,

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,

Самара, Россия, spod@psati.ru

Изучение воздействия ЭМИ сверхвысоких частот на здоровье людей проводилось на территории Находкинского судоремонтного завода, а также на территории прилегающего к нему микрорайона. Источниками ЭМИ СВЧ на территории завода в период с 1986 по 1996гг являлись РЛС судов, пришвартованных у пирса, а также пяти РЛС лаборатории по ремонту и наладке навигационного оборудования, которые с грубейшим нарушением техники безопасности и охраны труда были установленных на крыше 4-х этажного здания инженерно-технического корпуса. Часть из них круглосуточно находилась в рабочем режиме. Радиус санитарно-защитной зоны от наиболее мощной радиолокационной станции «Дон», располагавшейся на крыше инженерно-технического корпуса, составлял 300 м, куда попадала полоса шириной в 150 м жилого микрорайона, включавшая 10 многоквартирных домов. При определении показателей плотности потока энергии в контрольных точках на территории завода и прилегающего к нему жилого микрорайона выявлено, что превышение предельно-допустимого уровня достигало 2-50 раз.

Установлено, что отдаленными последствиями хронического облучения ЭМИ СВЧ является повышение заболеваемости людей по всем уязвимым системам организма, среди которых преобладающее - онкология. Преобладающим заболеванием эндокринной системы среди работников завода является сахарный диабет. Этот диагноз поставлен практически всем крановщикам порталных кранов.

Отличительной чертой заболеваний сердечно-сосудистой системы работников завода является её «омоложение». Сравнение уровней заболеваемости у наблюдаемых трех групп людей (работники завода, жители облучаемого микрорайона, жители фонового района) по критическим системам организма (иммунная, эндокринная, сердечно-сосудистая) показало, что наиболее высоким он является у жителей прилегающего к заводу района.

**ИЗМЕНЕНИЯ В ОКИСЛИТЕЛЬНОМ МЕТАБОЛИЗМЕ ФАГОЦИТОВ КАК
ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ЛИМФОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ GSM 900МНЗ**

Конопля Е.Ф., Петренёв Д.Р., Якушев Д.Л.

ГНУ «Институт Радиобиологии НАН Беларуси», Гомель, danse@tut.by

Эпидемиологические исследования подтверждают наличие связи между хроническим воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ) сотовых телефонов и увеличением частоты онкологических заболеваний (Hardell, L. and C. Sage, 2008). Предположительно, ключевыми механизмами, связывающими воздействие ЭМИ и канцерогенез, являются нейроэндокринные реакции организма и воспаление. В связи с этим целью исследования было изучить возможные лимфотоксические эффекты длительного воздействия ЭМИ *in vivo* и охарактеризовать их связь с изменениями в окислительном метаболизме резидентных тканевых фагоцитов.

Исследование выполнено на 59 самцах крыс Вистар в возрасте 2,5 месяца на момент начала эксперимента. Животных в течение 14 дней двумя фракциями по 4 часа с перерывом в 1 час подвергали действию переменного электромагнитного поля, имитирующего сигнал сотового телефона стандарта GSM в режиме разговора (35 канал, 897.2 МГц, 0.2-0.3 мВт/см²). Животных выводили из эксперимента на восьмые сутки после начала облучения и через 1, 7, 14, 21 и 28 суток после завершения воздействия. Контролем служили интактные животные того же возраста и пола. Для сравнения пропорций в группах использовали преобразование и точный тест Фишера.

При оценке уровня апоптотических лейкоцитов в крови у 51.7 % животных из группы воздействия ЭМИ отмечали превышение 95% доверительного интервала, определённого для контроля (13.3 % случаев), т.о. относительный риск составил 3.8 (P=0.0022; 1.46-10.40 % CI). При этом динамика изменения показателя не была монотонной и демонстрировала наличие двух экстремумов – во время облучения и через 15 дней после отмены действия фактора. В пострadiационный период наблюдали корреляцию уровня апоптотических лимфоцитов в крови с уровнем базальной продукции активных форм азота (Pearson $r=0.398$; P=0.049; 0.003-0.685 95% CI) и кислорода (Pearson $r=0.461$; P=0.020; 0.081-0.725 95% CI) резидентными перитонеальными макрофагами. При этом у животных с повышенным уровнем продукции активных форм азота была в 2.01 (P=0.149; 0.99-4.10, 95% CI) раза выше, чем в контрольной группе, вероятность регистрации повышенного уровня апоптотических лимфоцитов в крови.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ НА КЛЕТКАХ ФИБРОБЛАСТОВ ЗДОРОВОГО ДОНОРА И БОЛЬНОЙ АТАКСИЕЙ-ТЕЛЕАНГИЭКТАЗИЕЙ

Куранова М.Л., Михельсон В.М., Спивак И.М., Плескач Н.М.

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия, mikhels@mail.cytspb.rssi.ru

В условиях экранирования электромагнитного поля Земли было изучено состояние различных штаммов первичных фибробластов человека. Клетки здорового донора в условиях отсутствия электромагнитного поля Земли демонстрировали картину, подобную той, которая возникает при повреждении ДНК. Совместно с ЦНИИ КМ «Прометей» была сконструирована и создана экранирующая камера диаметром 26 см, длиной – 84 см. В качестве экранирующего материала применялся композит разработки ЦНИИ КМ «Прометей» АМАГ-172 из порошков аморфного и нанокристаллического магнитомягкого прецизионных сплавов на основе Ni-Co с максимальной проницаемостью 800000.

В работе были использованы клеточные культуры диплоидных фибробластов больной АТ здорового мальчика (контроль – фибробласты здорового мальчика VH10), которые экранировались на разных временных интервалах (2, 6 и 24 часа) затем окрашивались антителами кролика к противбелка 53BP1 (считалось количество фокусов), мыши против белка p21^{Waf1} (измерялась интенсивность флуоресценции). Препараты анализировали с помощью лазерного сканирующего флуоресцентного микроскопа Axiovert200 100x/1,30 Oil (фирмы Carl Zeiss). Для визуализации флуорофоров были использованы аргонный (488 нм, блок фильтров 0,2) и гелий-неоновый (543 нм, блок фильтров 10) лазеры. Тип объектива Plan-NEOFLUAR, ртутная лампа HBO-100, тип камеры цветная цифровая камера DFC420, формат кадра 2592x1944. Для получения изображений использовали сканирующий модуль микроскопа, который управляется с помощью компьютера и соответствующего программного обеспечения LSM 5 PASCAL. Количество фокусов возрастало у фибробластов здорового донора, тогда как в клетках АТ оно почти не менялось т.к. у них замедлена реакция на повреждение ДНК (intact: VH10 23.5%±0,71/ АТ 43%±1; 2ч.: VH10 56.5%±0,71/ АТ: 42%±1; 6ч.: VH10 34.33%±1/АТ: 37%±0; 24ч.: VH10 74%± 1,15/ АТ: 47.5%±5). Интенсивность флуоресценции изменялась больше у здорового донора (intact: VH10 19.44± 2,20/ АТ 18.07±2,12; 2ч.: VH10 36.78±0,98/ АТ: 29.92±0,56; 6ч.: VH10 20.93±0,45/АТ: 15.82±0,24; 24ч.: VH10 43.44± 0,39/ АТ: 19.18±0,53).

В клетках первичных фибробластов больной АТ видимых изменений обнаружено не было. Вероятно, реакция клеток на отсутствие магнитного поля может опосредоваться АТМ - зависимым сигнальным путем.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО И НИЗКОИНТЕНСИВНОГО НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Лавренчук Г.И., Чоботко Г.М., Гурандо С.Р., Олейникова Т.Г.

Научный центр радиационной медицины АМН Украины, Киев, Украина,

nika.la@bigmir.net

Экспериментальная работа посвящена актуальной проблеме современной радиобиологии – комплексному определению на клеточном уровне особенностей биологических эффектов ионизирующей радиации (ИР) (внешнее и внутреннее облучение) в широком интервале доз (0,1 – 10,0 Гр), низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона (ЭМИ ММД), их сочетанного воздействия, а также выяснению возможного механизма модифицирующего влияния ЭМИ на облученные клетки. В результате экспериментальных исследований было показано, что ИР в диапазоне малых доз (0,1 – 0,5 Гр) оказывает стимулирующее влияние на пролиферативную и митотическую активность клеток линии L₉₂₉ в культуре. Облучение клеток в дозах 5,0 и 10,0 Гр существенно угнетает их жизнедеятельность, изменяет гетерогенность культуры клеток за счет образования большого количества гигантских поликариоцитов, которые выступают маркерами репродуктивной гибели клеток. Воздействие на культуру клеток излучением радионуклидов ¹³⁷Cs в дозе 1,0 Гр существеннее поражает клетки, чем изодозное внешнее излучение, вызывая блок митозов в ранний пострадиационный период с дальнейшим угнетением пролиферации и образованием в культуре гигантских многоядерных (6 – 8 ядер на клетку) структур.

Низкоинтенсивное ЭМИ ММД с плотностью потока мощности меньше 10 мВт/см² в частотном диапазоне 54 – 67 ГГц с экспозицией 5 – 10 мин практически не влияет на выживаемость, пролиферативную и митотическую активность клеток линии L₉₂₉. Однако, воздействие на культуру облученных ИР клеток электромагнитными волнами изменяет клеточную реакцию, оказывая нормализующее влияние, особенно в области сублетальных (5,0 – 10,0 Гр) доз радиации. Фазные изменения поверхностного электрического заряда клеток в ранний пострадиационный период (0,5 – 6,0 часов) могут быть сигналом запуска процессов репарации лучевых повреждений ДНК, восстановления активности ферментов детоксикации и энергетического обмена, что, соответственно, снижает уровень апоптических и гигантских многоядерных клеток, способствует восстановлению пролиферативной и митотической активности облученных клеток.

Результаты экспериментальных исследований и данные научной литературы позволили предложить возможный механизм нормализующего (протекторного) действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на клетки *in vitro*.

БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКИХ УРОВНЕЙ УФ-В РАДИАЦИИ.

Манин К.В.

ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, Россия,

manin kv@mail.ru

Бурное развитие промышленности в последние десятилетия способствовали истощению озонового слоя и соответствующему увеличению интенсивности УФ-В излучений, что может негативно влиять на здоровье людей и рост растений (Кудряшов и др., 1999, Шульгин и др., 1991). Поэтому актуальным остается поиск маркера стрессовой нагрузки при действии ультрафиолета на растения и животных.

В течение 2-х летнего микрополевого эксперимента показана информативность некоторых биохимических показателей при действии УФ-В радиации на ячмень. Дневные дозы биологически эффективной УФ-В облучения, рассчитанные с учетом генерализованного спектра действия для растений по М. М. Caldwell (1971), составляли 3.5 (фон), 4.26, 4.40, 4.90, 5.27, 5.66 и 6.25 кДж/м², а дополнительные к фону дозы составляли, соответственно 1/4, 1/5, 2/4, 2/5, 3/4 и 3/5 от фона.

Показано, что изменение концентрации аскорбиновой кислоты, глутатиона и хлорофилла а зависело от дозы УФ-В радиации. В диапазоне доз УФ-В облучения 3.5-5.27 кДж/м² наблюдается снижение концентрации аскорбиновой кислоты, глутатиона и хлорофилла а. Коэффициент корреляции с дозой составлял соответственно -0.713, - 0.974, - 0.630. При этом, коэффициенты вариации концентрации аскорбиновой кислоты, глутатиона и хлорофилла а составляли 0.018, 0.042, 0.129, соответственно. Начиная с 5.27 кДж/м² происходит увеличение данных показателей до уровня контроля при дозе 6.25 кДж/м². Концентрации хлорофилла в, каротиноидов, флавоноидов, свободного пролина и малонового диальдегида (МДА) изменялись при действии разных доз УФ-В, но направленность изменений модифицировалось действием других стрессовых факторов (погодные условия).

Таким образом, аскорбиновая кислота, глутатион и хлорофилл а можно использовать в качестве надежных маркеров стрессовой нагрузки при воздействии низких уровней УФ-В радиации.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ИМИТАТОРА ЭМП ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛЭП НА МИКРОФЛОРУ ПОЧВЫ

Маслов М.Ю., Сарокваша О.Ю., Скачков Д.В., Ефграфова И.В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Самарский Государственный университет, Самара, sarokvasha@yandex.ru

В последние годы вопросы, связанные с электромагнитной экологией получили весьма широкое распространение, электромагнитные поля окружают нас повсюду, мощности их достигают значительных величин. Очевидно, что с точки зрения экологических проблем, электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты весьма существенны, так как они часто располагаются непосредственно в природных экосистемах и занимают значительные территории. Исследования в данной области играют важную роль в современной науке, они проводятся на стыке технических и биологических наук и требуют специфического оборудования, которое зачастую приходится изготавливать самостоятельно.

Нами проведены исследования влияния ЭМИ низких частот в лабораторных условиях на установке-стенде для имитации электрического поля высоковольтной ЛЭП. Стенд представляет из себя две проводящие плоскости, к которым подводится переменный ток, создавая между плоскостями переменное ЭМП промышленной частоты. Напряженность поля регулируется при помощи ЛаТРа. Как известно ЛаТР управляет напряжением, однако напряженность поля имеет линейную зависимость от напряжения, подаваемого на проводящие плоскости, что позволяет откалибровать ЛаТР (в нашем случае калибровка была произведена при помощи измерителя напряженности поля П-3-50) на шкалу напряженностей электрического поля. В ходе данной работы было установлено достоверное влияние электромагнитного поля установки -стенда на общую численность микроорганизмов и урезную активность почвы. Максимальное увеличение данных показателей происходит в условиях ЭМП с напряженностью 220 В/м: урезной активности - в 1,5 раза, общей численности микроорганизмов почвы - в 16 раз после семичасового воздействия ЭМП на почвенные образцы. Данные результаты показывают, что общая численность микроорганизмов почвы зависит не столько от длительности воздействия ЭМИ или от значения напряженности действующего ЭМИ, сколько от совокупности действия этих двух факторов. Так же нами было исследовано влияние ЭМИ на процессы оживляемости почвенных микроорганизмов. Количество активизирующихся микроорганизмов повышается с возрастанием напряженности ЭМИ в 1,5; 2,0; 2,5; 2,6; 3,4 и 4,7 раза что соответствует напряженности 20, 60, 100, 140, 180, и 220 В/м.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА НА СУДАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ МОРСКОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Никитина В.Н., Ляшко, Г.Н. Тимохова Г.Н., Э.Ю. Нечепоренко

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,

Санкт-Петербург, Россия; emfnvn@smtu.ru

Выполнено исследование электромагнитных полей, создаваемых современными морскими радиоэлектронными средствами (МРЭС) на судах морского флота. В задачу исследований входили сбор, обработка и систематизация сведений по техническим характеристикам и режимам работы МРЭС, измерения и оценка электромагнитной безопасности экипажа при эксплуатации техники. Установлено, что на судах используются спутниковая и традиционная связь УКВ, ПВ/ КВ диапазонов, радионавигационные системы с наземным и с космическим базированием передающих станций - GPS, GLONASS, радиолокационные станции (РЛС). Передатчики связи и РЛС установлены в рулевой рубке или прилегающих помещениях. Суда, оборудованные РЛС, оснащены средствами автоматической радиолокационной прокладки (САРП), средствами автоматического сопровождения (САС), средствами электронной прокладки (СЭП). В современных РЛС используется цифровая обработка информации на базе высокопроизводительных процессоров. Отображение информации осуществляется на дисплеях с растровой разверткой изображения. В рулевой рубке установлено большое число приемоиндикаторных устройств, имеющих цифровую обработку сигналов на основе специализированных процессоров.

Измерениями электромагнитных полей (ЭМП) в рулевой рубке установлено, что судоводители подвергаются воздействию широкополосных низко интенсивных ЭМП, создаваемых вычислительной техникой и радиопередающими устройствами. Интенсивность ЭМП не превышала предельно допустимые уровни (ПДУ). На открытых районах судов (пеленгаторных палубах и крыльях мостиков) излучения от штыревых антенн передатчиков ПВ/КВ диапазонов у леерных ограждений также не превышали ПДУ. Оценка интенсивности ЭМИ, создаваемых антеннами РЛС на открытых палубах судов ледокольного флота выполнена по данным расчетного прогнозирования уровней ЭМИ. Интенсивность СВЧ излучений не превышала предельно допустимых значений.

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Новичкова Е.А., Подковкин В.Г.

ГОУ ВПО «Самарский государственный университет», Самара, Россия,
novitchkova@rambler.ru

Термин "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" официально введен в 1995 году ВОЗ. За пределами городов основным источником электромагнитного загрязнения являются линии электропередачи (ЛЭП). Исследованы некоторые морфометрические и биохимические признаки сельскохозяйственных культур Самарской области в зоне влияния электромагнитного поля ЛЭП мощностью 110 и 220 кВ. Наблюдается значительное снижение высоты и сухой биомассы подсолнечника сорта «Поволжский 8» на расстоянии 30-60 м от ЛЭП мощностью 110 кВ почти на всех стадиях вегетации культуры, а также уменьшение диаметра корзинок непосредственно под источником излучения. Действие ЛЭП-110 кВ приводит к снижению сухой биомассы созревших семян подсолнечника под линией электропередачи, тогда как в зоне влияния ЛЭП-220 кВ данный параметр значительно возрастает. Высота и сухая биомасса озимой пшеницы сорта «Светоч» в зоне действия ЛЭП-110 кВ значительно снижается под источником излучения и на расстоянии 45-60 м от него. Электромагнитное поле ЛЭП-110 кВ приводит к значительному уменьшению длины колосьев пшеницы как непосредственно под источником, так и на удалении от него на 15-60 м, а также сухой биомассы колосьев на отрезке 0-90 м. В зоне действия ЛЭП-220 кВ состояние систем антиоксидантной защиты подсолнечника характеризуется резким снижением пероксидазной (в 2-5 раз) и каталазной (на 30 %) активности, наблюдается интенсификация процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ), сопровождающаяся увеличением уровня диеновых конъюгатов и диеновых кетонов, а также малонового диальдегида непосредственно под источником излучения в 2 раза. В тканях озимой пшеницы в зоне действия ЛЭП-110 кВ наблюдается значительное снижение пероксидазной активности в 2-4 раза, уменьшение концентрации аскорбиновой кислоты на расстоянии 0-75 м от источника в 1,5 раза при одновременном росте ее содержания и каталазной активности на 20% при удалении от ЛЭП на 210 м; наблюдается рост уровня первичных продуктов ПОЛ непосредственно под линией электропередачи мощностью 110 кВ в 2 раза при одновременном снижении концентрации малонового диальдегида.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П., Походзей Л.В.

Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН, Москва, Россия

rubtsovanb@yandex.ru

Внедрение во все сферы деятельности человека новых источников электромагнитных полей (ЭМП) различных частотных диапазонов, средств мобильной сотовой, транкинговой и спутниковой связи, персональных компьютеров, разно-образной электробытовой техники, новых диагностических и лечебных аппаратов приводит к усложнению электромагнитной обстановки как на рабочих местах, так и в местах проживания населения.

В РФ действуют гигиенические регламенты производственных воздействий для гипогеомагнитных условий, постоянных электрических и магнитных полей, ЭМП 50 Гц и ЭМП в диапазоне частот 10 кГц-300 ГГц, также для особого случая ЭМП, создаваемые ультраширокополосными импульсами. Регламенты ЭМП для населения охватывают электростатическое поле, ЭМП частотой 50 Гц, ЭМП радиочастот в диапазоне 30 кГц-300 МГц. Самостоятельно регламентируются ЭМП, создаваемые аппаратами сухопутной подвижной радиосвязи и ПЭВМ, распространенные на все категории лиц.

Имеются значительные расхождения в нормативах ЭМП между РФ и западными странами, что связано с принципиальными отличиями в подходах к нормированию (оценка острых и хронических эффектов), применении различных критериев оценки ("basic restriction" "references levels", SAR, ППЭ, ЭЭ).

Возможным путем совершенствования гигиенических нормативов производственных и внепроизводственных воздействий ЭМП в РФ может быть их частичная гармонизация с международными рекомендациями. В частности, представляется возможным наряду с сохранением уже действующих в РФ гигиенических нормативов ЭМП (для отнормированных в РФ частотных диапазонов и режимов генерации ЭМП) для частотных диапазонов (или составляющих ЭМП), а также режимов генерации, в которых в РФ отсутствуют гигиенические нормативы, принятие в качестве временных гигиенических регламентов в соответствии с рекомендациями ICNIRP.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Сарапульцева Е.И.

Обнинский институт атомной энергетики Научно-исследовательского ядерного
университета «МИФИ», Россия, selena@iate.obninsk.ru

В работе обобщены результаты исследований, оценивающие биологические эффекты низкоинтенсивного (НИ) электромагнитного излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона с плотностями потока энергии (ППЭ) от 5 мкВт/см² до 50 мкВт/см². При работе на модели одноклеточных гидробионтов инфузорий *Spirostomum ambiguum* Ehrbg по признаку нарушения двигательной активности простейших нами обнаружено отчетливо выраженное отрицательное влияние ЭМИ как на частоте мобильной связи (1 ГГц), так и на частоте 10 ГГц, которая широко используется в радиолокации и спутниковой связи. При облучении с ППЭ 10 мкВт/см², которую оценивают как ПДУ, продолжительность «безопасного» времени нахождения в ЭМП была достаточно низкой – 30 – 45 мин. При ППЭ = 5 мкВт/см², т.е. в 2 раза более низкой, чем ПДУ, период безопасного воздействия составлял 8 – 9 ч. При ППЭ 50 мкВт/см² – не более 10 мин. При этом мы обнаружили пороговый характер эффекта, массовое вовлечение простейших в реакцию и независимость после достижения порога степени изменения их двигательной активности при большом увеличении экспозиции.

В теоретическом аспекте интересно, что необычные признаки реакции – значительная эффективность слабых воздействий, пороговый характер эффекта, насыщение при сверхпороговых воздействиях, массовый характер индуцируемых изменений, были обнаружены ранее в цикле работ И.Б. Бычковой с соавт. (<http://irbb.ucoz.ru>), а также в наших исследованиях, посвященных изучению действия на разные тест-объекты (в том числе инфузорий) рентгеновского и гамма-облучения в диапазоне малых для объекта доз. Это позволяет предположить некий единый механизм формирования отклика биологических систем на слабые воздействия разных ЭМИ, что требует дальнейших исследований.

В прикладном плане особое значение имеют полученные нами инновационные данные о негативном действии НИ ЭМИ радиочастот при уровне ППЭ в 2 раза более низком, чем ПДУ, данные о существовании безопасных периодов такого воздействия и зависимости продолжительности безопасной экспозиции от ППЭ. Полученные результаты интересны в связи с проблемой нормирования действия ЭМП на биоту.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЭП НА ЭКОЛОГО – БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

Сарокваша О.Ю.

Самарский Государственный университет, Самара, sarokvasha@yandex.ru

Интенсивное использование электромагнитной и электрической энергии в современном информационном обществе привело к тому, что в XXI веке сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды – электромагнитный. Электромагнитное поле (ЭМП) искусственного происхождения является важным значимым экологическим фактором с высокой биологической активностью. Особую опасность представляют ЭМП низких частот.

В проведенной нами работе было исследовано влияние электромагнитных излучений (ЭМИ) в районе прохождения ЛЭП-110 кВ вблизи поселка Безенчук Самарской области на общую численность микроорганизмов почвы, азотфиксирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих микроорганизмов, грибов и актиномицетов, а также биологическая и ферментативная активности почвы.

В работе микроорганизмы почвы рассматриваются в качестве индикаторов воздействия электромагнитных полей. В исследовании были изучены пробы почвы с полей озимой пшеницы в весенний, летний и осенний период. Электромагнитное воздействие изучали на примере ЭМИ ЛЭП-110 кВ, ЛЭП-35 кВ в районе села Переполовенка города Безенчук Самарской области.

Наши исследования свидетельствуют об изменении численности микроорганизмов под влиянием электромагнитных излучений ЛЭП. Непосредственно в 0 точке (под ЛЭП) численность бактерий почвы максимально повышается, а численность актиномицетов и грибов повышается незначительно. При удалении от ЛЭП на 10-20 метров численность бактерий почвы начинает постепенно снижаться и к 100 м удаления от ЛЭП приближается к контролю. Численность грибов и актиномицетов максимально повышается в точке 50 м удаления от ЛЭП и приближается к контролю в точке 100м удаления от ЛЭП. Такое изменение численности объясняется сложными взаимоотношениями микробных сообществ почвы и различиями их метаболизма. Анализ полученных данных позволяет говорить о существенном влиянии электромагнитного поля ЛЭП на почвенную микрофлору и ферментативную активность почвы. В основе множества процессов почвообразования лежит биохимическая деятельность микроорганизмов, которые являются удобным объектом для исследования биологических эффектов ЭМИ.

**ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА
БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МОЗГА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ**

Сидоренко¹ А. В., Лыньков² Л. М., Овсянкина³ Г. И., Казека² А. А., Леончик¹ Ю. Л.

¹Белорусский государственный университет, Минск, SidorenkoA@bsu.by,

²Белорусский университет информатики и радиоэлектроники,

³Научно-практический центр неврологии и нейрохирургии МЗ Республики Беларусь

Широкое распространение телекоммуникаций, систем беспроводной и мобильной связи сопровождается озабоченностью пользователей по влиянию электромагнитного излучения на здоровье населения. Литературные источники дают противоречивые результаты по вопросу воздействия мобильных телефонов на организм человека. Актуальной становится проблема исследования центральной нервной системы, которое, как правило, производится при изучении электроэнцефалограммы, биоэлектрического сигнала, отображающего процессы функционирования мозга. Для защиты или снижения эффекта воздействия излучений на человека применяются защитные экраны на основе радиопоглощающих материалов.

В данной работе проводятся изучение и анализ зарегистрированных в клинических условиях электроэнцефалограмм здоровых добровольцев в условиях действия излучения мобильных телефонов системы GSM и внесении защитных экранов для определения количественных и качественных параметров, характерных для данных состояний. Для обработки и анализа электроэнцефалограмм в разработанной нами информационно-измерительной системе использован один из методов нелинейной динамики, метод задержанной координаты. Регистрация электроэнцефалограмм осуществлялась электроэнцефалографом «Нейрокартограф» фирмы МБН. Исследовались электроэнцефалограммы восьми отведений. Обработывались электроэнцефалограммы пациентов в следующих режимах: фон; звонок без ответа; звонок без ответа, экран; звонок с ответом; звонок с ответом, экран. Используются четыре типа экранов на основе композиционных влагосодержащих материалов. Установлено, что параметры нелинейной динамики, включая корреляционную размерность и энтропию Колмогорова, могут быть использованы для определения эффективности защитных экранов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сподобаев Ю.М., Маслов М.Ю., Довбыш В.Н.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Самара, Россия, spod@psati.ru

Значительный вклад в формирование электромагнитной обстановки в мегаполисах вносят системы, функционирование которых сопровождается непреднамеренным созданием или излучением электромагнитных полей. В первую очередь это системы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии – электростанции, линии электропередач (ЛЭП), трансформаторные подстанции, системы распределения электроэнергии, оконечное электрооборудование. С точки зрения экологических проблем электромагнитные поля, создаваемые элементами энергосистем, гораздо опаснее, так как ЛЭП и трансформаторные подстанции располагаются непосредственно на территории города, в том числе жилых массивах. Создание действенного электромагнитного мониторинга, в первую очередь, связано с разработкой и введением в действие методических документов, конкретизирующих методики расчетного и инструментального контроля полей. Инструментальный контроль полей распределенного по территории характера, какими являются поля от энергосистем, затруднен из-за неизвестности нагрузочных характеристик, поэтому основой электромагнитного мониторинга является расчетное прогнозирование полей [1].

Нахождение поля *воздушных ЛЭП* хорошо проработано и сводится к решению двумерной квазистатической задачи. Методика электродинамического анализа *подземных ЛЭП* основана на численном решении дифференциальных уравнений с учетом граничных условий, накладываемых на искомое решение на границе области тока. Электродинамический анализ *силовых трансформаторов* с нелинейностями строится на основе непосредственного решения стационарной краевой электродинамической задачи. Численное решение сформулированной задачи Дирихле проводится с использованием метода конечных элементов. При расчетах электромагнитных полей *силовых распределительных пунктов* они моделируются системой эквивалентных элементарных излучателей, локализованных в пределах некоторой области, на границе которой предполагаются известными уровни электромагнитных полей для реальных устройств, определяемые экспериментально.

Литература

1. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем. – Самара: ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.

ГИПОКСИЯ И ОКСИД АЗОТА - ФАКТОРЫ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ КЛЕТОК К УФ-ИЗЛУЧЕНИЮ

Стрельцова Д.А., Васильева С.В.

Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН, Москва, Россия

svasilieva@polymer.chph.ras.ru

Установлено, что биологические эффекты УФ-излучения различны в трёх спектральных участках (UVA, UVB, UVC), и коротковолновое УФ-излучение действует, в основном, на структуры ядра при прямом поглощении, в то время как активность длинноволнового УФ опосредованна индукцией ROS. При этом хромофорами летального и мутагенного действия УФ являются азотистые основания, главным образом, молекулы тимина с тах поглощения в UVC-спектре. В ходе эволюции сформировались фото- и темновые репарационные механизмы, защищающие клетку от УФ. В 1974 г. в *E.coli* была описана индуцибельная мутагенная ДНК-SOS-репарационная система, субстратом для которой служат однонитевые разрывы ДНК. Выполнено большое количество работ, где в качестве SOS-индуктора использовалось УФ-излучение в аэробных условиях. Однако в литературе отсутствуют данные об активности оксида азота (NO) и как независимого SOS-индуктора, и как модификатора «классического» SOS-агента — УФ — в условиях гипоксии.

Целью нашей работы стало изучение SOS-индуцирующей активности UVC-излучения и возможностей ее регуляции.

При этом о формировании SOS-ответа, как реакции клетки на генотоксиканты, судили по уровню экспрессии гена *sfIA* (SOS-регулон) в штамме *E.coli* со слитым опероном [*sfIA::lacZ*] по методу Quillardet Ph., Hofnung M. (1985). Изучены изогенные штаммы факультативного анаэроба *E.coli* PQ37 *uvrA* [*sfIA::lacZ*] и *E.coli* PQ65 *uvr+*[*sfIA::lacZ*]. Различие штаммов – в активности главной системы эксцизионной репарации УФ-повреждений ДНК *UvrABC*. Использовано УФ-излучение с $\lambda=254$ нм (UVC), вызывающее формирование в ДНК циклобутиловых пиримидиновых димеров и пиримидин-пиримидиновых фотоподуктов и не связанное с образованием ROS. В качестве модуляторов UVC-активности был изучен NO, донируемый кристаллическими железо-сера нитрозильными комплексами.

Впервые экспериментально показано, что: УФ и NO - мощные SOS-индукторы в условиях гипоксии, а их суммарные генотоксические эффекты аддитивны, независимо от O₂; NO — протектор токсического действия УФ, независимо от активности *UvrABC*.

Работа поддержана грантом РФФИ № 08-04-00228.

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ НА СКОРОСТЬ КАТАЛАЗНОЙ И ПЕРОКСИДАЗНОЙ РЕАКЦИЙ

Фролов Ю.П., Розина С.А.

ГОУ ВПО «Самарский государственный университет», Самара, Россия,

biochemistry.ssu@rambler.ru

Электромагнитное излучение (ЭМИ) радиочастотного диапазона, генерируемое минеральными веществами вследствие тепловых колебаний их кристаллической решетки, оказывает влияние на скорость ферментативных реакций. Исследовано действие ЭМИ одинаковых навесок 15 природных минералов на скорость каталазной и пероксидазной реакций при комнатной температуре (23°). Время протекания реакции (и воздействия ЭМИ минералов) – 10 минут. Препараты каталазы и пероксидазы выделены из растений. Достоверно повысили скорость каталазной реакции: горный хрусталь, гранит, полевошпат, гипс селенит, песок кварцевый, кварц обсидиановый, гипс «ласточкин хвост» и графит соответственно на 38,8, 27,0, 22,0, 12,5, 9,1, 8,7, 7,7 и 6,4 %. Понизили скорость каталазной реакции: агат, мел, хлорид натрия, роговая обманка, мрамор, сера, берилл соответственно на 21,8, 20,7, 20,4, 17,6, 16,1, 14,6 и 14,4 %. Горный хрусталь повысил пероксидазную активность на 33,9 %. Понизили пероксидазную активность: агат, мел, хлорид натрия, роговая обманка соответственно на 34,7, 29,7, 19,7 и 19,7 %. Остальные 10 минералов (кварц обсидиановый, сера, берилл, гипс селенит, гипс «ласточкин хвост», полевошпат, кварцевый песок, мрамор, графит, гранит) достоверного влияния на пероксидазную активность не оказали. Обращает на себя внимание разнонаправленный характер действия ЭМИ минералов: одни из них повышают ферментативную активность, другие – понижают. Кроме того, наблюдается корреляция в направленности действия ЭМИ на активность каталазы и пероксидазы. Исследование выявило наличие канала информационного воздействия неживой природы (минеральные вещества) на объекты живой природы (ферментные препараты). Есть основание ожидать, что ЭМИ минеральных веществ способно оказывать воздействие на организм человека и животных.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТЕЙ-ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ.

Хорсева Н.И.¹, Григорьев Ю.Г.², Горбунова Н.В.¹

¹ Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля, Москва, Россия,

sheridan1957@mail.ru

² Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна, Москва, Россия,

profgrig@gmail.com

С 2006 года и по настоящее время на базе Лицея № 10 г. Химки Московской области проводится комплексная диагностика 146 детей и подростков в возрасте 5-12 лет, которая включает: регистрацию психофизиологических показателей, латеральных предпочтений и показателей мелкой моторики руки; нейропсихологическое обследование; сбор анамнестических данных (анамнез *vitte* в нашей модификации); анкетирование детей и родителей с целью выяснения режима пользования детьми мобильной связью, компьютером, плеером. Диагностика детей и подростков проводилась *только с письменного согласия* их родителей или официальных опекунов. На основании результатов анкетирования были сформированы тестовые (дети-пользователи) (83 ребёнка) и контрольные группы-дети без сотовых телефонов (63 ребёнка).

Анализ внутригрупповых данных психофизиологических параметров показал, что прямое сравнение показателей тестовых и контрольных групп невозможно, поскольку они слишком гетерогенны по режиму пользования мобильными телефонами, компьютерами, плеерами, а также сочетанием этих видов воздействий. Учитывая это, анализировались индивидуальные изменения психофизиологических параметров и на их основе выявлялись общие тенденции изменений психофизиологических показателей к изучаемым воздействиями.

У всех детей тестовой группы зарегистрировано увеличение числа нарушений фонематического восприятия и в **66,7%** случаев зарегистрирован коллатеральный эффект воздействия. У **40,7%** детей - снижение показателей работоспособности, у **29,6%** - повышение уровня утомления. Выявлены снижения показателей произвольного внимания и смысловой памяти. Следует отметить, что все выявленные изменения находятся в пределах возрастной нормы, однако динамика этих изменений имеет характер снижения до предельно низких нормальных величин.

СЕКЦИЯ XIV. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЕ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ ПО РАДИОБИОЛОГИИ В РОССИИ

Бутомо Н.В., Иванов В.Б., Юманов А.П.

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Государственный институт усовершенствования врачей МО РФ, Москва, Россия

yuman-1980@rambler.ru

В современном мире угроза возникновения военных конфликтов с применением оружия, основанного на поражающем действии радиационных факторов, остается весьма актуальной. Возможность использования оружия массового поражения закреплена законодательством ряда государств. Учитывая интенсивное развитие ядерных технологий в народно-хозяйственной и военно-промышленной сферах, следует ожидать значительного роста накопления радиоактивных отходов в мире. Радиационные аварии на объектах атомной энергетики случаются регулярно. Вследствие всестороннего использования в атомной промышленности, нефтегазодобывающей промышленности, космонавтике, в том числе и в медицине, источников ионизирующего излучения и радионуклидов повышается радиационная нагрузка на людей в основном в малых дозах, не вызывающих острых поражений. Все вышеперечисленное убеждает в необходимости подготовки врачей по радиобиологии в целях получения знаний, необходимых для контроля и регламентирования уровня радиационных воздействий в условиях повседневной деятельности человека, для выбора оптимальных профилактических и лечебных мероприятий, направленных на снижение воздействия вредных радиационных факторов.

В России отдельный курс радиобиологии, созданный С.П. Ярмоненко, существует только на медико-биологическом факультете Московского государственного медицинского университета. В других ВУЗах страны на додипломном уровне радиобиология как отдельный предмет (цельный курс) не представлена. Студенты получают разрозненные сведения из области радиобиологии на курсах физики, рентгенологии и радиологии, гигиены, военно-полевой терапии, профпатологии и др.

Таким образом, система подготовки врачей-кадров по радиобиологии, организации медицинской помощи при лучевых поражениях в системе непрерывного медицинского образования, а также законодательная база по вопросам подготовки специалистов-радиобиологов в целом по России не отвечают в полной мере современным потребностям, а их совершенствование остаётся актуальной задачей.

ВОПРОСЫ РАДИОБИОЛОГИИ В ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКЕ ВРАЧЕЙ В ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ

Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н.

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

grebenyuk_an@mail.ru

Систематическое преподавание вопросов радиобиологии в Военно-медицинской академии было начато в 1953 г., когда была организована самостоятельная кафедра «Боевых свойств, поражающего действия ядерного оружия и противоатомной защиты». Начальником кафедры стал доцент Л.И. Белянин, а преподавателями Г.И. Алексеев и Г.А. Горелов, получившие большой опыт изучения лучевой патологии при первых испытаниях ядерного оружия на Семипалатинском ядерном испытательном полигоне.

С 1955 г. курсантов и слушателей академии с основами военной радиобиологии знакомили на вновь созданных кафедрах «Медицинской защиты» и «Военно-полевой терапии». На кафедре медицинской защиты основной упор делали на преподавании вопросов противорадиационной защиты, а кафедра военно-полевой терапии знакомила курсантов и слушателей с клиническими аспектами лучевой патологии.

На созданной в 1972 году кафедре «Военной токсикологии и медицинской защиты» преподавание основ военной радиобиологии объединили в пределах одного курса. Работой по созданию этого курса, подготовке первых учебных планов и программ, разработке текстов лекций и практических занятий руководил профессор А.В. Попов. В первые годы радиобиологическое направление в преподавании обеспечивали также доценты Е.И. Сафронов и Ю.Ф. Коваль, а с 1976 г. – профессор Н.В. Бутомо. Радиобиологическую лабораторию кафедры возглавляли профессора Б.П. Лукашин и В.Н. Малаховский. Из сотрудников кафедры докторские диссертации по радиобиологии защитили профессор Н.А. Смирнов, Ю.Ю. Ивницкий и А.Н. Гребенюк, кандидатами наук стали А.В. Носов, В.В. Конев, Д.А. Сидоров, В.А. Рейнюк, Н.В. Аксенова, В.В. Зацепин. Бывший адъюнкт кафедры В.Б. Иванов стал начальником одноименной кафедры в ГИУВ МО РФ, а выпускники спецфакультета К.Г. Саркисян и А.М. Мухамеджанов преподают радиобиологию в Армении и Казахстане.

Наряду с историческими аспектами в докладе будут представлены учебные планы и программы, тематика лекций, семинаров и практических занятий, оригинальные учебники и учебные пособия, предназначенные для подготовки студентов медицинских вузов по вопросам радиобиологии и радиационной медицины.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Воробьева В.В.

Филиал Тихоокеанского государственного экономического университета в городе
Усурийске, Россия, vv-vorobjova@yandex.ru

Радиоэкологическое образование должно стать составной частью экологического образования в любом вузе для всех направлений обучения, а не только по экологическим, медицинским и сельскохозяйственным (биологическим) направлениям, как это происходит сейчас. Тем более что отечественная радиоэкология заняла лидирующее положение в мировой радиоэкологической науке. Образование является важнейшим инструментом устойчивого развития. Анализ содержания разнообразных учебников «Экология» показывает, что в них в лучшем случае есть пункт «Радиационное (или радиоактивное) загрязнение», что совершенно не достаточно. Радиация и сопутствующие ей ионизирующие излучения – важный экологический фактор Земли. Он включает в себя естественную радиоактивность, а также искусственную, которая появилась за последние десятилетия в связи с деятельностью человека. В настоящее время всеобщее внимание привлекает последнее, но мало кто обращает внимание на естественную радиацию, вклад которой в коллективную дозу облучения населения составляет 70–80 %.

Многие легко мирятся с факторами, связанными с большим риском для жизни и здоровья, например, езда на автомобиле, курение, алкоголь. Но в радиации стали видеть только зло, «своего рода абсолютное загрязнение». Формирование общественного сознания применительно к ядерной техносфере актуально. Следует повысить роль общественности, как в оценке предлагаемого риска, так и в окончательном решении при любом возможном воздействии радиации. Для этого нужна всесторонняя, достоверная и объективная информация, где радиоэкологическое образование и воспитание граждан России имеет решающее значение. К сожалению, учёные отмечают, что воздействие информационных процессов на развитие общества остаётся малоизученным современными науками. Реализация стратегии устойчивого развития общества зависит от каждого человека, от его личного участия в неповторимом индивидуальном варианте.

При изучении экологии в вузах города Усурийска мы всегда стремились дать основы радиоэкологии. Это нашло отражение в тематических планах и в учебных пособиях «Основы экологии» (Усурийск, 2007. 368 с.), «Введение в радиоэкологию» (Москва: Университетская книга, Логос, 2009. 360 с.).

**УРОКИ РАДИОЭКОЛОГИИ В КУРСЕ ОСНОВ ЭКОЛОГИИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА**

Ганжа Р. В., Ганжа Д. Д., Назаров А. Б.

Высшее профессионально-техническое училище №21, Ивано-Франковск, Украина
Предприятие по переработке и утилизации техногенных отходов “ТЕХНОЦЕНТР”,
Чернобыль, Украина, dmgan@rambler.ru
ГС НПП “Чернобыльский радиоэкологический центр”, Чернобыль, Украина.

Согласно профессионально-образовательной программы подготовки молодых специалистов в профессионально-технических училищах Украины преподаётся предмет “Основы экологии”. В поурочном планировании, которое составляет преподавателем, в теме “Развитие продуктивных сил и антропогенное влияние на окружающую природную среду”, радиоэкологической тематике нами посвящено два урока. Тема первого – радиоактивное загрязнение, тип урока – усвоение новых знаний. На уроке учащиеся знакомят с явлением радиоактивности, дают общее представление о природных и искусственных радионуклидах, о радиоактивности природной среды, об отрасли наук – радиоэкологии. Устанавливаются межпредметные связи с курсами физики, химии, охраны и безопасности жизнедеятельности. Урок, проводится в компьютерном классе в виде электронной презентации. Учащимся также раздают буклеты с кратким изложением материала и домашним заданием.

Тема второго урока – измерение гамма-излучения, тип – практическая работа. Для проведения урока академическая группа делится на две бригады, каждая из которых получает дозиметр-радиометр. Кроме того, учащиеся получают инструкцию с кратким описанием средства измерения, хода работы, формулами для расчётов, примерами их применения и требованиями по оформлению протокола измерений. В ходе практической работы, проводятся измерения в помещениях, на спортплощадке и во дворе училища, цокольной части и стен здания. Проводятся измерения каменного угля, золы и шлака в кузнечной мастерской. У групп разных специальностей набор заданий – различный. В ходе работы учащиеся вычисляют минимально необходимое количество измерений на пикете, рассчитывают среднее значение мощности дозы и коэффициенты вариации. В ходе обсуждения результатов – сравнивают полученные результаты с требованиями Государственных строительных норм.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ

В МГЭУ им. А. Д. САХАРОВА

Герасимович Н.В., Пухтеева И.В., Прокопенко Н.В.,

УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»,
Минск, Республика Беларусь, ngerasimovich@mail.ru

Современное социально-экономическое развитие общества, научно-технический прогресс требуют подготовки специалистов по новым направлениям, имеющим образование на стыке различных наук.

В Республике Беларусь одним из ведущих вузов по вопросам подготовки специалистов в области радиозологии и радиобиологии является УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова». Исходя из принципа университетского междисциплинарного экологического образования, при подготовке специалистов радиобиологов на факультете экологической медицины изучаются как традиционные медико-биологические дисциплины, так и специальные, такие как: «Экологическая биохимия», «Экологическая медицина», «Ксенобиология», «Токсикология», «Радиобиология и радиационная медицина», «Радиационная безопасность», «Радиационная гигиена», «Радиационная биохимия» и др.

Необходимо подчеркнуть что, особое внимание уделяется научно-исследовательской работе студентов. Она ориентирована на работы, связанные с профилактикой, диагностикой и минимизацией последствий воздействия на организм человека неблагоприятных факторов окружающей среды, включая последствия Чернобыльской аварии, а также поиску молекулярных маркеров этих экологических воздействий. Результаты своих исследований студенты представляют на международных, республиканских и проводимых на базе университета конференциях. Все это способствует развитию межкультурного диалога и взаимодействию молодежи стран СНГ

На наш взгляд, комплексный междисциплинарный подход, эффективное межвузовское и международное сотрудничество, постоянный оперативный информационный обмен способствуют координации в подготовке специалистов в области радиобиологии и радиозологии на современном этапе.

**ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС
ПРЕПОДАВАНИЯ ВОПРОСОВ ВОЕННОЙ РАДИОБИОЛОГИИ
НА ФАКУЛЬТЕТЕ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ ММА ИМ. И.М.СЕЧЕНОВА**

Гладких В.Д., Тимошевский А.А., Сапожников А.В.

ММА им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, tialexandr@yandex.ru

В соответствии с программой формирования инновационного образовательного пространства московской медицинской академии (ММА) им. И.М. Сеченова, на факультете военного обучения (ФВО), в рамках учебной дисциплины «Экстремальная и военная медицина» создана и внедряется в учебный процесс модульная образовательная программа, при реализации которой планируется использовать программируемые информационно-справочные системы (ИСС). Разработанная, в рамках реализации модульной системы обучения, ИСС на электронных носителях CD-ROM, предназначена для оптимизации процесса обучения студентов по вопросам военной радиобиологии. Её внедрение в образовательном процессе позволит повысить информативную ёмкость учебного материала, активизировать учебно-познавательную деятельность обучаемых и процесс их самостоятельной подготовки, что, в свою очередь, обеспечит возможность преподавателям использовать по отношению к студентам дифференцированный лично-ориентированный подход во время проведения практических занятий.

При выборе тематической направленности ИСС исходили из необходимости преодоления имеющихся трудностей информационного плана, связанных как с возрастающим объёмом информации по радиобиологии, так и определённой косностью учебных программ. Возможность междисциплинарной преемственности при организации учебного процесса для студентов различных факультетов (обучающихся по различным программам обучения), достигалась посредством входного тестового контроля остаточных знаний по базовым дисциплинам (физика, радиология, биохимия, физиология, фармакология, пропедевтика внутренних болезней). Создание ЭИСС предусматривало выполнение следующих этапов работы: формирование требований к ЭИСС; разработка концепции ЭИСС; разработка технического задания на ЭИСС; создание эскизного проекта ЭИСС; создание технического проекта ЭИСС; ввод в действие и дальнейшее сопровождение ЭИСС. При разработке электронной ИСС, как продукта образовательного назначения, сочетающего в себе элементы компьютерных обучающих программ и электронных изданий, нами учитывались такие требования потенциальных пользователей, как: - соответствие содержания ИСС государственному образовательному стандарту и полнота представленного учебного материала; - поддержка активной познавательной деятельности и различных форм самоконтроля усвоения учащимися материала; - возможность модернизации ИСС в процессе эксплуатации.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ ТЕМАТИКИ ПРИ УЧАСТИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

Гогебашвили М.Э., Иваннишвили Н.И.

Институт аграрной радиологии и экологии, Тбилиси, Грузия, gogebashvili@mail.ru

Острая необходимость в активизации радиобиологических и радиоэкологических исследований после известной аварии на Чернобыльской АЭС привела к увеличению специализированных организаций и научных коллективов, занимающихся актуальными вопросами, связанными с действием радиации. Однако с годами в связи с многочисленными реорганизациями на национальных уровнях их количество значительно снизилось. Одновременно с этим сформировались научные и учебные институты, где при планировании радиобиологической и радиоэкологической научной тематики осуществляют ученые смежных специальностей. Понятно, что в некоторых случаях это может привести к формированию ложных направлений и искажению законов этой научной дисциплины. При этом во многих публикациях все чаще появляются данные при реализации, которых может создаться значительная опасность, как при разработках биомедицинских технологий, так и при радиоэкологическом мониторинге и прогнозировании. Естественно, что эти вопросы переходят и в сферу подготовки кадров, что в ближайшем будущем может еще более обострить создавшуюся ситуацию. С целью повышения уровня исследовательских и учебных программ, нами проведен мониторинг формирования радиобиологической тематики при участии специалистов смежных научных дисциплин. Для получения статистических данных выбраны 10 наиболее актуальных радиобиологических вопросов, которые были предложены на рассмотрение научным советам с различным количеством специалистов в области радиобиологии (*по специальности 03.00.01*). Так, при участии в обсуждении советов, где радиобиологи составляли менее 75%-ов было одобрены все представленные тематики. Советами с менее 50%-ным составом радиобиологов – 85% тематик. И, наконец, советами включающих в себя менее 25% радиобиологов - не одобрено ни одной тематики. При обсуждении наибольшие разногласия вызывали вопросы, связанные с радиопротекторами (особенно режимы введения препаратов до- и после облучения, ОБЭ радиоизотопов и кумулятивные эффекты, и многие другие.). В целом полученные результаты показали актуальность этого вопроса и своевременность их обсуждения с целью принятия необходимых нормативных актов, как на национальном, так и на международном уровне.

ПРЕПОДАВАНИЕ ОСНОВ РАДИАЦИОННОЙ БИОХИМИИ В ГОМЕЛЬСКОМ МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Грицук А.И., Свєргун В.Т., Коваль А.Н., Сергєенко С.М., Бортновский В.Н.

Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Белоруссия

Gritsuk@inbox.ru

Авария на ЧАЭС поставила перед радиобиологией, принципиально новые проблемы: внешнего острого и хронического облучения малыми и сверхмалыми дозами, внутреннего облучения инкорпорированными радионуклидами и др., которые ранее не были столь актуальны. Это, в свою очередь, предполагает новый уровень профессиональной подготовки молодых специалистов – врачей и работников здравоохранения.

Программами медицинских ВУЗов не предусмотрен курс радиационной биохимии. Знание ее основ играет важную роль в профессиональной подготовке будущих врачей, основная масса которых будет работать в пострадавших регионах.

Проводимые на кафедре биохимии исследования эффектов внутреннего облучения инкорпорированными радионуклидами, убедительно подтверждают тезис о том, что биохимические реакции, обеспечивающие метаболизм, высокочувствительны к действию малых доз ионизирующей радиации. Эти результаты, а также данные литературы широко используются кафедрой в процессе преподавания всего объема биохимии предусмотренного Типовой и Рабочей программами.

Студенты знакомятся с данными радиобиологическими эффектами при изучении отдельных разделов биохимии. Так в разделе «Биоэнергетика» подробно рассматриваются пероксидный стресс и его последствия, механизмы антиоксидантной защиты. Студенты изучают пути образования АФК, патогенетическую роль депонирования в митохондриях ^{137}Cs – основного дозообразующего радионуклида. Анализируя данные официальной статистики о динамике заболеваемости в пострадавших регионах, обсуждается вероятность развития митохондриальной патологии у облученных лиц. В разделе «Биохимия липидов» исследуется проблема ПОЛ, его механизмов и последствий. Радиационно-индуцированный мутагенез предусмотрен в разделах «Основы молекулярной биологии» и «Биохимические механизмы канцерогенеза».

Таким образом, опираясь на литературные данные и результаты собственных научных исследований коллектив кафедры решает проблему подготовки будущих врачей, основная задача которых определена Государственной программой минимизации медико-биологических последствий аварии на ЧАЭС – оказание квалифицированной медицинской помощи и профилактика заболеваемости населения пострадавших регионов.

ПРЕПОДАВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ В ВЫСШИХ АГРАРНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ УКРАИНЫ

Гудков И.Н., Майдєбура О.П.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев;
Херсонский государственный аграрный университет, Украина, siteparig@mail.ru

Если до аварии на Чернобыльской АЭС курс радиобиологии в высших аграрных учебных заведениях СССР велся только на факультетах почвоведения и агрохимии, а также ветеринарной медицины, то с 1987 г. в Украине он был введен практически на всех факультетах биолого-естественных направлений. Было совершенно очевидным, что радионуклидное загрязнение сельскохозяйственных угодий и, соответственно, продукции растениеводства и животноводства – основного источника формирования доз облучения человека, является самым тяжелым последствием аварии. Курс радиобиологии ведется с учетом будущей специальности выпускников. На факультете ветеринарной медицины он так и называется – «Ветеринарная радиобиология». На остальных – «Радиобиология» или «Радиобиология и радиоэкология». Но на факультетах агробиологических специализаций акцент делается на особенностях действия ионизирующей радиации на растения и, соответственно, ведении растениеводства на загрязненных радионуклидами территориях; на зооинженерном и ветеринарной медицины – на животных и ведении животноводства; на лесохозяйственном и садово-паркового хозяйства – на древесных растениях и особенностях ведения этих отраслей. Эта специфика особо учитывается в курсе специальности «Экология и охрана окружающей среды», при освоении которого студенты выполняют курсовые работы, проходят двухнедельную учебную практику. Теоретические части всех курсов предполагают изучение не только специальных, но и тем общей радиобиологии: физические основы действия ионизирующих излучений, радиобиологические эффекты, радиочувствительность живых организмов, ее модификация. На лабораторных занятиях студенты знакомятся с основами техники радиационной безопасности и радиационной гигиены, овладевают навыками работы на дозиметрах и радиометрах разных систем, учатся оценивать дозы внешнего и внутреннего облучения. Курсы заканчиваются тестовыми экзаменами.

ПРЕПОДАВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИИ В ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

^{1,2} *Навратил Л.*, ^{1,2} *Росина Й.*, ^{1,2} *Сабол Й.*, ^{2,3} *Шкопек И.*

¹ Чешский технический университет, Факультет биомедицинской инженерии, Кладно,

² Южночешский университет, Медико-социальный факультет, Чешске Будейовице,

³ Карлов университет, 1-ый Медицинский факультет, Институт биофизики и информатики, Прага, Чешская Республика, leos.navratil@volny.cz

Преподавание радиобиологии в Чехии началось в 50-60-е гг. XX века, когда этот предмет был обязателен для изучения всеми студентами медицинских факультетов. После 1989 г. радиобиологию преподавали только в Военно-медицинской академии им. Я.Е. Пуркине в Градец Кралове. Даже в области послевузовского обучения врачей радиобиологию не преподавали, ее вопросов касались лишь при изучении онкологии.

Частичный возврат к нормальному преподаванию радиобиологии произошел в начале XXI века как результат методичной и целенаправленной работы Общества радиобиологии и экстремальных ситуаций Чехии. Радиобиологию начинают изучать на санитарных факультетах, как предмет по выбору она существует на 1-ом Медицинском факультете Карлова университета в Праге. Для военных врачей радиобиология преподается на Факультете военного здравоохранения Университета обороны Чехии. На медицинских факультетах других вузов вопросы радиобиологии преподают, чаще всего, в учебной дисциплине онкология. Наиболее хорошая ситуация сложилась на Факультете биомедицинской инженерии Чешского технического университета, в котором радиобиология преподается для студентов пяти различных специальностей.

Учебный предмет радиобиологию изучают, чаще всего, в течение одного семестра, по два учебных часа в неделю. Так как не везде есть возможность проводить практические занятия, основной упор делается на семинары. Учебный курс направлен на формирование широких представлений о биологических эффектах радиации, начиная с субклеточных изменений и заканчивая патогенезом, клиникой и лечением радиационных поражений организма, а также вопросами радиационной безопасности. На лекциях и семинарах обсуждают, кроме того, эффекты неионизирующих излучений. Для подготовки студентов к занятиям написаны и изданы два учебника, лекционный курс представлен на электронных носителях информации. Для преподавателей в Чехии существует возможность получить звание доцента или профессора по радиобиологии.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования, молодежи и физической культуры Чешской Республики № FRVŠ 2/2010.

КОНЦЕПЦИИ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ПО РАДИОЭКОЛОГИИ

Фирсова Л.П.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова Москва Россия

Во многих комплексных курсах лекций и учебных пособиях, включающих радиохимию или радиационную химию и радиоэкологию, последняя представлена в основном как подраздел по природоохранным мероприятиям и технике безопасности при производстве ядерной энергии или работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. Подразделы по радиоэкологии включают также материалы, описывающие дозовые характеристики природных фоновых или техногенных полей ионизирующих излучений, механизмы и закономерности воздействия ионизирующих излучений на косное и живое вещество, на биологические ткани и организмы, а также нормы и методы ограничения или снижения дозовых нагрузок. Однако такой подход к содержанию не полностью отражает суть радиоэкологии как отраслевого подраздела общей экологии.

Основанием для развития радиоэкологии как самостоятельного подраздела общей экологии является признание в настоящее время необходимости учитывать при решении экологических проблем значимость и специфичность радиоактивных компонентов экосистем и радиационных факторов воздействия не только на отдельные живые организмы, но и на их совокупности, более того на экосистемы и биосферу в целом. Это обуславливает целесообразность введения в курсы радиоэкологии дополнительных дефиниций и других материалов, характеризующих среду обитания и деятельности человека как обладающую интегративными свойствами совокупность многочисленных компонентов в иерархически обустроенных системах со сложной многоуровневой структурой взаимодействий. Использование системного подхода при учете специфичности радиоактивных вещественных компонентов, ядерной энергии, потоков ионизирующих частиц и гамма-квантов позволит упрочнить фундамент радиоэкологического аудита, планирования развития ядерной техники и связанных с ней областей, совершенствования природоохранной деятельности и техники безопасности, оптимизация антропогенных нагрузок и гармонизации отношений социума с природной средой.

О Г Л А В Л Е Н И Е

СЕКЦИЯ VIII. РАДИОЭКОЛОГИЯ. СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ РЫБ – ПОСЛЕДСТВИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ. <i>Белова Н.В.</i>	3
СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И Р.ТЕТЕРЕВ. <i>Белова Н.В., Емельянова Н.Г., Полякова Н.И.</i>	4
МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ РЕКИ ЕНИСЕЙ. <i>Болсуновский А.А., Сухоруков Ф.В.</i>	5
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ. <i>Бондарь Ю.И., Странд П., Браун Ж., Жукова О.М., Кашипаров В. А., Соколик Г.А.</i>	6
НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷ CS ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И СЛОЖНОСТИ НАСАЖДЕНИЯ. <i>Булко Н.И., Шабалева М.А., Козлов А.К.</i>	7
РАДИОНУКЛИДЫ УРАНА И РАДИЯ В ПОЧВАХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ. <i>Войничкова Е.В., Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Попеня М.В.</i>	8
ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРАНИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ ПОЛЕВКИ В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. <i>Гайченко В.А.</i>	9
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФОРМ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП. <i>ГАНЖА К.Д., ГУДКОВ Д.И., КЛЕНУС В.Г.</i>	10
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ МИГРАЦИИ БЕТА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ПОЧВЫ СОСНОВОГО ЛЕСА. <i>Ганжа Д.Д.</i>	11
ХРОНИЧЕСКОЕ РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ. <i>Гераськин С.А.</i>	12
ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ НА УРОВНЕ БИОГЕНЕЗА ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ. <i>Гогебашивили М.Э., Иванишвили Н.И., Потиашивили Н.Э., Потиашивили Е.Э.</i>	13
АДАПТИВНЫЙ ОТВЕТ У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА. <i>Григоркина Е.Б.</i>	14
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СТАТУС КАК МОДИФИКАТОР АККУМУЛЯЦИИ ОСТЕОТРОПНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ. <i>Григоркина Е.Б., Оленев Г.В., Верхотурцев М.С., Тарасов О.В.</i>	15

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА ТРАНСУРАНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ <i>Гриневич С.В., Кудряшов В.П., Лузан Н.А., Клементьева Е.А., Аммон А.А., Никитин А.Н., Дж. Браун</i>	16
ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}CS В ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ ГРИБОВ. <i>Грисюк С.Н., Пославская Ю.Я.</i>	17
ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ФИТОЦЕНОЗОВ В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. <i>Гудков И.Н.</i>	18
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРОБИОНТОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ. <i>Гудков Д.И., Дзюбенко Е.В., Шевцова Н.Л., Поморцева Н.А., Родионова Н.К., Проценко О.Н., Назаров А.Б.</i>	19
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНОВ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ ОБЪЕКТАМИ ПЕРВИЧНОГО ЯДЕРНОГО ЦИКЛА. <i>Дворецкий А.И., Белоконь А.С., Зайченко Е.Ю., Севериновская Е.В., Корнев В.Ю.</i>	20
РАДИОНУКЛИДЫ В ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ (В 30-КМ ЗОНЕГХК). <i>Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я.</i>	21
ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ВЗАИМООТНОШЕНИЕ В СИСТЕМЕ ПАТОГЕН-РАСТЕНИЕ. <i>Дмитриев А.П., Шевченко А.И., Полищук В.П., Гуца Н.И.</i>	22
О ПРОБЛЕМЕ ЗООГЕННОГО ВЫНОСА РАДИОНУКЛИДОВ С ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО «МАЯК». <i>Дмитриева А.В., Смагин А.И.</i>	23
РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА БИОТЫ: СЛУЧАЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНЫХ УРОВНЕЙ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОНУКЛИДОВ УРАНОВОГО И ТОРИЕВОГО РЯДОВ НА ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ. <i>Евсеева Т.И., Майстренко Т.А.</i>	24
АДАПТАЦИЯ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ И РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ. <i>Журавская А.Н.</i>	25
УДЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ^{137}CS В МЫШЦАХ РЫБ – БЕНТОФАГОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ ОСОБИ. <i>Зарубин О. Л.</i>	26
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}CS В ПОЧВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНОВ 30-КМ ЗОНЫ ЧАЭС И «ЮЖНОГО СЛЕДА». <i>Зарубина Н. Е.</i>	27
ОЦЕНКА ПЕРЕХОДА АМЕРИЦИЯ-241 ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО КОРМА В БИОМАССУ РЫБ. <i>Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я.</i>	28
ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ РЫБ РЕКИ ЕНИСЕЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА РОСАТОМА. <i>Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Паньков Е.В.</i>	29

АНАЛИЗ РОЛИ ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МНОГОЛЕТНЮЮ ДИНАМИКУ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯ НА ОТЧУЖДЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ. <i>Иванов Ю.А., Киреев С.И.</i>	30
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС. <i>Иванов Ю.А., Киреев С.И.², Бондарьков М.Д.³, Левчук С.Е., Хомутинин Ю.В.</i>	31
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ РЕФЕРЕНТНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ. <i>Йощенко В.И., Кашипаров В.А., Левчук С.Е., Йощенко М.И.</i>	32
ХАРАКТЕР РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА. <i>Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Мельников В.С.</i>	33
МИГРАЦИЯ RA-226 С ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ С ТЕРРИТОРИИ ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В П.ВОДНЫЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ. <i>Кичигин А.И., Шуктомова И.И., Носкова Л.М.</i>	34
СОДЕРЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ РАДИЯ, ПОЛОНИЯ И СВИНЦА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ БЕЛАРУСИ. <i>Клементьева Е.А., Кудряшов В.П., Овсянникова С.В.</i>	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОЙ МИГРАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ С ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА ПРИ РАБОТЕ В ШТАТНОМ РЕЖИМЕ. <i>Коржавин А.В., Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Николкин В.Н., Коробенко А.Н., Коробенко О.В.</i>	36
РЕКА ТЕЧА – СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. <i>Костюченко В.А., Мельников В.С., Попова И.Я., Перемыслова Л.М., Казаченок Н.Н.</i>	37
АККУМУЛЯЦИЯ ¹³⁷ CS В СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТАХ СТВОЛА СОСНЫ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОМ УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ. <i>Краснов В.П., Орлов А.А., Курбет Т.В.</i>	38
АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КЛЕТОЧНЫХ СИСТЕМ АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА У ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ ПРИ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ. <i>Кудяшева А.Г.</i>	39
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В ИНСТИТУТЕ БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УРО РАН. <i>Кудяшева А.Г., Таскаев А.И.</i>	40
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ. <i>Кутлахмедов Ю.А., Саливон А.Г., Пчеловская С.А., Родина В.В., Матвеева И.В., Петрусенко В.П.</i>	41
ПОЛОНИЙ-210 КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ ТРАССЕР БИОСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ. <i>Лазоренко Г.Е.</i>	42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДАННЫХ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЧА – ИСЕТЬ – ТОБОЛ – ИРТЫШ. <i>Дунёва К.В., Крышев А.И., Никитин А.И.</i>	43
ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА. <i>Майстренко Т.А., Евсеева Т.И., Белых Е.С.</i>	44
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕПРОДУКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. <i>Мамина В.П.</i>	45
КОМПЛЕКСНЫЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА. <i>Мельник Н.А.</i>	46
ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ¹³⁷ CS, ⁹⁰ SR И PU МАКРОФИТАМИ ВОДОЕМА В-3 ТЕЧЕНСКОГО КАСКАДА ВОДОЕМОВ (ТКВ): НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ. <i>МЕНЬШИХ Т.Б., РОВНЫЙ С.И.</i>	47
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТОВ КАНЬОНА РЕКИ МАШАВЕРА. <i>Микеладзе М.О., Чанкселиани З. Ж., Миндиашили Н. Липартелиани М.</i>	48
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОЕМОВ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧАЭС И ЮГА УКРАИНЫ. <i>Мирзоева Н.Ю.</i>	49
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ¹³⁷ CS В ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ РАЗНЫХ ТИПОВ БОЛОТ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ. <i>Мяковская О.С.</i>	50
ПОВЕДЕНИЕ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ. <i>Наумов А.Д., Пузан Н.А., Гриневич С.В., Клементьева К.А., Аммон А.А., Никитин А.Н., Браун Дж.</i>	51
МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВЛИЯНИЮ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИЯ. <i>Носкова Л.М., Шуктимова И.И.</i>	52
РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ У <i>ARODEMUS (S.) URALENSIS</i> ИЗ ЗОНЫ ВУРСА. <i>Орехова Н. А., Расина Л.Н.</i>	53
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ¹³⁷ CS В ЭКОСИСТЕМАХ ПОСТЛИМНЕАЛЬНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ. <i>Орлов А.А., Головкин О.В.</i>	54
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПЕРИОД ПОЛУОЧИЩЕНИЯ ОТ ¹³⁷ CS ДОМИНАНТ НИЖНИХ ЯРУСОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА. <i>Орлов А.А.</i>	55
ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЯИЦ У ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ НЕМАТОДЫ <i>HELIGMOSOMUM MIXTUM</i> (SCHULZ, 1952) В 30 КМ ЗОНЕ ЧАЭС. <i>Пельгунов А.Н.</i>	56
АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ ¹³⁷ CS И ⁹⁰ SR ДРЕВЕСИНОЙ И КОРОЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ. <i>Перволоцкий А.Н., Перволоцкая Т.В.</i>	57

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПОСЛЕ АВАРИЙНЫХ ВЫПАДЕНИЙ. <i>Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В.</i>	58
ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ¹³⁷ CS И ⁹⁰ SR ЯГОДАМИ ЧЕРНИКИ И ЗЕМЛЯНИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ. <i>Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В.</i>	59
ОСНОВНЫЕ ИТОГИ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА. <i>Перемыслова Л.М., Костюченко В.А., Попова И.Я., Дегтева М.О., Толстых Е.И.</i>	60
ВЛИЯНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ-АЗОТФИКСАТОРЫ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ. <i>Перк А.А., Собакин П.И.</i>	61
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОЛИГОН ЭКЗОБИОЛОГИЧЕСКИХ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БАТИАЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ. <i>Поликарпов Г.Г.</i>	62
МИГРАЦИЯ ¹³⁷ CS И ⁴⁰ K С ИКРОЙ ИЗ ОРГАНИЗМА РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ВОДОЕМАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. <i>Полякова Н.И., Пельгунова Л.А., Рябов И.Н.</i>	63
ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИХТИОФАУНЫ РЕК ТОБОЛ И ИРТЫШ. <i>Полякова Н.И., Пельгунова Л.А., Рябцев И.А., Рябова Л.В., Рябов И.Н.</i>	64
СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМОВ-ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПО «МАЯК». <i>Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Дерябина Л.В., Стукалов П.М.</i>	65
СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ УРАНА В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ БАССЕЙНОВ РЕК ПЕЧОРА, ЕНИСЕЙ И ВОДОЕМОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ. <i>Рачкова Н.Г., Шуктумова И.И., Болсуновский А.Я., Жижяев А.М., Клементьева Е.А.</i>	66
РАДИОЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗОНЫ ВУРС'А. <i>Смагин А. И.</i>	67
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯКУТИИ. <i>Собакин П.И.</i>	68
СОСТОЯНИЕ ПЛУТОНИЯ И АМЕРИЦИЯ В ПОЧВАХ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО- ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА. <i>Соколик Г.А., Овсянникова С.В., Лопева М.В., Войникова Е.В., Свирицевский С.Ф.</i>	69
РОЛЬ ЭНДОГЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА В АККУМУЛЯЦИИ ОСТЕОТРОПНЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ. <i>Стариченко В.И.</i>	70
ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА: ВЛИЯНИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПО «МАЯК». <i>Тарасов О.В., Бакуров А.С., Крылова Е.И.</i>	71

ПОСТУПЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭКОЛОГИИ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЧЁРНОМ МОРЕ В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД. <i>ТЕРЕЩЕНКО Н.Н., ПОЛИКАРПОВ Г.Г.</i>	72
ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ САМСОНОВКА НЕФТЬЕГАНСКОГО РАЙОНА ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ. <i>Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Коржавин А.В., Николкин В.Н., Мигунов В.И. Чубаров Я.Г.</i>	73
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЬ-ИРТЫШСКОЙ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ. <i>Трапезников А.В., Коржавин А.В., Трапезникова В.Н., Николкин В.Н., Мигунов В.И.</i>	74
ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ-ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ СРЕДНЕАКТИВНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В-9 И В-17 ПО «МАЯК». <i>Трапещина Г.А., Духовная Н.И., Осипов Д.И., Стукалов П.М., Пряхин Е.А.</i>	75
ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА СЕМЯН ТРОСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В ВОДОЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ. <i>ЯВНЮК А.А., ШЕВЦОВА Н.Л., ГУДКОВ Д.И.</i>	76

СЕКЦИЯ IX. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОБОСНОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС. <i>Бакалова О. Н.</i>	77
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСОНАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК К РАЦИОНУ КОРОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ МОЛОКА. <i>Биденко В.Н., Гудков И.Н.</i>	78
СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ И НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТАХ В РЕГИОНАХ КВЕНО КАРТЛИ. <i>Бибилури Э.В., Чанкелиани З.Ж., Размадзе Д.Б., Брегадзе Т.Д., Улумбелашвили Л.И., Сикарулидзе Ц.Д., Бибилури М.О.</i>	79
НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЕТЕРИНАРНЫХ ЗАЩИТНЫХ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ. <i>Бударков В.А.</i>	80
ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ДОЛЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ИОНОВ РАСТЕНИЯМИ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ВОДЕ И ПОЧВЕ. <i>Гапоненко В.И.</i>	81
ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА И УФ-В-РАДИАЦИИ НА ЯЧМЕНЬ. <i>Гончарова Л.И., Рачкова В.М.</i>	82
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛУНАТА НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ. <i>Грудина Н.В., Быданова В.В., Грудин Н.С., Бастракова Л.А.</i>	83

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРУБЫХ КОРМОВ ПЕРЕД СКАРМЛИВАНИЕМ НА КАЧЕСТВО, СОДЕРЖАНИЕ ^{137}CS И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ. <i>Губарева О.С., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н.</i>	84
ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ВИНОДЕЛИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЕРЕХОДА ^{137}CS В ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ. <i>Гудков И.Н., Лазарев Н.М., Ветомова Ю.В.</i>	85
ПРОГНОЗ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ. <i>Гуцева Г. З.</i>	86
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ К ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ. <i>Денисова Т.В., Казеев К.Ш.</i>	87
ПРИЁМЫ СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ^{137}CS И ^{90}SR В ПРОДУКЦИЮ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЕРНОВО– ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ. <i>Жданович В.П., Исаченко С.А., Одинцова Л.Е.</i>	88
ВЛИЯНИЕ НА ЖИВОТНЫХ КОМБИНИРОВАННОГО РАДИАЦИОННО– ТОКСИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ. <i>Иванов А.В., Колюхов Г.В., Тарасова Н.Б.</i>	89
ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ АДРЕСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. <i>Иванова Е.Г., Панов А.В.</i>	90
ПРОТИВОЛУЧЕВЫЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ОБЛУЧЕНИИ В МАЛОЙ ДОЗЕ. <i>Иванов А.В., Колюхов Г.В., Низамов Р.Н.</i>	91
РАЗРАБОТКА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ, УСКОРЯЮЩИХ ВЫВЕДЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ ИЗ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ. <i>Илимухаметов К.Т., Шакурлов М.М., Шашкаров В.П.</i>	92
СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЗОН РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УКРАИНЫ. <i>Калиненко Л.В.</i>	93
ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОРНЕВОГО ПЕРЕХОДА ГАЛОГЕНОВ ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ. <i>Кашпаров В. А., Колле К., Левчук С.Е., Зварич С.И.</i>	94
НОРМИРОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОНЫ ПОЛЕСЬЯ. <i>Кимаковская Н.А.</i>	95
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЧВЫ В ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ПОЛЕСЬЯ. <i>Косарчук О.В.</i>	96
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИАГНОСТИКУ РАДИАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ. <i>Лазарев Н.М.</i>	97

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕМНИЙ СОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА СИЛИПЛАНТ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ. <u>Лой Н.Н., Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Степанчикова Н.С.</u>	98
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ. <u>Мартынова А.А., Мельник Н.А.</u>	99
ОБРАТИМОСТЬ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ¹³⁷ CS И ЕГО ДОСТУПНОСТЬ ДЛЯ РАСТЕНИЙ. <u>Маслова К.М., Попов В.Е.</u>	100
ПРОГНОЗ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ¹³⁷ CS, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВО НОРМАТИВНО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И КОРМОПРОИЗВОДСТВА. <u>Музалевская А.А., Панов А.В.</u>	101
РАДИОНУКЛИДЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС. <u>Мудрак А.В.</u>	102
РАДИОЗАЩИТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ МЕТАБОЛИЗМА В. BIFIDUM. <u>Низамов Р.Н., Иванов А.А., Шарифуллина Д.Т., Нефедова Р.В., Вагин К.Н.</u>	103
ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИОРИТЕТОВ В ПЛАНИРОВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. <u>Перепелятников Г.П.</u>	104
ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷ CS В УРОЖАЕ ЯЧМЕНЯ. <u>Пименов Е.П., Митряшкина А.И.</u>	105
СОВРЕМЕННАЯ СТРАТЕГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРМЕР В КРИТИЧЕСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ УКРАИНЫ. <u>Полицук С.В.</u>	106
ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ¹³⁷ CS С ПОМОЩЬЮ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ СОРБЕНТА. <u>Попов В.Е., Маслова К.М., Степина И.А.</u>	107
ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ. <u>Процак В.П.</u>	108
МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ТРАНСУРАНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В БЕЛАРУСИ. <u>Лузан Н.А., Кнатько В.А.</u>	109
ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ. <u>Ратников А.Н., Попова Г.И., Жигарева Т.Л., Свириденко Д.Г., Петров К.В.</u>	110
ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА НАСЕЛЕНИЕ, ФОРМИРУЕМЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА. <u>Соломатин В.М., Спиридонов С.И.</u>	111

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ^{137}CS МИНЕРАЛЬНЫМИ СОРБЕНТАМИ И ПОЧВАМИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ K^+ И NH_4^+ . <u>Степина И.А.</u> , <u>Полов В.Е.</u>	112
ВЛИЯНИЕ УРАНА НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ. <u>Суранова Г.Ж.</u> , <u>Тухватшин Р.Р.</u>	113
ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОТОЛОГИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ЗАТРАВКИ Т-2 ТОКСИНОМ. <u>Тамбовский М.А.</u> , <u>Тарасова Н.Б.</u> , <u>Конохов Е.Г.</u> , <u>Фаттерахманов Л.Р.</u>	114
ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В КРИТИЧЕСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РОВНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ. <u>Тенкач Э.С.</u> , <u>Полищук С.В.</u>	115
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА АГРОЦЕНОЗЫ. <u>Удалова А.А.</u> , <u>Ульяненко Л.Н.</u> , <u>Алексахин Р.М.</u> , <u>Гераськин С.А.</u> , <u>Филипас А.С.</u>	116
СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}CS В ЯЧМЕНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СД В ПОЧВЕ. <u>Ульяненко Л. Н.</u> , <u>Филипас А. С.</u> , <u>Круглов С. В.</u> , <u>Лой Н.Н.</u> , <u>Степанчикова Н.С.</u>	117
ПОСТУПЛЕНИЕ ^{137}CS И ^{90}SR В ОВОЩНЫЕ КУЛЬТУРЫ. <u>Шамаль Н.В.</u> , <u>Захаренко М.Н.</u> , <u>Хомченко О.Н.</u> , <u>Пузан Н.А.</u> , <u>Аммон А.А.</u> , <u>Кудряшов В.П.</u>	118
ГРАФИТОВАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ. <u>Шевченко К.Н.</u> , <u>Райф О.Н.</u>	119

СЕКЦИЯ X. РАДИОБИОЛОГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

POSTIRRADIATION CHANGES INDUCED IN SELECTED STRAINS OF ALGAE IRRADIATED WITH NONRELATIVISTIC PROTONS AND γ -RAYS OF ^{60}CO . <u>Hlinková E.</u> , <u>Krajčovič J.</u> , <u>Vacula R.</u> , <u>Timoshenko G. N.</u> , <u>Pticyn I.V.</u>	120
МОДУЛЯЦИЯ ЭФФЕКТОВ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ВАРИАЦИЯМИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ. <u>Белищева Н.К.</u> , <u>Мельник Н.А.</u>	121
ЭФФЕКТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА СОСТОЯНИЕ БИОСИСТЕМ. <u>Белищева Н.К.</u>	122
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА ПРОТОНАМИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПУЧКА ФАЗОТРОНА ОИЯИ ПО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИМ ТЕСТАМ. <u>Говорун Р. Д.</u> , <u>Зайцева Е. М.</u> , <u>Красавин Е.А.</u> , <u>Мицын Г. В.</u> , <u>Молоканов А. Г.</u>	123
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ОИЯИ. <u>Говорун Р.Д.</u> , <u>Красавин Е.А.</u> , <u>Кошлянь И.В.</u> , <u>Зайцева Е.М.</u> , <u>Кошлянь Н.А.</u>	124
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДУКЦИИ ПОТЕРИ ХРОМОСОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ У ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> . <u>Замятина Т.А.</u> , <u>Болонкина Н.В.</u> , <u>Колтовая Н.А.</u>	125

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ БЫСТРЫХ (0.85 МЭВ) НЕЙТРОНОВ У КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES CEREVISAE</i> РАЗЛИЧНОЙ ПЛОИДНОСТИ. <i>Кабакова Н. М., Цыб Т. С.</i>	126
ИНДУКЦИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ДЕЛЕЦИЙ Г-ЛУЧАМИ И ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ 11В, 7Л1 И 20NE В ГАПЛОИДНЫХ КЛЕТКАХ ДРОЖЖЕЙ. <i>Кокорева А.Н., Яцевич К.В., Белокопытова К.В., Тростников М.В., Колтовая Н.А.</i>	127
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕНОМЕ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES</i> ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ С РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДОЗЫ. <i>Комарова Е. В., Цыб Т. С., Малинова И. В.</i>	128
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА В СТАДИЯХ G ₀ , G ₁ . <i>Корякина Е.В., Потетня В.И., Потетня О.И., Севаньяков А.В.</i>	129
ВАКЦИНА ГРИППОЛ – СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ. <i>Михеева Е.Г., Абросимова А.Н., Куликова Е.И., Молоканов А.Г., Старокарова Н.М., Уланова А.М.</i>	130
ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ДНК НА ИНДУКЦИЮ АПОПТОЗА В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ГАММА-КВАНТАМИ 60СО И ПРОТОНАМИ МЕДИЦИНСКОГО ПУЧКА ОИЯИ В РЯСТЯНУТОМ ПИКЕ БРЕГА. <i>Равначка И.И., Баранова Е.В., Борейко А.В., Савельева М.Г., Красавин Е.А.</i>	131
СРАВНЕНИЕ ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГАММА- И ПРОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ И МЕТИЛНИТРОЗОМОЧЕВИНЫ НА СЕЧАТКУ ГЛАЗА МЫШЕЙ. <i>Тронов В.А., Логинова М.Ю., Белецкая Т.А., Панова И.Г., Фельдман Т.Б., Тимошенко Г.Н., Молоканов А.Г., Красавин Е.А., Островский М.А.</i>	132
ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В МЕЖПЛАНЕТНОМ ПОЛЕТЕ. <i>Ушаков И.Б., Петров В.М., Иванов А.А., Шафиркин А.В., Штемберг А.С.</i>	133
ПРОЯВЛЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННЫХ НЕЛЕТАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ У КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES CEREVISAE</i> (НА МОРФОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ЛПЭ В «НЕЛЕТАЛЬНЫХ» ДОЗАХ. <i>Цыб Т. С., Комарова Е. В., Малинова И. В.</i>	134
ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА РЕПАРАЦИИ ДНК В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА НА ИНДУКЦИЮ И РЕПАРАЦИЮ ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗНОЙ ЛПЭ. <i>Чаусов В.Н., Борейко А.В., Стукова С.И., Красавин Е.А.</i>	135
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИНДУЦИРУЕМЫЕ У СЕМЯН <i>ZEА МАУS L.</i> АДРОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ СЕРПУХОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ПРОТОНОВ. <i>Юров С.С., Мыслик А.И., Дмитриевский И.М., Пелешко В.Н., Друзаченок С.А., Кожокару А.Ф., Ревин А.Ф.</i>	136

СЕКЦИЯ XII. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ. СИСТЕМНАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ.

- МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНДУЦИРУЮЩЕГО СИГНАЛА SOS-СИСТЕМЫ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТКАХ *ESCHERICHIA COLI* ПРИ ДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ЛПЭ. *Аксёнова С.В., Белов О.В., Красавин Е.А.*.....137
- ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЗОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ХРОМОСОМ. *Андреев С.Г., Эйдельман Ю.А.*138
- СИСТЕМНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ. *Андреев С.Г.*.....139
- МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ МИТОГЕНЕЗА В КЛЕТКЕ, УЧИТЫВАЮЩАЯ КОМБИНАТОРНУЮ СЛОЖНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЛКОВ. *Борисов Н.М., Безродная Н.Б., Боговалова Н.С., Галутдинова Ж.Ж., Зяблицин А.В.*.....140
- СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ SOS-ОТВЕТА БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI* ПРИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ОБЛУЧЕНИИ. *Бугай А.Н., Ляшко М.С., Пархоменко А.Ю.*.....141.
- СИСТЕМНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО ОПРЕДЕЛЯЕТ НОВОЕ КАЧЕСТВО - СИГНАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ. *Буланова К.Я., Лобанок Л.М., Конопля Е.Ф.*.....142
- ДОЗОВЫЕ ЦЕНЫ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЮГЕ УКРАИНЫ. *Григорьева Л.И., Томлин Ю.А.*.....143
- РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА НА ЧЕЛОВЕКА НА ЮГЕ УКРАИНЫ. *Григорьева Л.И., Томлин Ю.А.*.....144
- АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОМУ ПАРАДОКСУ. *Дмитриевский И.М., Юров С.С.*145
- ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И БИОТЫ. *Кравец А.П., Набока М.В., Мюссе Т.А.*.....146
- ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В МНОГОКЛЕТОЧНОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ОРГАНИЗМЕ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ. *Кутлахмедов Ю.А.*147
- КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РОСТА ОБЛУЧЕННЫХ КЛЕТОК В КУЛЬТУРЕ С УЧЁТОМ МЕЖКЛЕТОЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ. *Рубина С.С., Боговалова Н.С., Эйдельман Ю.А., Андреев С.Г.*.....148
- ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕЛИЧИН ДОЗ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. *Сабол Й., Росина Й., Навратил Л., Зоелцер Ф., Хон З.*149

РЕПАРАЦИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ДВОЙНЫХ РАЗРЫВОВ ДНК: ДАННЫЕ PFGE И МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. <i>Сальников И.В., Эйдельман Ю.А., Андреев С.Г.</i>	150
ВКЛАД МОЩНОСТИ ДОЗЫ В ГИБЕЛЬ ОВЕЦ ПРИ ВНЕШНЕМ Г-ОБЛУЧЕНИИ. <i>Саруханов В.Я., Исамов Н.Н., Епимахов В.Г., Колганов И.М.</i>	151
СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ГИПЕРТЕРМИИ С ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ИЛИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СВЕТОМ. <i>Семкина М.А.</i>	152
КАКОЙ БЫЛА БЫ РАДИОБИОЛОГИЯ, ЕСЛИ БЫ НЕ МИКРОДОЗИМЕТРИЯ. <i>Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.</i>	153
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ РЕПАРАЦИИ И АПОПТОЗА ЗА ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. <i>Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.</i>	154
СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА КЛЕТКУ: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТДАЛЕННЫХ ЭФФЕКТОВ. <i>Смирнова С.А., Смирнов А.С., Смирнов Ю.С.</i>	155
МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ. <i>Эйдельман Ю.А., Андреев С.Г.</i>	156

СЕКЦИЯ XIII. РАДИОБИОЛОГИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ.

О БИОЛОГИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КРАЙНЕ НИЗКИХ ЧАСТОТ. <i>Алекперов С.И., Журавлев В.А., Родионов Г.Г., Старченко Д.А., Федорова М.А.</i>	157
ПЕРЕХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ЭФФЕКТЫ НА ЗДОРОВЬЕ. <i>Ахонен М.П., Мухин Р.В., Трушин М.В.</i>	158
МИКРОВОЛНЫ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ ИНГИБИРУЮТ ФОРМИРОВАНИЕ ДНК РЕПАРАЦИОННЫХ ФОКУСОВ В СТВОЛОВЫХ КЛЕТКАХ ЧЕЛОВЕКА: ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ РИСКА РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. <i>Беляев И.Я., Мальмерен Л.О., Маркова Е.К.</i>	159
НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. <i>Большаков М.А., Жаркова Л.П., Князева И.Р., Ростов В.В.</i>	160
О ВЛИЯНИИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ДНК. <i>Бугай А.Н., Пархоменко А.Ю.</i>	161

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ. <i>Будяков М.А., Литвяков Н.В., Афанасьев К.В., Кутенов О.П., Большаков М.А., Чердынцева Н.В., Ростов В.В.</i>	162
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКРАНОВ ИЗ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СО И FE НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ ПОСТОЯННЫХ И ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ. <i>Бутусова Т.Ю., Галяткина Л.В., Фармаковский Б. В., Кузнецов П. А., Васильева О.В., Сурма С. В., Щеголев Б. Ф.</i>	163
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА НА АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА. <i>Васильева Т.И., Добрикова Е.А.</i>	164
РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА НЕПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС-САМЦОВ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ (50 ГЦ). <i>Верещако Г.Г., Горох Г.А., Пепренев Д.Р., Гунькова Н.В., Якушев Д.Л.</i>	165
РЕАКЦИЯ ХРОМАТИНА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ МЫШИ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ НА ФОНЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. <i>Гапеев А.Б., Романова Н.А.</i>	166
МОЩНОСТЬ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ КАК ОСНОВНАЯ ВЕЛИЧИНА В ДОЗИМЕТРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ УВЧ ДИАПАЗОНА В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ. <i>Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А.</i>	167
ПРОТОКОЛ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭМП МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ. <i>Григорьев О.А., Лукьянова С.Н., Тюрбаров Ф.С., Баранник И.А.</i>	168
ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ. <i>Денисова Т.В., Колесников С.И., Капалова О.А.</i>	169
ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ. <i>Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И.</i>	170
ОЦЕНКА БИОЭФФЕКТИВНОСТИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭМ ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ НА АДАПТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ И СПОСОБНОСТЬ К ОБУЧЕНИЮ. <i>Жаворонков Л.П., Павлова Л.Н., Глушакова В.С., Посадская В.М., Дубовик Б.В.</i>	171
НОВЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВРОЖДЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ. <i>Жарова Л.Т., Бекренева Т.С.</i>	172
ПОСЛЕДСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ. <i>Зюзина И.В., Сподобаев Ю.М.</i>	173

ИЗМЕНЕНИЕ В ОКИСЛИТЕЛЬНОМ МЕТАБОЛИЗМЕ ФАГОЦИТОВ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ЛИМФОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ GSM 900MHZ . <u>Конопля Е.Ф.</u> , <u>Петренёв Д.Р.</u> , <u>Якушев Д.Л.</u>	174
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ НА КЛЕТКАХ ФИБРОБЛАСТОВ ЗДОРОВОГО ДОНОРА И БОЛЬНОЙ АТАКСИЕЙ-ТЕЛЕАНГИЕКТАЗИЕЙ. <u>Куранова М.Л.</u> , <u>Михельсон В.М.</u> , <u>Спивак И.М.</u> , <u>Плескач Н.М.</u>	175
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО И НИЗКОИНТЕНСИВНОГО НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ. <u>Лавренчук Г.И.</u> , <u>Чоботько Г.М.</u> , <u>Гурандо С.Р.</u> , <u>Олейникова Т.Г.</u>	176
БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКИХ УРОВНЕЙ УФ-В РАДИАЦИИ. <u>Манин К.В.</u>	177
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ИМИТАТОРА ЭМП ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛЭП НА МИКРОФЛОРУ ПОЧВЫ. <u>Маслов М.Ю.</u> , <u>Сарокваши О.Ю.</u> , <u>Скачков Д.В.</u> , <u>Ефграфова И.В.</u>	178
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА НА СУДАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ МОРСКОЙ РА-ДИОЭЛЕКТРОНИКИ. <u>Никитина В.Н.</u> , <u>Ляшко, Г.Н.</u> , <u>Тимохова Г.Н.</u> , <u>Нечепоренко Э.Ю.</u>	179
ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ. <u>Новичкова Е.А.</u> , <u>Подковкин В.Г.</u>	180
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ. <u>Рубцова Н.Б.</u> , <u>Пальцев Ю.П.</u> , <u>Походзей Л.В.</u>	181
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА. <u>Сарапульцева Е.И.</u>	182
ИССЛЕДОВАНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЭП НА ЭКОЛОГО – БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ. <u>Сарокваши О.Ю.</u>	183
ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МОЗГА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ. <u>Сидоренко А. В.</u> , <u>Лыньков Л. М.</u> , <u>Овсянкина Г.И.</u> , <u>Казека А. А.</u> , <u>Леончик Ю. Л.</u>	184
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. <u>Сподобаев Ю.М.</u> , <u>Маслов М.Ю.</u> , <u>Довбыш В.Н.</u>	185
ГИПОКСИЯ И ОКСИД АЗОТА — ФАКТОРЫ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ КЛЕТОК К УФ-ИЗЛУЧЕНИЮ. <u>Стрельцова Д.А.</u> , <u>Васильева С.В.</u>	186
ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ НА СКОРОСТЬ КАТАЛАЗНОЙ И ПЕРОКСИДАЗНОЙ РЕАКЦИЙ. <u>Фролов Ю.П.</u> , <u>Розина С.А.</u>	187

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТЕЙ-ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ. <i>Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Горбунова Н.В.</i>	188
--	-----

СЕКЦИЯ XIV. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЕ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ ПО РАДИОБИОЛОГИИ В РОССИИ. <i>Бутомо Н.В., Иванов В.Б., Юманов А.П.</i>	189
ВОПРОСЫ РАДИОБИОЛОГИИ В ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКЕ ВРАЧЕЙ В ВОЕННО- МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ. <i>Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н.</i>	190
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА. <i>Воробьева В.В.</i>	191
УРОКИ РАДИОЭКОЛОГИИ В КУРСЕ ОСНОВ ЭКОЛОГИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО- ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА. <i>Ганжа Р. В., Ганжа Д. Д., Назаров А. Б.</i>	192
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ В МГЭУ им. А. Д. САХАРОВА. <i>Герасимович Н.В., Пухтеева И.В., Прокопенко Н.В.</i>	193
ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ПРЕПОДАВАНИЯ ВОПРОСОВ ВОЕННОЙ РАДИОБИОЛОГИИ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ ММА им. И.М.СЕЧЕНОВА. <i>Гладких В.Д., Тимошевский А.А., Сапожников А.В.</i>	194
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ ТЕМАТИКИ ПРИ УЧАСТИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН. <i>Гогебашивили М.Э., Иванишвили Н.И.</i>	195
ПРЕПОДАВАНИЕ ОСНОВ РАДИАЦИОННОЙ БИОХИМИИ В ГОМЕЛЬСКОМ МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ. <i>Гришук А.И., Свєргун В.Т., Коваль А.Н., Сергеєнко С.М, Бортновский В.Н.</i>	196
ПРЕПОДАВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ В ВЫСШИХ АГРАРНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ УКРАИНЫ. <i>Гудков И.Н., Майдебуря О.П.</i>	197
ПРЕПОДАВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИИ В ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ <i>Навратил Л., Росина Й., Сабол Й., Шкопек И.</i>	198
КОНЦЕПЦИИ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ПО РАДИОЭКОЛОГИИ. <i>Фирсова Л.П.</i>	199
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	200

**VI СЪЕЗД
ПО РАДИАЦИОННЫМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ
(радиобиология, радиозэкология,
радиационная безопасность)**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Т О М II
(секции VIII–XIV)**

**Москва
25–28 октября 2010 года**

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Л.А. Горовенко*
Дизайн обложки *М.В. Шатихина*

Подписано в печать 23.09.2010 г. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 12,56. Тираж 400 экз. Заказ 1005

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41

Для заметок
