

# Оцінка коефіцієнту ресуспензії радіонуклідів при лісових пожежах в Чорнобильській зоні

*С.І. Азаров<sup>1</sup>, В.Л. Сидоренко<sup>2</sup>, О.В. Руденко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України

<sup>2</sup> Інститут державного управління у сфері цивільного захисту НУЦЗ України

Ліси за своїм призначенням та місцезнаходженням у зоні відчуження ЧАЕС виконують водоохоронозахисні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції. Однак у результаті лісових пожеж пошкоджується або знищується живий ґрунтовий настил, підросток, підлісок та деревний ярус, змінюється структура, склад та властивості лісової підстилки і верхніх шарів ґрунту, а також мікроклімат місцезнаходження. Наслідком пірогенного впливу є післяпожежні сукцесії деревної та трав'яної рослинності з наступними змінами у віковій та формаційній структурі мохового та трав'янисто-чагарникового покриву.

На територію 30-ти кілометрової зони ЧАЕС випало приблизно  $5 \cdot 10^{15}$  Бк радіоактивних осадів, з них  $3 \cdot 10^{13}$  Бк припадає на трансуранові елементи. Найбільша щільність забруднення ґрунту припадає на  $^{137}\text{Cs}$  (понад  $8 \cdot 10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  ( $7 \cdot 10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup>) та плутоній ( $3 \cdot 10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup>). З 1990 по 2008 рр. у Чорнобильській зоні сталося 42 великі лісові пожежі, якими було охоплено 16,9 тис. га лісів та 19,6 тис. га трав'яного настилу. Пожежонебезпечний сезон настає з моменту сходу снігового покриву і триває до настання стійкої дощової осінньої погоди чи утворення снігового покриву. У залежності від того як вогонь розповсюджується в лісі, пожежі поділяються на низові (55 %), верхові (30 %) та перехідні та підземні (15 %). Число великих лісових пожеж склало 9 %, середніх – 28 % та локальних – 63 %. В широколистяно-соснових лісах сталося 45 % пожеж, в широколистяних – 20, у соснових – 10, у сухотравно-лишайникових – 10, а залишок – у чорноольхових лісах та перелогах. Число лісових пожеж на забрудненій  $^{137}\text{Cs}$  території з рівнем радіоактивного забруднення менше  $10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup> склало 68 %, від  $3 \cdot 10^{10}$  до  $10^{11}$  Бк/км<sup>2</sup> – 23 %, а залишок на території з рівнем радіоактивного забруднення понад  $10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup>. Стохастичний характер процесів виникнення, розвитку, розповсюдження пожеж та варіації ступеню горіння рослинних асоціацій на території з різною щільністю забруднення радіонуклідами в залежності від сезону року обумовлює необхідність оцінки радіаційної ситуації, прогнозу пострадіаційних наслідків та розробки заходів щодо мінімізації радіоактивного впливу.

Останнім часом, особливо після Чорнобильської аварії, проведено багато досліджень щодо вторинної небезпеки радіоактивних аерозолів при лісових пожежах. Різні науковці називають різні параметри (наприклад, коефіцієнт і швидкість ресуспензії) визначальними для надходження радіоактивних продуктів згоряння в атмосферне повітря при лісових пожежах на території Чорнобильської зони.

У випадку радіоактивного забруднення лісних насаджень ізотопами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  і трансурановими елементами найбільшу радіологічну небезпеку становить їх надходження в організм людини через органи дихання (інгаляційним шляхом). Утворення концентрацій вторинно зважених у повітрі радіоактивних продуктів згоряння з поверхні лісової підстилки залежить від багатьох факторів: виду пожежі (низова, верхова, перехідна тощо), розміром аерозольних часток, фізичних властивостей лісової підстилки, складом і віком радіоактивних відкладень, метеорологічних параметрів і т.д. Для оцінки цього ефекту використовують коефіцієнт ресуспензії (RF), який визначається як відношення концентрації вторинно зважених у повітрі радіоактивних продуктів згоряння на одиницю об'єму до поверхневої активності на одиницю площі. Аналіз даних показує, що початкове (1993 рік) значення коефіцієнта RF для відповідних радіонуклідів змінюється у діапазоні від  $4,4 \cdot 10^{-6}$  до  $9,7 \cdot 10^{-6}$  м. Для періоду часу 10 років (2003 рік) його величина не перевищувала  $(1,2 \div 9,4) \cdot 10^{-7}$  м<sup>-1</sup>, а після 6 років (2009 рік) –  $(1,1 \div 8,6) \cdot 10^{-8}$  м<sup>-1</sup>. Таким чином, подальше зменшення коефіцієнта ресуспензії RF у часі при лісових пожежах у Чорнобильській зоні буде відбуватися за експонентою зі сталою спаду  $\tau_{1/2} = 7 \cdot 10^{-3}$  рік<sup>-1</sup>.

ВПЛИВ ОДНОРАЗОВОГО ТОТАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА  
ЛОКАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ ГОЛОВИ САМОК ЩУРІВ В  
ДОЗАХ 2,0; 6,0 ГР НА КОНЦЕНТРАЦІЮ В КРОВІ  
МАЛОНОВОГО ДІАЛЬДЕГІДУ, КАТАЛАЗИ ТА  
СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ

*Н.П. Атаманюк, Л.П. Дерев'янюк, Н.В. Діденко, Н.О. Фролова,  
Н.К. Родіонова, С.С. Михайлова*

*ДУ «Науковий центр радіаційної медицини АМН України», м. Київ*

Вивчення стану про- та антиоксидантної систем є одним з основних індикаторів впливу іонізуючого випромінювання на організм.

Метою роботи було порівняти зміни окремих показників прооксидантно-антиоксидантної систем (малонového діальдегіду - МДА, каталази, супероксиддисмутази - СОД) в організмі самок щурів в динаміці після одноразового тотального опромінювання в дозах 2,0; 6,0 Гр та локального опромінювання голови в аналогічних дозах.

Досліди проведені на 5-ти групах статевозрілих самок білих лабораторних щурів: 1 – контроль (інтактні тварини); 2 – тварини, опромінені одноразово тотально в дозі 2,0 Гр; 3 – тварини, опромінені одноразово тотально в дозі 6,0 Гр; 4 – тварини, голови яких опромінені одноразово в дозі 2,0 Гр; 5 – тварини, голови яких опромінені одноразово в дозі 6,0 Гр. Опромінювання здійснювали на рентгенівському апараті “РУМ-17” (Росія). Через 7, 14, 30 та 90 діб після опромінювання щурів забивали методом декапітації гільйотиною і забирали кров для дослідження МДА, каталази та СОД.

В умовах експерименту як при тотальному опроміненні самок щурів в дозах 2,0 та 6,0 Гр, так і при локальному опроміненні голови в аналогічних дозах відмічається розбалансованість показників, які характеризують стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги (збільшення концентрації МДА, зниження активності каталази, СОД). Ступінь змін показників залежить від типу опромінювання (тотальне, локальне голови), дози та терміну спостереження. Відновлення даних показників до контрольних значень наступало в різні терміни спостереження і також залежало від дози та типу опромінювання. Після одноразового локального опромінювання голови порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги було менш вираженим, а відновлення показників відбувалося в більш ранні терміни.

Аналіз стендових дослідів та модернізація портативного гамма-спектрометра для вимірювання радіоактивності об'єктів зовнішнього середовища

*В.Д. Балакін О.А. Безшийко, Р.В. Денисенко, С.А. Карпенко, И.А. Малюк, Е.Є. Петросян, В.М. Приймак*

Анализ стендовых испытаний и модернизация портативного гамма-спектрометра для измерения радиоактивности объектов окружающей среды

*В.Д. Балакин, О.А. Бесшейко, Р.В. Денисенко, С.А. Карпенко, И.А. Малюк, Э.Е. Петросян, В.Н. Приймак*

Проведены стендовые испытания портативного гамма-спектрометра [1] в различных режимах работы, в том числе наработка на отказ, а также температурные испытания – проведены измерения спектров естественной радиоактивности в температурном диапазоне от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ . Общее время проведения стендовых испытаний составило около 60 часов, общее число контрольных измерений длительностью 1, 2 или 5 минут превысило 1000.

Анализ результатов испытаний показал, что происходит некоторое смещение положения гамма-пиков в спектрах в зависимости от температуры. Для выяснения и последующего устранения причин этого смещения были проведены доработки конструкции, электронной схемы и программного обеспечения прибора.

В процессе доработки спектрометра были разработаны и реализованы аппаратно-программные средства диагностики основных параметров, влияющих на работу прибора, а именно: температура кристалла; электронной платы и батареи питания; напряжения на клеммах батареи питания; трехвольтового стабилизированного напряжения питания электронных компонентов схемы; стабилизированного напряжения (порядка 10В), используемого как исходное для импульсного источника высоковольтного напряжения; высоковольтного напряжения, подаваемого на ФЭУ (порядка 1000В). Указанные параметры передаются вместе с данными спектра по каналу Bluetooth в смартфон.

Также в целях стабилизации напряжения, подаваемого на ФЭУ, разработана и реализована программно-аппаратная обратная связь по высоковольтному напряжению, обеспечивающая его стабилизацию в пределах одного вольта.

#### Список литературы

1. Безшийко О.А., Денисенко Р.В., Карпенко С.А., Малюк И.А., Петросян Е.Є., Приймак В.М.. Портативний гамма-спектрометр для вимірювання радіоактивності об'єктів зовнішнього оточення. - Щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України. – Київ, 2010.

# Особенности формирования уровней вмісту $^{90}\text{Sr}$ у рыбах прісноводних водойм

*В. В. Беляев, О. М. Волкова, П. І. Причена*

*Институт гідробіології НАН України, Київ*

# Особенности формирования уровней содержания $^{90}\text{Sr}$ в рыбах пресноводных водоемов

*В. В. Беляев, Е. Н. Волкова, П. И. Причена*

*Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

Истощение источников углеводородной энергии, практически на безальтернативной основе, вызывает ускорение развития атомной энергетики. Рыбы, как высшее звено трофических цепей водоемов, накапливают большинство искусственных радионуклидов во много раз больше, чем их концентрация в воде. После распада короткоживущих радионуклидов радиоактивное загрязнение рыб определяют  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Удельное содержание этих радионуклидов в пресноводных рыбах в сотни – тысячи раз превышает их концентрацию в воде. Выше сказанное определяет актуальность исследования поведения  $^{90}\text{Sr}$  в системе “вода – рыба”.

Известно, что в течении года концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоемов может изменяться в десятки раз. Логично предположить, что такие изменения отразятся и на удельной активности рыб. Расчеты показывают, что если разово на протяжении месяца концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде увеличится в 2 раза, то удельное содержание радионуклида в организме рыб возрастет на 2,3 %. При увеличении концентрации в воде в 5 раз удельная активность организма возрастет на 9,1 %. При тех же условиях увеличение концентрации в воде в 10 и 20 раз вызывает увеличение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  организма рыб на 21 и 43 %, соответственно.

Если аварийно увеличится концентрация радионуклида в воде и будет в последующем экспоненциально снижаться (период уменьшения вдвое -  $T_{1/2}^W$ ), то при  $T_{1/2}^W = 2$  года максимальное содержание радионуклида в организме рыб будет наблюдаться через 3 года; при  $T_{1/2}^W = 5$  лет максимальное содержание радионуклида в организме рыб будет наблюдаться через 5 лет, при  $T_{1/2}^W = 10, 15$  и 20 лет максимум содержания будет наблюдаться через 6,5, 8 и 9 лет, соответственно. Расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными. Так, для Киевского водохранилища в первые годы после аварии  $T_{1/2}^W$  составлял приблизительно 2 года, а максимум содержания этого радионуклида в рыбах наблюдался в середине 1988 г.; по данным Смагина А. И. в водоеме В-10 (ПО “МАЯК”, Челябинская область) с 2000 г. наблюдалась стабилизация уровней содержания  $^{90}\text{Sr}$  в воде, а в организме рыб с 2002 по 2005 гг. удельное содержание возросло не менее чем в 2 раза.

Таким образом, кратковременные возрастания концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде (до 20 раз) не приводит к значительным (более 50 %) увеличениям удельной активности этого радионуклида в организме рыб. После импульсного увеличения концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоемов с последующим постепенным ежегодным уменьшением концентрации максимальное удельное содержание  $^{90}\text{Sr}$  в организме рыб будет наблюдаться через 2 – 10 лет.

## Дослідження концентрації радіонуклідів в зразках, що були відібрані в заплаві річки Єнисей

*Болсуновський О.С.<sup>1</sup>, Желтоножська М. В.<sup>2</sup>, Николаєв В. М.<sup>2</sup>, Липська А. І.*

<sup>1</sup>*Інститут біофізики РАН*

<sup>2</sup>*Інститут ядерних досліджень НАНУ*

## Исследования концентрации радионуклидов в образцах, отобранных в пойме реки Енисей

*Болсуновский А.С.<sup>1</sup>, Желтоножская М. В.<sup>2</sup>, Николаев В. Н.<sup>2</sup>, Липская А. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт биофизики РАН*

<sup>2</sup>*Институт ядерных исследований НАНУ*

Загрязнение территории реки Енисей связано с работой комбината по переработке твэлов. Представляет большой интерес изучение воздействия этого объекта на прилегающие территории. Нами были проведены исследования концентрации радионуклидов в пробах береговых отложений, донных отложений и водных растений р.Енисей. Измерения проводились на антикомптоновском спектрометре. В  $\gamma$ -спектрах береговых отложений надежно идентифицированы  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152-155}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ . Соотношение  $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs}$  в два раза ниже чем в пробах почвы, отобранных в Чернобыльской зоне отчуждения. Измерения показали также, что основная активность  $^{137}\text{Cs}$  находится в донных отложениях (>90%), в водных растениях наблюдается повышенное усвоение изотопов Eu, так соотношение  $^{137}\text{Cs}/\text{Eu}$  в береговых отложениях 10 к 1, а в водных растениях 3 к 1. Следы  $^{241}\text{Am}$  наблюдаются в донных отложениях и водных растениях. Однако, в водных растениях соотношение  $^{137}\text{Cs}/\text{Eu}/^{241}\text{Am}$  примерно такое же, как и в береговых отложениях, в тоже время вклад америция и европия в донных отложениях на 2-3 порядка меньше по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ . Проводится обсуждение полученных данных.

# ОЦІНКА ЦИТОГЕНЕТИЧНИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ О.О. Бурдо<sup>1</sup>, Д.О. Вишневський<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Інститут ядерних досліджень НАН України*  
<sup>2</sup> *Чорнобильський радіоекологічний центр МНС України*

# ОЦЕНКА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА Е.О. Бурдо<sup>1</sup>, Д.А. Вишневский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины*  
<sup>2</sup> *Чернобыльский радиоэкологический центр МЧС Украины*

Статистическая обработка данных, полученных в результате цитогенетического анализа, порой сопряжена с некоторыми сложностями. Стандартные - традиционно применяемые статистические методы порой не позволяют выявить различия между исследуемыми группами животных. Поскольку организм является системой, все составляющие которой связаны и взаимозависимы, можно предположить, что анализ каждого отдельного параметра системы без учета других параметров будет малоинформативен.

Исследования проводились на мышах линии BALB/c (контрольной и двух экспериментальных группах). Облучение проводили на установке «Эталон» <sup>60</sup>Co с мощностью дозы 0,72 сГр в сутки. Животных облучали в течении 7 и 60 суток. (5,04 сГр, 43,2 сГр). Препараты клеток костного мозга готовили общепринятым способом (без использования колхицина) [1], всего было проанализировано 87 тыс. клеток, по 3 тыс. от каждого животного. Исследована частота встречаемости апоптозов (А), двуядерных клеток (ДЯ), интерфазных клеток с опережающей конденсацией хромосом (ОКХ), митозов (МИ) [2]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы STATISTIKA 7.0.

Не обнаружено статистически достоверных различий по всем параметрам между контрольной и экспериментальными группами, поэтому дополнительно был проведен кластерный анализ.

После распределения участников кластеров по исходным экспериментальным группам выявлена инверсия кластеров в соотношении от 3/7 до 7/3. То есть, в контрольной группе было 3 животных с исходно высокими значениями, а после облучения как в первой, так и во второй экспериментальной группе оказалось по 7 животных с высокими значениями.

Корреляционный анализ, проведенный в каждой группе животных, показал рост количества корреляций между исследуемыми параметрами (МИ, ДЯ, ОКХ) с ростом накопленной дозы.

# Аналіз джерела викидів при проектних аваріях на дослідницькому ядерному реакторі та оцінка впливу на довкілля

*О.В. Гайдар*

*Інститут ядерних досліджень НАН України*

Головною умовою як для експлуатації вже існуючих дослідницьких ядерних реакторів, так і для вибору типу майбутнього реактора є забезпечення високого рівня безпеки ядерної установки та мінімізації негативних наслідків при проектних та запроектованих аваріях. Незважаючи на значно менший рівень потужностей ДЯР у порівнянні з енергетичними реакторами, специфіка конструкцій та режиму експлуатації ДЯР значно розширює перелік можливих початкових подій, що можуть привести до виникнення аварійних ситуацій.

Блокування каналів охолодження паливних елементів є однією з найбільш імовірних початкових подій, що може призвести до розвитку аварійної ситуації з виходом продуктів поділу у довкілля. Для оцінки джерела викиду було проведено збір та аналіз існуючих даних щодо вивчення наслідків такого типу аварій на реакторах SRE (USA, 1959), WTR (USA, 1960), ETR (USA, 1961), ORR (USA, 1963), SILOE (FRANCE, 1967), CIRUSIN-2 (INDIA, 1993), CIRUSIN-2 (INDIA, 1994) та BR-2 (Belgium, 1975) [1,2].

При оцінці коефіцієнтів виходу різних типів радіонуклідів з розплавленого палива у воду, з води у надреакторний простір, ефективності засобів очистки та затримки були використані рекомендації [1] та враховані технічні характеристики реактора ВВР-М.

Оцінка впливу на населення проводилася з використанням як існуючих програмних продуктів для оцінки впливу аварійних викидів (HotSpot 2.07, FRAMES (GENII Acute Plume Model), так і розрахунків з використанням математичних пакетів (MathCad). Аналізувалось формування дозових навантажень на персонал та населення за рахунок зовнішнього опромінення від будівлі реактора, опромінення від радіоактивної хмари, за рахунок інгаляційного надходження та випадіння на земну поверхню. Такий підхід дозволив оцінити межі розкиду оцінок за рахунок різних підходів та алгоритмів, закладених в різних моделях, та невизначеностей при виборі параметрів моделювання, зокрема метеорологічних умови атмосферного переносу.

Отримані результати свідчать, що у випадку проектної аварії, пов'язаної з блокуванням каналів охолодження паливних елементів на реакторі ВВР-М ІЯД НАН України, дозові навантаження на населення за межами санітарно-захисної зони значно менші найнижчих меж виправданості для вжиття будь-яких контрзаходів.

1. Derivation of the Source Term and Analysis of the Radiological Consequences of Research Reactor Accidents, IAEA SRS No. 53; 2008. 179 p.

2. Leenaers A., F. Joppen, S. Van den Berghe Microstructural analysis of MTR fuel plates damaged by a coolant flow blockage. Journal of Nuclear Materials 394 (2009) 87–94.

# ПЕРЕКИСНІ ПРОЦЕСИ У КРОВІ ЩУРІВ ЗА ТРИВАЛОГО ВНУТРІШНЬОГО ВВЕДЕННЯ $^{137}\text{Cs}$

*Ю.П. ГРИНЕВИЧ<sup>1</sup>, А.І.ЛИПСЬКА<sup>1</sup>, І.П.ДРОЗД<sup>1</sup>, С.В. ТЕЛЕЦЬКА<sup>1</sup>, Л.І.  
МАКОВЕЦЬКА<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України*

*<sup>2</sup>Інститут експериментальної онкології, патології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького  
НАН України*

Представлена робота є фрагментом комплексних досліджень особливостей перебігу перекисних процесів у крові тварин, опромінених за різних доз та режимів. Метою даної роботи було дослідження динаміки цих процесів у крові щурів за показниками хемілюмінісценції (ХЛ) пероксидазного окиснення крові за тривалого надходження  $^{137}\text{Cs}$  (15 кБк/щоденно впродовж 45 діб). Дослідження виконували на статевозрілих щурах-самцях масою 180- 230 г. Розчин  $^{137}\text{Cs}$  у дистильованій воді вводили кожній тварині перорально по 0,2 мл. Тривалість спостереження 135 діб. Перекисні процеси у крові визначали за її пероксидазною активністю за методом Толедо на хемілюмінометрі ХЛМ1Ц – 01 за показниками світлосуми свічення за 5 хв ( $\Sigma_{300}$ ) та його максимальної інтенсивності ( $I_{\text{max}}$ ).

Водночас у групі тварин, яким вводили тривало  $^{137}\text{Cs}$  виявлено екстремальні зміни пероксидазної активності крові. Найбільш характерні зменшення показників ХЛ від контролю реєструються на 1-шу, 14-ту і 135-ту доби, а їх збільшення — на 4-ту, 30-ту, 44-ту доби.

Фазні (коливальні) зміни ХЛ відповіді крові вказують на активізацію захисних сил організму, спрямовану на вирівнювання та стабілізацію окисно-відновного гомеостазу у ферментативній його ланці, про що, за даними літератури свідчать також зміни каталазної, супероксиддисмутазної та глютаціонпероксидазної активностей крові.



# Сучасні радіоекологічні проблеми водних екосистем у Чорнобильській зоні відчуження

Д.І. Гудков<sup>1</sup>, Н.Л. Шевцова<sup>1</sup>, О.Б. Назаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут гідробіології НАН України

<sup>2</sup>ДСНВП «Чорнобильський радіоекологічний центр» МНС України

# Современные радиоэкологические проблемы водных экосистем в Чернобыльской зоне отчуждения

Д.И. Гудков<sup>1</sup>, Н.Л. Шевцова<sup>1</sup>, А.Б. Назаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт гидробиологии НАН Украины

<sup>2</sup>ГСНПП «Чернобыльский радиоэкологический центр» МЧС Украины

Процессы автореабилитации замкнутых водоемов Чернобыльской зоны отчуждения (ЧЗО) протекают крайне медленно, в результате чего экосистемы большинства озер, стариц и затонов и по сей день характеризуются высоким уровнем радионуклидного загрязнения всех компонентов. Мощность поглощенной дозы для гидробионтов исследуемых полигонных водных объектов ЧЗО на протяжении 1997–2010 гг. регистрировали в диапазоне  $1,8 \cdot 10^{-3}$ –3,4 Гр/год. Максимальные уровни отмечены для гидробионтов озер одамбированного участка левобережной поймы р. Припяти, минимальные – для проточных водных объектов – рек Уж и Припять. Основным дозообразующим радионуклидом для гидробионтов большинства замкнутых водоемов в настоящее время является <sup>90</sup>Sr, на долю которого приходится до 90–95% внутренней дозы облучения. Цитогенетические и гематологические исследования гидробионтов свидетельствуют о высоком уровне аберраций хромосом в эмбриональных тканях моллюсков (до 26%) и корневых меристемах высших водных растений (до 17%), а также существенные изменения состава гемолимфы моллюсков в наиболее загрязненных радионуклидами водоемах. Частота хромосомных аберраций в тканях гидробионтов замкнутых водоемов зоны отчуждения многократно превышает уровень спонтанного мутагенеза для водных организмов и может быть проявлением радиационно-индуцируемой генетической нестабильности. Частота микроядер эритроцитов в периферической крови рыб из водоемов ЧЗО отмечена на уровне 0,06–1,41‰, а двуядерных эритроцитов – 0,04–0,33‰ с наибольшими показателями в рыбе озерных экосистем. Частоту нарушений ядер эритроцитов рыб в виде инвагинаций и отростков регистрировали на следующем уровне: 4,7–14,0‰ в водоеме-охладителе ЧАЭС; 6,4–29,0‰ в Яновском затоне; 17,3–29,1‰ в оз. Азбучин и 7,1–15,0‰ в оз. Глубокое. В рыбе контрольных водоемов частота инвагинаций и отростков у эритроцитов не превышала 0,5‰. По литературным данным, атипичная форма ядер эритроцитов у здоровых рыб встречается с частотой 0,4‰, а увеличение частоты инвагинаций ядерной оболочки оценивается как дегенеративные изменения эритроцитов. Для тростника обыкновенного в водоемах ближней ЧЗО обнаружен высокий уровень поражения паразитическими грибами *Claviceps purpurea* и галлообразующими членистоногими, в особенности клещами *Steneotarsonemus phragmitidis* (иногда до 100% растительной популяции водоема). Предполагается, что одной из возможных причин массового поражения растений может быть снижение их паразитарной стойкости в условиях хронического радиационного воздействия.

# Модель адаптації рослин льону до умов Чорнобиля на основі даних порівняльної протеоміка насіння

*М.М. Данченко, В.В. Бережна, В.І. Сакада, Н.М. Рашидов*

*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії, Національна академія наук  
України*

Вибух на Чорнобильській атомній електростанції спричинив найстрашнішу ядерну катастрофу в історії людства. Після аварії минуло вже майже 25 років, але прилеглі території залишаються істотно забрудненими довгоживучими радіоізотопами. Незважаючи на складні умови середовища, представники локальних екосистем змогли вижити і успішно відтворюватись протягом багатьох поколінь. Метою нашого дослідження стало з'ясування механізмів адаптації рослин льону до постійно підвищеного фону іонізуючої радіації, за допомогою високоефективного підходу – порівняльної протеоміки. Таким чином, ми намагаємося створити системний огляд метаболічних шляхів, потенційно критичних для виживання у шкідливих мутагенних умовах. Льон (*Linum usitatissimum* L. var. *Kyivskyi*) було вирощено на контрольних та забруднених (містять у 163 рази та 244 разів більше  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  відповідно) ділянках поблизу Чорнобиля. Білки зрілого насіння екстрагували фенолом із наступним преципітуванням ацетатом амонію. Потім отримані екстракти було розділено дво-вимірним електрофорезом у поліакриламідному гелі. Після сканування, гелі кількісно аналізували програмними засобами. Усі виявлені білкові точки, котрі експресувались по різному, було досліджено за допомогою тандемної мас спектрометрії. Для ідентифікації отримані спектри фрагментації аналізували програмою Protein Lynx Global Server v. 2.0, проти бази рослинних білкових послідовностей отриманої із Uniprot. Сумарно 4.9% із 720 виявлених та кількісно оцінених білкових точок показали різний рівень експресії. Найбільше білків зміненої експресії містили функціональні категорії асоційовані із сигналінгом та транскрипцією. Базуючись на ідентифікованих білках, кількість яких була різною, ми пропонуємо робочу модель адаптації рослин льону. Концептуально ми припускаємо, що насіння сформоване в умовах забрудненого радіонуклідами середовища захищається від хронічного опромінення завдяки: 1) змінам у кількості білків кількох сигнальних каскадів; 2) загальним зниженням метаболічного потоку через секреторний шлях.

# Удосконалення системи добору персоналу для роботи з ядерними матеріалами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань

*І.П. Дрозд<sup>1</sup>, А.І. Липська<sup>1</sup>, М.Ю. Гриджук<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України*

*<sup>2</sup>Управління охорони здоров'я Дніпровської районної державної адміністрації м. Києва*

Основними принципами державної політики у сфері радіаційного захисту є пріоритет захисту людини та навколишнього природного середовища від впливу іонізуючого випромінювання, а також заборона будь-якої діяльності, результатом якої є обґрунтовано передбачений більший негативний вплив на майбутні покоління, ніж той, що допускається для нинішнього покоління. Водночас світовий та вітчизняний досвід широкого використання ядерних матеріалів та джерел іонізуючого випромінювання в економічній діяльності свідчить про те, що існуюча методологія управління радіаційною безпекою потребує удосконалення. Очевидно, найефективніше мінімізувати шкоду для здоров'я персоналу об'єктів атомної промисловості та енергетики можливо лише допускаючи до виконання радіаційно небезпечних робіт радіорезистентних осіб. У зв'язку з цим проблема визначення індивідуальної радіорезистентності (особливо у прогностичному контексті) набула особливої актуальності і пріоритетності. Найважливішими аспектами цієї проблеми є виявлення факторів, які визначають індивідуальні особливості реакції організму на опромінення та дослідження механізмів, що контролюють формування радіорезистентності. У цьому контексті нами науково обґрунтовано можливість визначення індивідуальної радіорезистентності людини за комплексом генетичних або фізіологічних загальносистемних показників, за якими можна встановити інтегральний дозозалежний маркер, здатний вірогідно характеризувати індивідуальну радіочутливість. Запропонована автоматизована методика визначення необхідних показників, адаптована до скринінгових умов обстеження, суть якої полягає в тестуванні серцево-судинної та вегетативної нервової систем з застосуванням навантажувального тесту. За допомогою цієї методики досліджено особливості формування адаптивної відповіді організму осіб, до радіаційно небезпечних умов Зони відчуження ЧАЕС. Обговорюються механізми медико-біологічних процесів, що визначають наслідки адаптації. Визначено, що за даних умов домінує так звана патологічна адаптація, яка призводить до виникнення преморбідних та патологічних станів. При цьому вегетативний індекс зсувається у бік ваготонії. На основі визначених показників, що характеризують фізичний стан людини, функціональний стан її серцево-судинної та вегетативної нервової систем, сформовано інтегральний дозозалежний маркер, на базі якого розроблено методику, що дозволяє оцінювати індивідуальну радіорезистентність. Визначено індивідуальну радіорезистентність усіх обстежуваних осіб. Сформульовані критерії професійного добору осіб для роботи з джерелами іонізуючих випромінювань з урахуванням індивідуальної радіорезистентності та умови їх відсторонення від виконання радіаційно небезпечних робіт. Надаються пропозиції щодо внесення змін та доповнень у нормативно-правові документи, що регламентують допуск до роботи в радіаційно небезпечних умовах, з урахуванням індивідуальної радіорезистентності людини.

# Дослідження вертикальної міграції радіонуклідів чорнобильського походження на території полігона «Рудий ліс»

*Желтоножська М. В., Кулич Н. В., Николаев В. М., Липська А. І.*

*Институт ядерних досліджень НАНУ*

# Исследование вертикальной миграции радионуклидов чернобыльского происхождения на территории полигона «Рыжий лес»

*Желтоножская М. В., Кулич Н. В., Николаев В. Н., Липская А. И.*

*Институт ядерных исследований НАНУ*

Проведены исследования вертикальной миграции радионуклидов Чернобыльского происхождения в 5-км зоне ЧАЭС на территории исследовательского полигона «Рыжий лес». Пробы почвы отбирались по глубине слоями по 2 см (2 слоя), по 3 см (2 слоя) и по 5 см (10 слоев). Проведены  $\gamma$ - и  $\beta$ -спектрометрические исследования полученных образцов с помощью антикомптоновского и бета- спектрометров. Зафиксировано наличие  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{154,155}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  до глубины 30 см во всех разрезах. На участках с автоморфными почвами до глубины 60 см наблюдается присутствие изотопов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{241}\text{Am}$ . Кроме того, в верхних слоях почвы на территории исследовательского полигона обнаружено присутствие  $^{243}\text{Am}$  и  $^{243}\text{Cm}$ . Соотношение  $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs}$  в верхних слоях составляет  $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs} = 0,044 \pm 0,006$ , тогда как ранее в 2000 г. среднее отношение  $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs}$  для территории полигона было  $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs} = 0,013 \pm 0,003$ . Также наблюдается изменение соотношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  по сравнению с 2000 г. Обсуждается возможность присутствия «свежих» выпадений в почвах вблизи ЧАЭС.

## Дослідження поведінки радіонуклідів на територіях, що примикають до 30-км зоні ЧАЕС

*Желтоножська М. В., Кулич Н. В., Николаєв В. М., Липська А. І.*

*Інститут ядерних досліджень НАНУ*

## Исследования поведения радионуклидов на территориях, примыкающих к 30-км зоне ЧАЭС

*Желтоножская М. В., Кулич Н. В., Николаев В. Н., Липская А. И.*

*Институт ядерных исследований НАНУ*

Исследования, проводимые в 30-км зоне ЧАЭС показали, что в настоящее время наблюдается интенсивное перемещение радионуклидов как по вертикали, так и по горизонтали. Нами продолжены эти исследования на территориях, находящихся вне 30-км зоны ЧАЭС, где проживает население Украины. В 90-х годах на этих территориях проводились дозиметрические исследования, проанализировав эти данные, мы выбрали полигоны, где наблюдалась повышенная концентрация  $^{144}\text{Ce}$ . Нами предполагается, что на этих полигонах будут присутствовать трансурановые нуклиды. На исследовательском полигоне в районе села Карпиловка (граница Черниговского и Козелецкого района) были отобраны пробы грунта слоями 0-2 см, 2-4 см, 4-7 см, 7-10 см и далее по 5 см до глубины 30 см. Измерения проводились на антикомптоновском спектрометре и спектрометре, находящемся в чугунной защите. Это позволило избавиться от  $K_{\alpha}$ -излучения свинца (Pb). В  $\gamma$ -спектрах надежно идентифицировано присутствие  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$ . Присутствие  $^{137}\text{Cs}$  прослежено до глубины 30 см, а  $^{241}\text{Am}$  до глубины 10 см. Соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$  в верхних слоях составляет  $26 \pm 1$ , в то же время это соотношение в почвах вблизи 4-го энергоблока ЧАЭС составляет в среднем  $12 \pm 1$ . Это указывает на то, что на изучаемом полигоне около 50% выпадений составляют топливные выпадения. Проводится обсуждение полученных результатов.

Дослідження концентрації радіонуклідів  
в лавоподібних паливовмісних матеріалах,  
що були відібрані в зоні аварії ЧАЕС

Желтоножська М.В., Куліч Н.В., Садовников Л.В.

*Институт ядерних досліджень НАНУ*

Исследование концентрации радионуклидов  
в лавообразных топливосодержащих материалах,  
отобранных в зоне аварии ЧАЭС

Желтоножская М.В., Кулич Н.В., Садовников Л.В.

*Институт ядерных исследований НАНУ*

Проведены  $\gamma$ -спектроскопические исследования образцов топлива содержащих материалов, отобранных в местах протекания лав в 4-м энергоблоке ЧАЭС. Измерены  $\gamma$ -,  $K_x$ -,  $L_x$ -спектры на антикомптоновском спектрометре. Кроме основной активности  $^{137}\text{Cs}$  надежно идентифицированы радионуклиды  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{154,155}\text{Eu}$ ,  $^{241,243}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Cm}$ , а также  $K_x$ -излучение урана, позволяющее оценить концентрацию урана в исследуемых образцах. В  $\alpha$ -,  $\gamma$ -спектрометрических исследованиях измерены изотопные отношения  $^{134/137}\text{Cs}$ ,  $^{154/155}\text{Eu}$ ,  $^{241,242, 243}\text{Am}$ ,  $^{244,245}\text{Cm}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$ . Обнаружено расхождение на 20-25 % оценок выгорания топлива из данных о соотношениях изотопов. Обсуждаются причины таких различий. Измерены концентрации  $^{90}\text{Sr}$  и показано, что наблюдается изменения соотношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  по сравнению с 1986 г. Проведено сравнение с теоретическими расчетами по наработке трансурановых нуклидов за время работы 4-го энергоблока ЧАЭС. Наблюдается занижение экспериментальных данных на 20% для  $^{241}\text{Am}$  и в (2-5) раз для более тяжелых нуклидов.

Динаміка розподілу  $^{137}\text{Cs}$  по органам та тканинам риби  
водойми-охолоджувача після аварії на ЧАЕС

<sup>1</sup>О. Л. Зарубін, <sup>1</sup>В. А. Костюк, <sup>2</sup>О. О. Заліський, <sup>1</sup>В. В. Бабенко,

<sup>1</sup>І. А. Малюк, <sup>1</sup>В. А. Лактіонов, <sup>1</sup>Б. О. Мошна

<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України

<sup>2</sup>«Екоцентр» (м. Чорнобиль)

Динамика распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям рыбы  
водоема-охладителя после аварии на ЧАЭС

<sup>1</sup>О. Л. Зарубин, <sup>1</sup>В. А. Костюк, <sup>2</sup>А. А. Залисский, <sup>1</sup>В. В. Бабенко,

<sup>1</sup>И. А. Малюк, <sup>1</sup>В. А. Лактионов, <sup>1</sup>Б. А. Мошна,

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины

«Экоцентр» (г. Чернобыль)

Через 4 месяца после аварии, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в чешуе и мышцах карпа водоема-охладителя ЧАЭС достоверно не различалось, но уже в ноябре 1986 г., через 7 месяцев, наблюдалось заметное снижение активности этого радионуклида в чешуе по сравнению с мышцами

После относительной стабилизации радиационной обстановки и распределения радионуклидов по основным компонентам водоема, среди органов и тканей изученных видов рыб в определенных пределах значений проявляется довольно широкая вариабельность удельной радиоактивности  $^{137}\text{Cs}$ . Одни органы и ткани, такие, как мышцы, характеризуются всегда высоким содержанием  $^{137}\text{Cs}$ , другие – всегда низким (чешуя, плавники, и особенно – жир). Большинство остальных органов и тканей занимают промежуточное положение в накоплении радиоцезия.

Среди разных особей одного вида во внутренних органах проявляются индивидуальные различия в содержании  $^{137}\text{Cs}$  относительно мышц и друг друга. Например, плавательный пузырь обычно содержит меньше радиоцезия, чем другие органы, но иногда в нем регистрируются довольно высокие концентрации  $^{137}\text{Cs}$ . Такого рода вариации в содержании  $^{137}\text{Cs}$  отмечены и в некоторых других внутренних органах рыб: сердце, печени, почках, красных мышцах, позвоночнике.

Изменения в сложившемся распределении  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям рыб могут свидетельствовать о дополнительном поступлении этого радионуклида в исследуемый водоем.

С 1987-1988 гг. у рыб низких трофических уровней (планктофаги, бентофаги) и рыб-полифагов, а с 1987-1990 гг. у рыб высоких трофических уровней (облигатные ихтиофаги) по настоящее время (2010 г.) распределение  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям рыб водоема-охладителя ЧАЭС относительно стабильно.

## Накопичення штучних радіонуклідів прісноводними рибами України після аварії на ЧАЕС

О. Л. Зарубін, В. А. Лактіонов, Б. А. Мошна, В. В. Бабенко

*Інститут ядерних досліджень НАН України*

## Накопление искусственных радионуклидов пресноводными рыбами Украины после аварии на ЧАЭС

О. Л. Зарубин, В. А. Лактионов, Б. А. Мошна, В. В. Бабенко

*Институт ядерных исследований НАН Украины*

В результате аварии на ЧАЭС все водоемы Украины в различной степени были загрязнены искусственными радионуклидами. Наибольшие уровни удельной активности регистрировались в водоемах 30-ти километровой зоны и водоеме-охладителе ЧАЭС, где суммарное содержание радионуклидов в рыбах превышало  $n \times 10^6$  Бк/кг. Чернобыльские радионуклиды накапливались разными органами и тканями рыб различных видов неодинаково.

$^{132}\text{Te}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{239}\text{Np}$  в рыбах не были обнаружены, хотя присутствовали в воде и водной растительности.

В мае 1986 г. в рыбах регистрировали, в основном,  $^{131}\text{I}$  и  $^{140}\text{Ba}$ , а также  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ; в меньших концентрациях —  $^{95}\text{Zr}$  и  $^{95}\text{Nb}$ .  $^{131}\text{I}$  и  $^{140}\text{Ba}$  находили во всех органах и тканях рыб, причем их удельное содержание в рыбах в первые две недели после аварии на ЧАЭС обычно превышало содержание остальных радионуклидов.  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  и  $^{95}\text{Nb}$ , как правило, присутствовали в органах и тканях, контактирующих с водой и в наибольшей концентрации — в содержимом желудочно-кишечного тракта рыб.

Наибольшее содержание  $^{90}\text{Sr}$  характерно для рыб низких трофических уровней. В основном  $^{90}\text{Sr}$  аккумулируется в костной ткани и чешуе. Наименьшее его содержание регистрируется в мышцах, половых продуктах и печени рыб.

В результате распада короткоживущих радионуклидов, их содержание в рыбах к концу лета 1986 г. значительно снизилось. В то же время в рыбах увеличивается содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{134}\text{Cs}$ , которые почти на 100 % поступают в организм пресноводных рыб по пищевому пути и активно накапливаются рыбами.

С 1987 г. по настоящее время (2010 г.)  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  являются основными дозообразующими радионуклидами для пресноводных рыб Украины.



Дослідження просторового розподілу хімічних елементів у  
грибах за допомогою ядерного зонду

Н.Є. Зарубіна<sup>1</sup>, С.О. Лебедь<sup>2</sup>, М.Г. Толмачов<sup>2</sup>, О.Г. Кухаренко<sup>2</sup>,  
О.О. Веселов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України Установа

<sup>2</sup>Дослідницька лабораторія «Спектр», Фірма «Т.М.М.»

Исследование пространственного распределения химических  
элементов в грибах с помощью ядерного зонда

Н.Е. Зарубина<sup>1</sup>, С.А. Лебедь<sup>2</sup>, Н.Г. Толмачев<sup>2</sup>, О.Г. Кухаренко<sup>2</sup>,  
А.А. Веселов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины

<sup>2</sup>Исследовательская лаборатория «Спектр», Фирма «Т.М.М.»

Впервые в мире с помощью метода ядерного микрозондирования было изучено пространственное распределение элементов в плодовых телах грибов.

Для анализа использовались сухие плодовые тела польского гриба, отобранные одновременно на территории 3-х полигонов зоны отчуждения: полигон «Копачи» (2 км от станции); полигон «Лелев» (10 км от станции); полигон «Черевач» (20 км от станции).

Отдельно исследовалось распределение элементов в шляпках, ножках и гименофоре.

Кроме азота, кислорода, водорода и углерода, в разных частях плодовых тел было установлено присутствие еще 17 химических элементов, относящихся как к металлам, так и неметаллам.

В разных частях одного и того же плодового тела микроэлементный состав неодинаков.

Распределение макроэлементов во всех исследованных образцах равномерное. Такие элементы, как цинк, железо, алюминий, кремний, рубидий, медь и марганец имеют точечную дислокацию.

Хотя в плодовых телах обнаружен кальций, не найдено даже следовых количеств стронция.

Было зарегистрировано наличие цезия. Его распределение аналогично калию, т.е. более или менее однородное. В одном образце этот элемент присутствует в виде скопления, объяснить природу которого пока не представляется возможным.

# Рухливість радіонуклідів викиду ЧАЕС

## в ґрунтах відчужених територій

*Ю.О. Іванов<sup>1</sup>, В.О. Кашипаров<sup>1</sup>, С.Є. Левчук<sup>1</sup>, С.І. Кірсєв<sup>2</sup>, М.Д. Бондарьков<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Український НДІ сільгоспрадіології НУБіП України, смт. Чабани, Україна,

<sup>2</sup> Чорнобильський радіоекологічний центр, м. Чорнобиль, Україна

<sup>3</sup> Міжнародна радіоекологічна лабораторія, м. Славутич, Україна,

Проаналізовано довготривала динаміка міграції радіонуклідів викиду ЧАЕС в ґрунтах відчужених територій з 1986 року по теперішній час. Перерозподіл радіонуклідів в профілі ґрунтів вивчали на експериментальних майданчиках УНДІСГР, закладених в 1986-1987 рр., ландшафтних полігонах Чорнобильського радіоекологічного центру, експериментальних полігонах Міжнародної радіоекологічної лабораторії, а також в модельних лабораторних експериментах. Розраховано параметри перенесення радіонуклідів в профілі ґрунтів, оцінено значення екологічних ( $T_{\text{ecol}}$ ) і ефективних ( $T_{\text{eff}}$ ) періодів напіввиведення радіонуклідів з верхніх горизонтів ґрунту. За даними модельних експериментів оцінені параметри перенесення паливних частинок в ґрунтах, значення  $T_{\text{ecol}}$  їх напіввиведення з верхнього 5-см горизонту ґрунтів. У 1986 - 1988 рр. інтенсивність перенесення в профілі ґрунту радіоізотопів різних хімічних елементів (цезію, церію, стронцію і ін.) були в основному близькими, в 1989 р. диференціація розподілу радіонуклідів збільшилася. В цілому, після 1990 – 1992 рр. міграційна рухливість  $^{90}\text{Sr}$  перевищує рухливість  $^{137}\text{Cs}$ ; на паливних слідах випадінь відмічено інтенсивніше перенесення в профілі ґрунтів  $^{90}\text{Sr}$  в порівнянні з  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  і  $^{239,240}\text{Pu}$ . Швидкість перенесення  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах лугів знижується з часом, в той час, як для  $^{90}\text{Sr}$  випадінь, в основному, спостерігається зворотна картина (з часом протікають процеси необмінної сорбції  $^{137}\text{Cs}$  твердою фазою ґрунту, а  $^{90}\text{Sr}$  з часом вивільняється з матриці паливних частинок). Межі варіювання  $T_{\text{ecol}}$   $^{137}\text{Cs}$  з верхнього 5-см горизонту ґрунту, розраховані за станом на 21-й рік після випадінь складають для лугів на автоморфних мінеральних ґрунтах легкого механічного складу 160 - 430 років; для лугів на гідроморфних органогенних ґрунтах - 50 - 300 років; з 10-см горизонту ґрунту, відповідно, 1200-2100 років і 660-900 років. Аналогічні оцінки для  $^{90}\text{Sr}$  складають: для 5-см горизонту ґрунтів, відповідно - 11-20 років і 8-30 років; для 10-см горизонту ґрунтів - 70-110 років і 110-180 років. Відмічена суттєва роль ландшафтно-геохімічних умов території в інтенсивності вертикального перерозподілу радіонуклідів в профілі ґрунтів. За станом на 1998-2002 рр. значення  $T_{\text{ecol}}$   $^{90}\text{Sr}$  з верхнього 5-см шару ґрунтів змінюються від 10.5-20.5 років: в умовах елювіальних, акумулятивно-елювіальних і транселювіальних ландшафтів (дерново-підзолисті пилувато-піщані ґрунти) до 0.7-4 року умовах трансупераквальних ландшафтів (дерново-підзолисті піщані ґрунти, торф'яно-болотні ґрунти). Оцінки  $T_{\text{ecol}}$   $^{137}\text{Cs}$  з верхнього 5-сантиметрового шаруючи ґрунтів для тих же умов міняються від 40-78 років до 12-18 років. Аналіз ізотопних відношень  $^{137}\text{Cs}/^{154}\text{Eu}$ ,  $^{90}\text{Sr}/^{154}\text{Eu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu} / ^{154}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}/^{154}\text{Eu}$  і  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  і параметрів перенесення радіонуклідів в профілі ґрунтів на паливних слідах випадінь за станом на 1990 - 1992 рр. показав, що відповідно до міграційної рухливості радіонукліди можна розташувати в ряд:  $^{90}\text{Sr} > ^{137}\text{Cs} \geq ^{239,240}\text{Pu} \approx ^{241}\text{Am}$ . Фізико-хімічні форми випадінь укупі з ґрунтовими умовами визначають принципово іншу динаміку міграції  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунтах і включення вилужених радіонуклідів в біогеохімічні ланцюги міграції на слідах паливних випадінь ЧАЕС в порівнянні з глобальними випадіннями і іншими радіаційними аваріями (СУРС).

## Радіоактивне забруднення донних відкладів Київського водосховища

*В.В.Канівець, Г.В.Лантєв, Г.А.Деркач, С.В.Тодосієнко*  
*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут*

Радіоактивне забруднення Київського водосховища після аварії на ЧАЕС відбулося в результаті: 1) прямих аерозольних випадань радіоактивних речовин на водну поверхню в перші дні і тижні після аварії; 2) безперервного тривалого винесення радіонуклідів річками, які впадають у водосховище.

Перший етап формування радіоактивного забруднення донних відкладів Київського водосховища в основному завершився в 1988 році, коли значно зменшилося винесення радіонуклідів водами Прип'яті і Дніпра. Тоді сформувалися головні ареали забруднення дна, які і були описані (зафіксовані) зйомкою 1989-1991 рр.

До 1994 р. найзабрудненішими були донні відклади верхньої частини Київського водосховища у зоні безпосереднього впливу вод р. Прип'ять. Головну роль у формуванні радіоактивного забруднення донних відкладів цієї зони відіграли завислі наноси р.Прип'ять, які накопичувалися тут і які мали в 1986–1988 рр. високий рівень забруднення ( $^{137}\text{Cs}$  – 15000–40000 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 1500–13000 Бк/кг,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 100–300 Бк/кг). Високі щільності забруднення дна (30–75 Кі/км<sup>2</sup>) було обумовлено інтенсивним накопиченням забруднених річкових наносів і присутністю в донних відкладах цієї зони диспергованого ядерного палива.

Високі весняні повені 1994, 1999, 2005 рр. призводили до скаламучування мулових відкладів верхньої частини водосховища, які накопичилися там протягом маловодного періоду 1986–1993 рр., і поступового перенесення мулових часток стоковими течіями на нижчерозташовані ділянки водосховища. Через це картина забруднення донних відкладів кардинально змінилася, що було підтверджено дослідженнями, які УкрНДГМІ провів в 2008–2010 рр.

Нині основна кількість штучних радіонуклідів зосереджена на глибоководних ділянках дна середньої та нижньої частин водосховища. Найвищі щільності забруднення дна цезієм-137 виявлено на глибоководних ділянках середньої частини (Сухолуччя-Толокунь) – до 70 Кі/км<sup>2</sup>. Щільності забруднення мулових відкладів нижньої частини водосховища (Петрівці-Лютіж) з 1993 р. збільшилися у 5-10 разів і складають нині 16-22 Кі/км<sup>2</sup>.

Балансові розрахунки показують, що загальна активність  $^{137}\text{Cs}$  у донних відкладах Київського водосховища зменшилася з 2500 Кі у 1990 р. до 2000 Кі у 2009 р. Головний чинник зменшення – природний радіоактивний розпад.

Нині 88% усієї штучної радіоактивності припадає на  $^{137}\text{Cs}$ , 11% на  $^{90}\text{Sr}$  і близько 1% на трансуранові радіонукліди –  $^{241}\text{Am}$  та ізомери  $\text{Pu}$ .

В цілому картина радіоактивного забруднення дна стала контрастнішою: мілководні ділянки дна (0-5 м) стали чистішими, на ділянках із середніми глибинами (5-9 м) щільності забруднення дна, приблизно, такі самі, як і на початку 90-х рр., на глибоководних ділянках загальна кількість  $^{137}\text{Cs}$  збільшилася через природне поступове збільшення шару мулу на таких ділянках. Аналіз вертикального розподілу  $^{137}\text{Cs}$  в товщі мулових відкладів показав, що в зонах стабільного мулонакопичення відбувається повільне захоронення шару максимального забруднення, датованого 1986 роком. Нині на ділянках дна глибиною більше 10 м товщина мулового шару складає 20-120 см.

Близько 99%  $^{137}\text{Cs}$  і 94-99%  $^{90}\text{Sr}$  перебуває у донних відкладах в необмінній (фіксованій) формі. Відсутність радіонуклідів у поровому розчині свідчить про їх стійку (і незворотною за звичайних умов) фіксацію твердою речовиною.

Залежність коефіцієнтів кореневого накопичення радіюду  
сільськогосподарськими культурами  
від сорбційних властивостей ґрунтів

О.В. Кашипаров<sup>1</sup>, С.Е. Левчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра радіобіології НУБіП України

<sup>2</sup> УкрНДІСГР НУБіП України

Зависимость коэффициентов корневого накопления радиойода  
сельскохозяйственными культурами

от сорбционных свойств почв

А.В. Кашипаров<sup>1</sup>, С.Е. Левчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра радиобиологии НУБіП України

<sup>2</sup> УкрНІІСХР НУБіП України

В результате Чернобыльской катастрофы в атмосферу было выброшено  $(2-6) \cdot 10^{10}$  Бк  $^{129}\text{I}$  ( $T_{1/2}=15.7 \cdot 10^6$  лет).  $^{129}\text{I}$  может служить маркером загрязнения территории  $^{131}\text{I}$  в первые дни Чернобыльской катастрофы для реконструкции дозовых нагрузок на население. Экспериментальные значения равновесных коэффициентов накопления ( $K_n$ )  $^{125}\text{I}$ , используемого в качестве аналога  $^{129}\text{I}$ , в основные сельскохозяйственные культуры (пшеница, редис, салат и спаржевая фасоль) были получены в ходе многолетних экспериментальных работ УкрНІІСХР на дерново-подзолистой и серой лесной почвах, а также на черноземе типичном и луговом. В данных почвах, являющихся типичными для Украины, в широких пределах изменялись агрохимические характеристики, содержание гумуса (0.8÷4%) и стабильного йода (0.5÷6.2 мг/кг), а также равновесные значения коэффициентов распределения йода ( $K_d \sim 12 \div 112$  мл/г).

Наибольшие величины коэффициентов накопления растениями радиойода были получены на дерново-подзолистой почве - 0,01-0,03 и 0,001-0,005 для остальных почв. Наименьшие значения  $K_n$  были получены для зерна пшеницы: 0,001 для дерново-подзолистой почвы и 0,0001-0,0003 для остальных почв. Удельная активность радиойода в соломе пшеницы была на два порядка выше по сравнению с зерном. Не наблюдалось значимой вертикальной миграции радиойода из пахотного горизонта почв, а также его возгонки. После поступления в почву на протяжении первых 10-50 дней происходила интенсивная фиксация радиойода почвой с выходом на квазиравновесное состояние – незначительное изменение  $K_d$ .

На основании полученных УкрНІІСХР экспериментальных данных были впервые установлено наличие корреляции ( $R = -0.84 \div -0.95$ ), а также получены обратно пропорциональные зависимости коэффициентов накопления  $^{125}\text{I}$  в различных сельскохозяйственных культурах от взаимнокоррелирующих между собой характеристик: коэффициентов распределения йода-125 (коэффициент парной корреляции для разных растений и почв составил  $0.84 \div -0.95$ ) и стабильного йода в почве, а также содержания в почве гумуса и стабильного йода. Наличие обратно пропорциональной зависимости между коэффициентами корневого накопления йода определенными растениями и его содержанием в почве указывает на то, что содержание в сельскохозяйственных растениях стабильного йода является постоянным на разных типах почв и не зависит от содержания в них йода.

# МІГРАЦІЯ $^{137}\text{Cs}$ ПО ТРОФІЧНОМУ ЛАНЦЮГУ ПАСОВИЩНОГО ТИПУ

*Т. М. Ковенько, В. А. Гайченко*

*Установа – НУБіП*

Міграція радіонуклідів в природних та напівприродних екосистемах становить особливий інтерес внаслідок відносно швидкої біологічної трансформації ізотопів з неактивної форми до біологічно доступної рослинам і тваринам. Включаючись до метаболізму живих організмів радіонукліди накопичуються і перерозподіляються в трофічних ланцюгах тварин, що призводить до їх інтенсивного кругообігу в екосистемі (Гайченко, 1996, Симонова, Гайченко, 2009). Основні наукові дослідження з цієї проблеми виконувались в умовах значної щільності забруднення, в той час як територія України в основному забруднена в межах 37 – 74 кБк/м<sup>2</sup>.

Завданням роботи було вивчення ступеню накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в ланках трофічного ланцюга пасовищного типу в природних лісових екосистемах зі щільністю забруднення 40–74 кБк/м<sup>2</sup>.

Біологічний матеріал різних трофічних груп тварин здобувався за допомогою стандартного методу ґрунтових пасток Барбера в хвойному та мішаному лісах в 3-й зоні забруднення аварії на ЧАЕС (Рівненська обл., Зарічненський р-н, с. Перекалля).

Дослідження показало, що домінуючими трофічними групами комах надземного фауністичного комплексу є хижаки (*Carabus granulatus* L., *Cychrus caraboides* L., *Pterostichus melanarius* Ill.); пантофаги (*Calathus ambiguus* Pk.); фітофаги (*Hylobius abietis* L.); сапрофаги (*Geotrupes stercorosus* Scriba) та всеїдні (*Formica rufa* L.), причому останні за чисельністю є домінантами.

Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  в різних трофічних групах складає (Бк/кг):

хижаки -	3550 ± 1,8
пантофаги -	2600 ± 1,09
фітофаги -	1500 ± 1,3
всеїдні (мурашки) -	635 ± 0,9

За збільшенням питої активності по мірі просування трофічним ланцюгом трофічні групи розташовуються наступним чином: всеїдні < фітофаги < пантофаги < хижаки. Таким чином, ряди активності комах, що мешкають в умовах невисокої щільності забруднення в цілому відповідають закономірності максимального накопичення радіонукліда в ланці хижаків.

Розраховані для різних ланок трофічного ланцюга коефіцієнти накопичення (Бк·кг<sup>-1</sup>/Бк·кг<sup>-1</sup>) розподіляються наступним чином:

- фітофаги – 1.2;
- всеїдні – 0.18–0.42 в залежності від ланки-донора;
- хижаки – 1.37 – 2.37;
- пантофаги – 3.05.

Звертає на себе увагу той факт, що розраховані для різних ланок трофічного ланцюга коефіцієнти накопичення дещо відрізняються від описаних в літературі. Найбільшим  $K_n$  є в ланці "лишайники-пантофаги" – 3.05, що свідчить про інтенсивне накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в початкових ланках ланцюга. Останнє пов'язане з живленням комах-пантофагів грибним міцелієм та таломом лишайників, в яких сконцентрована значна кількість радіонукліду.

Таким чином, дослідження виявило певні особливості поведінки  $^{137}\text{Cs}$  в трофічному ланцюзі пасовищного типу, які виявляються у істотно вищому коефіцієнті накопичення в ланці "лишайники – пантофаги" значно більшому ніж характерний для вищих рівнів консументів в екосистемі.

# Оцінка впливу добрив на надходження $^{137}\text{Cs}$ з різних типів ґрунту у сільськогосподарські культури

*О.В. Косарчук*

*Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету біоресурсів і природокористування України [Olya\\_S@uiar.kiev.ua](mailto:Olya_S@uiar.kiev.ua)*

Для зниження надходження радіонуклідів у рослини існує достатньо широкий набір меліорантів, доступних і відносно дешевих для застосування у сільськогосподарському виробництві.

Дослідження впливу різних систем удобрення на вміст  $^{137}\text{Cs}$  у суміші злакових трав, зеленої маси гороху, люпину та вівса проводили в умовах мікропольових дослідів на чорноземі та дерново-підзолистому ґрунтах. В якості добрив вносили NPK із розрахунку фізіологічних потреб кожного виду рослин і агрохімічних показників ґрунту. Кількість добрив не застосовували в одних і тих же дозах під різні культури та на різних ґрунтах, а в дозах, що були розраховані відповідно до специфічних вимог ґрунту та сільськогосподарських культур.

Результати досліджень показали, що застосовані контрзаходи різною мірою впливають на накопичення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарськими культурами.

На чорноземі внесення підвищених доз добрив з метою зниження накопичення  $^{137}\text{Cs}$  досліджуваними рослинами було мало ефективним, що обумовлено агрохімічними та фізико-хімічними властивостями даного ґрунту. При цьому слід відмітити, що на даному типі ґрунту спостерігались мінімальні значення  $K_H$  (від 0,01 у вівса до 0,58 у суміші злакових трав)  $^{137}\text{Cs}$  для досліджуваних культур у порівнянні з дерново-підзолистим (від 0,02 у вівса до 1,95 у люпину).

Найбільша ефективність зниження  $K_H$  спостерігається на обох типах ґрунту для досліджуваних культур при застосуванні в якості добрива каліймагnezія в дозі 50% від рекомендованої під культуру.

У деяких випадках при внесенні додаткових доз азотних добрив, спостерігалось більш інтенсивне накопичення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарськими культурами. Дане явище не відмічено для всіх дослідних культур, що вирощувались на дерново-підзолистому ґрунті, для суміші злакових трав та люпину - на чорноземі

Було встановлено, що вміст радіоцезію у рослинах на різних типах ґрунту відрізняється до 10 разів, а найбільший коефіцієнт накопичення був у люпину на обох типах ґрунту, далі зменшуються в ряду культур: горох, багаторічні трави, овес (зелена маса).

Додаткове внесення мінеральних добрив (особливо азотних) не є доцільним як з радіологічної, так і економічної точки зору, оскільки є мало ефективним, а вартість додатково отриманої продукції не покриватиме сумарні затрати на добрива та їх внесення.

# Радіобіологічні ефекти у сільськогосподарських тварин після аварії на ЧАЕС

*М.М.Лазарєв*

*Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету біоресурсів і природокористування України (УкрНДІСГР НУБіП України)*

В останній час у науковій літературі підвищується увага до захисту біоти від впливу радіаційного фактору. Особливу увагу при цьому приділяють на розвиток радіаційного захисту природи на рівні популяцій та екосистем. Дані по прояви радіобіологічних ефектів передбачається використовувати для прийняття рішень поряд із іншою інформацією при різних сценаріях розвитку радіаційної небезпеки. Велика рогата худоба є однією із зручних моделей вивчення впливу радіаційного фактору на живі організми у випадку масштабного забруднення навколишнього середовища радіонуклідами. На даний час накопичено багато даних про радіочутливість цього виду тварин, яка практично подібна до людини. Пасовищна худоба у випадку надходження радіонуклідів у навколишнє середовище першою і в набагато більших дозах піддається впливу радіаційного фактору виходячи із фізіології тварин і способів їх утримання.

Нами проведені довготривалі дослідження проявів біологічних ефектів на великої рогатої худобі, що утримувалася на забрудненій радіонуклідами території з різними рівнями радіаційного впливу. Дослідні групи великої рогатої худоби знаходилися у зоні відчуження с. Нвошепелічі, а також у с. Максимовичи та с. Володимірівка Поліського району. Контролем слугували тварини із відносно чистих регіонів Поліського, Малінського районів Київської та Житомирської області. Крім того були проаналізовані дані ветеринарної диспансеризації великої рогатої худобі, що була проведена у безпосередньо перед аварією на Чорнобильській АЕС.

Для характеристики стану здоров'я тварин були використані клінічні, гематологічні, біохімічні, імунологічні параметри, а також продуктивність тварин і відтворювальні якості.

Дослідженнями встановлено, що після аварії на ЧАЕС в залежності від місця знаходження велика рогата худоба отримала від одиниць до десятків Грей поглинутої дози на щитовидну залозу, порядку 1-3 Грей на усе тіло і десятки Грей на шлунково-кишковий тракт. Таке дозове навантаження спричинило прояви різних змін у параметрах оцінки здоров'я тварин. Так кількість хромосомних аберацій у лімфоцитах крові коливалася від 4% до 30%, відмічалися різні зміни гематологічних показників - від лейкопенії (особливо лімфоцитопенії) до лейкоцитозу (зокрема еозинофільного), показовими також були зміни у гормональному статусі дослідних тварин, зокрема зміни у кількості гормонів щитовидної залози.

Не дивлячи на значні дози радіаційного впливу на організм великої рогатої худоби більшість із зазначених показників повернулися до «нормального» рівня на протязі 3-5 років спостереження. Крім цього основна кількість поголів'я великої рогатої худоби зберігала продуктивні та відтворювальні якості у всіх дослідних групах. Тобто, радіаційна ситуація, що склалася на забрудненій радіонуклідами території України у післяаварійних період суттєво вплинула на параметри здоров'я великої рогатої худоби, але ці зміни у основному мали компенсаторних характер.

# Київський скануючий ядерний зонд: приклади використання методики мікро-ріхе для біомоніторингу навколишнього середовища

*С.О. Лебедь, М.Г. Толмачов, О.Г. Кухаренко, О.О. Веселов  
Дослідницька лабораторія «Спектр», Фірма «Т.М.М.»*

# Киевский сканирующий ядерный зонд: примеры использования методики микро-рйхе для биомониторинга окружающей среды

*С.А. Лебедь, Н.Г. Толмачев, О.Г. Кухаренко, А.А. Веселов  
Исследовательская лаборатория «Спектр», Фирма «Т.М.М.»*

За период времени 2003-2009г.г. силами лаборатории «Спектр» был спроектирован, изготовлен и инсталлирован сканирующий ядерный зонд (СЯЗ) — комплекс современных прецизионных аналитических приборов и методик. Основой данного комплекса является модернизированный ЗМВ ускоритель заряженных частиц (протонов или альфа-частиц) типа Ван де Граафф (*KN-3000, HVEC, USA*) с высокой энергетической стабильностью ( $\Delta W/W \sim 0.01\%$ ) рабочего пучка ионов.

В данном СЯЗ авторами применена оригинальная система формирования зонда с оптимизированной ионной оптикой. Она базируется на триплете прецизионных магнитных квадрупольных линз. Разработанная система позволяет СЯЗ легко перестраиваться на один из двух режимов его работы. Для реализации достоинств данной системы разработана новая конструкция прецизионной магнитной квадрупольной линзы. Триплет этих линз изготовлен и установлен на канале Киевского зонда.

В 2010 году на Киевском СЯЗ введена в эксплуатацию первая ядерно-физическая методика: методика характеристического рентгеновского излучения (PIXE - particle induced X-ray emission). Как известно, PIXE методика позволяет идентифицировать практически все следовые элементы (тяжелее алюминия) с рекордно высокой чувствительностью (до 1мг/кг). С помощью этой методики авторами были получены первые экспериментальные результаты: микро-PIXE спектры и соответствующие им двухкоординатные карты (с программно задаваемыми размерами: от 10х10мкм<sup>2</sup> до 500х500мкм<sup>2</sup>) распределения химических элементов в различных образцах органического происхождения (грибы, лишайники, кора деревьев, фрагменты тканей животных и т.п.).

На этих картах четко видны неоднородности распределения в образцах основных, примесных и следовых химических элементов. Полученные результаты показали, что методика микро-PIXE может быть чрезвычайно полезной в исследованиях физиологических и биохимических процессов в тканях биологических объектов, а также для биомониторинга окружающей среды.



## Результати унікального експерименту на людях можуть бути втрачені

*І.М. Лютий*

Ще задовго до Чорнобильської катастрофи, внаслідок неконтрольованого використання будівельних матеріалів підвищеної радіоактивності (БМПР) у багатьох будинках, зокрема житлових, основна дозова межа індивідуального опромінення населення 1 мЗв/рік може перевищуватись у кілька разів, спричиняючи додаткову онкозахворюваність. Проте масштаби і наслідки такого опромінення ще й сьогодні лишаються недослідженими. Разом з тим основні експериментальні дані для таких досліджень – діагнози первинних онкозахворювань - всі ці роки регулярно фіксувались у загальних реєстрах онкозахворювань і тепер складають унікальну базу даних для широкомасштабних досліджень, безпосередньо на людях, тих чи інших аспектів впливу хронічного опромінення стабільними малими дозами. І насамперед – саме для цих будинків – термінової розробки ефективних контрзаходів і нормативів, адекватних реальному рівню небезпеки саме такого опромінення, яке триває вже десятки років і продовжує тривати – отже потребує негайного втручання.

Досвід проведених нами попередніх досліджень підтвердив доцільність і можливість нескладного їх поширення щонайменше не всю територію України. Це дає змогу автоматично мінімізувати похибки від багатьох нерадіаційних факторів (відомих і невідомих), що дозволяє спростити методику досліджень та контролювати достовірність результатів за найоб'єктивнішим критерієм – їх збігом на різних великих групах населення. Для проведення таких досліджень у масштабах держави найоперативніше і без особливих витрат виконати нескладний пошук будинків з БМПР вже давно могли б ограні санепідемнагляду.

На жаль, сьогодні дані, зібрані в реєстрах онкозахворювань, катастрофічно втрачаються. Насмперед зникають за терміном давності найбільш цінні відомості попередніх років, які ще не були спотворені впливом сучасних техногенних факторів. Старі «хрущівки» (з нашого досвіду, саме серед них найбільше будинків з БМПР) в недалекому майбутньому теж будуть знесені, отже їхні радіаційні параметри так і залишаться невідомими. І нарешті в Національному канцер-реєстрі та обласних канцер-реєстрах на електронних носіях зібрана інформація лише починаючи з 90-х років. Дані за значно більший період попередніх років у Національному канцер-реєстрі взагалі відсутні, а в обласних канцер-реєстрах якась частина їх ще залишилась у картотеках чи журналах. Хоча б ці залишки треба терміново рятувати від знищення, насамперед на тих територіях, де є будинки з БМПР. Отже найперше – пошук таких будинків на всій території України.

# Порівняльний аналіз контрзаходів, щодо здатності пілоутримання полютантів в радіоекологічних і екологічних процесах

*А.М. Огородник<sup>1</sup>, Ю.А. Томілін<sup>2</sup>*

*Миколаївський державний університет імені Петра Могили*

Природні та техногенні катаклізми, які мають місце в Україні, - віддалені наслідки аварії на Чорнобильській АЕС, реальність проектних та поза проектних аварій при застосуванні небезпечних технологій, масове хімічне та радіонуклідне забруднення значних територій – виводять на перший план розробку ефективних контрзаходів та відновлення уражених територій. Важливим є проведення аналізу і класифікації контрзаходів на основі теорії та моделей радіоємності з тим, щоб оцінити, як захисні заходи впливають на параметри радіоємності екосистем, і визначити оптимальні схеми застосування контрзаходів.

У своїх дослідженнях при порівняльному аналізі контрзаходів пілоутримання полютантів ми використовували метод фітодезактивації, внесення підвищених калійних, фосфорних та азотних норм добрив.

Кальцієфільні рослини, у першу чергу бобові - люпин, люцерна, горох, квасоля, формуючи свої органи, разом з кальцієм накопичують його хімічні аналоги – Sr, <sup>90</sup>Sr, Cd. Аналогічно калієфільні рослини: кукурудза, картопля, гречка та інших разом з калієм у великих кількостях накопичують його хімічні аналоги – Cs, <sup>134</sup>Cs і <sup>137</sup>Cs.

При внесення калійних добрив вміст <sup>137</sup>Cs у рослин різко зменшується від 2 до 20 разів. Внесення сульфату калію в кількості 35 кг/га знижує вміст <sup>90</sup>Sr в рослинах приблизно на 40%. Проте, внесення калію для обмеження вмісту <sup>90</sup>Sr має і негативну сторону – при цьому в рослинах зменшується вміст кальцію. Внесення кислих калійних добрив підвищує розчинність Cd. Важливим фактором, що підвищує розчинність кадмію в ґрунті являються хлоридні розчини.

Внесення в ґрунт фосфорних добрив зменшує перехід <sup>90</sup>Sr в рослини в 2-6 разів і підвищує його міцність закріплення в ґрунті, також зменшується концентрація Cd. Найбільш ефективними є добрива, які містять фосфати кальцію та калію

Для застосування реальних контрзаходів в ландшафтах включають два основні шляхи. Перший шлях – визначення зон акумуляції важких металів, радіонуклідів в ландшафті і застосування контрзаходів саме в цих зонах, де відмічені високі значення факторів радіоємності. Другий шлях – формування ландшафтів за допомогою ландшафтно утворюючих заходів так, щоб підвищити радіоємність в зручних частинах ландшафту, де можна надовго поховати радіонукліди та токсичні метали, або ефективно використовувати контрзаходи.

Запропоновані шляхи мінімізації надходження радіонуклідів та важких металів є ефективними та екологічно безпечними для різних типів екосистем, а при їх комбінованому застосуванні призводить до максимально результату і відновлення екосистеми за рахунок її компонентів. Встановлено, що практично всі контрзаходи впливають на показники радіоємності системи та радіоємності біоти. Найбільш ефективними та безпечними мають бути контрзаходи, які дозволяють збільшувати показники радіоємності або хоча б не знижувати їх.

# Вплив режиму експлуатації ГЕС на радіоекологічну ситуацію у Київському водосховищі

*О. О. Пархоменко<sup>1</sup>, С. В. Пришляк<sup>1</sup>, К. О. Нікітюк<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Інститут гідробіології НАН України*

*<sup>2</sup>Національний університет “Києво-Могилянська академія”*

На території басейну Дніпра зосереджена основна кількість радіонуклідів Чорнобильського викиду і саме каскад Дніпровських водосховищ є основною магістраллю транспорту радіонуклідів до Чорного моря. Тому вивчення радіоекологічної ситуації в екосистемах Дніпровських водосховищ, зокрема особливостей формування радіонуклідного забруднення риб, є одним з важливих напрямків досліджень наслідків Чорнобильської катастрофи.

Дослідження багаторічної динаміки вмісту тривалоіснуючих радіонуклідів у промислових видах риб Дніпровських водосховищ показали, що з 1987-1988 рр. спостерігалася тенденція до зменшення активності  $^{137}\text{Cs}$  в іхтіофауні, при цьому упродовж усього періоду досліджень найвищим вміст радіонукліда був у рибках Київського водосховища. Згідно загальновідомих закономірностей накопичення радіонуклідів гідробіонтами, приблизно із середини 90-х років минулого сторіччя екосистема Київського водосховища перебувала у стані відносної динамічної рівноваги щодо вмісту радіонуклідів у водному середовищі та організмах гідробіонтів.

Однак навесні 2010 р. нами було зареєстровано збільшення, у порівнянні із даними попередніх років, вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в мирних рибках. У 2009 р. вміст  $^{137}\text{Cs}$  в лящі, плоскирці, карасі та лині відзначений у діапазоні величин 16-28, навесні 2010 р. – 16-93 Бк/кг, активність радіонукліда в чехоні збільшилася від 45 до 220 Бк/кг. У той же час не зареєстровано вірогідного збільшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в рибках-іхтіофагах. Отже, нами зареєстровані явища, які свідчать про порушення стану динамічної рівноваги в екосистемі Київського водосховища. По перше – ми не зареєстрували чіткого збільшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  в організмах риб у напрямку від нижчих до вищих ланок трофічного ланцюга, по друге – виявлені істотні індивідуальні відмінності вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в організмі риб. Крім того, відзначена тенденція до виникнення зворотного розмірного ефекту. Підкреслимо, що саме такі явища спостерігалися у водних екосистемах у перші місяці після аварії на ЧАЕС.

На наш погляд, вторинне радіонуклідне забруднення екосистеми Київського водосховища було зумовлено порушенням режиму його експлуатації у березні 2010 р., тобто спрацюванням до рівня, нижчого за екологічно безпечний. Це призвело до осушення мілководних ділянок, перемішування та скаламучення мулистих донних відкладів, і, як наслідок, вивільнення депонованих у донних відкладах радіонуклідів.

До жовтня 2010 р. вміст  $^{137}\text{Cs}$  у бентосоїдних рибках зменшився до 3-10 Бк/кг. У той же час нами зареєстровано істотне підвищення рівнів радіонуклідного забруднення представників іхтіофауни Кременчуцького водосховища, де у квітні 2010 р. питомий вміст  $^{137}\text{Cs}$  у рибках становив 1-3 Бк/кг, а у листопаді – 12-45 Бк/кг. Отже, відповідно до особливостей гідрологічного режиму Дніпровських водосховищ, під час весняної повені забруднені радіонуклідами водні маси минули Київське та Канівське водосховища і надійшли до Кременчуцького, де залишалися до кінця літа. Саме це й призвело до збільшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в організмі риб цієї водойми.

Таким чином, порушення режиму експлуатації Київського водосховища у 2010 р. спричинило спочатку вторинне радіонуклідне забруднення водних мас, порушення стану динамічної рівноваги в екосистемі, потім – міграцію радіонуклідів до екосистеми Кременчуцького водосховища та підвищення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в рибках цієї водойми.

# Оптимізація застосування контрзаходів в критичних населених пунктах України

*С.В. Поліщук*

*Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету  
біоресурсів і природокористування України (УкрНДІСГР НУБіП України)*  
[PolishchukS@i.ua](mailto:PolishchukS@i.ua)

Не зважаючи на те, що після аварії на Чорнобильській АЕС минуло майже 25 років, проблеми забезпечення радіаційної безпеки населення, що проживає на забруднених радіонуклідами територіях України, залишаються актуальними. До цього часу на території північно-західного Полісся України (Волинській, Житомирській та Рівненській областях) знаходяться населені пункти, в яких середньорічні ефективні дози опромінення населення можуть перевищувати 1 мЗв.

На даній території таких населених пунктів з перевищенням середньорічної ефективної дози згідно даних дозиметричної паспортизації 2005-2006 рр. нараховується близько 70.

Отримані за допомогою системи підтримки прийняття рішень ReSCA оптимізовані оцінки затрат на проведення контрзаходів (в першу чергу застосування фероцину) для критичних населених пунктів зазначеного регіону показали, що на даний час для зменшення паспортних середньорічних ефективних доз опромінення населення в Україні нижче 1 мЗв/рік необхідно близько 10 млн. грн.. При цьому контрзаходи необхідно здійснювати в конкретних найбільш критичних населених пунктах.

Проведена класифікація критичних населених пунктів щодо черговості впровадження протирадіаційних заходів, показала наступне:

1. першочергового впровадження протирадіаційних заходів в Житомирській області потребують лише два населених пункти Коростенського району - с. Воронове та с. Немирівка;

2. найбільш неблагополучні в радіологічному відношенні населені пункти Житомирської області в яких в даний час проживає населення (Ганнівка, Народичі, Лозниця, Розсохівське, Селець, Боротине, Виступовичі, Рудня-Радовельська) відносяться до другої зони радіоактивного забруднення, в якій згідно із Законодавством України не можуть здійснюватися захисні заходи за рахунок держави;

3. першочергового впровадження протирадіаційних заходів у Рівненській області потребують 32 населених пункти.

Результати попередньої оптимізації застосування контрзаходів та розробка сценаріїв реабілітації з використанням програми ReSCA дозволяють зробити висновок, що на території Волинської області відсутні населені пункти з перевищенням ліміту річної дози в 1 мЗв.

Застосування ж на практиці результатів даних досліджень сприятиме зниженню середньорічних ефективних доз опромінення місцевого населення зазначеного регіону нижче встановлених меж (1 мЗв/рік), та дозволить оптимізувати застосування контрзаходів у сільськогосподарському виробництві на забрудненій території з точки зору мінімізації затрат на ліквідацію наслідків Чорнобильської катастрофи і отримання максимального ефекту від їх впровадження.

## Вплив іонізуючої радіації низької потужності поглиненої дози на систему антиоксидантного захисту в організмі щурів

*А.О. Прохорова, Л.І. Степанова, Є. Грогуль, М. Дехтярева, С.В. Хижняк  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

У останні роки в центрі уваги радіобіологів знаходяться дослідження біологічної дії іонізуючих випромінювань малих величин доз і потужностей, визначення механізмів виникнення індукованих ними ефектів. Особливої актуальності набула ця проблема для України, значні території та контингенти населення якої зазнали підвищеного радіаційного впливу внаслідок аварії на ЧАЕС.

Особливості біологічної дії іонізуючої радіації полягають в процесах збудження та іонізації атомів чи молекул з наступним утворенням високоактивних радикалів та пероксидів, які здійснюють ушкоджуючий вплив на клітинні структури. Ці процеси протікають при будь-якій дозі опромінення. Мета роботи – дослідження показників проокисно-антиоксидантного стану різних органів щурів в динаміці після опромінення в дозах 0,1; 0,5 та 1,0 Гр за низької потужності поглиненої дози.

В досліджах використано сироватку крові, гомогенні препарати слизової оболонки тонкої кишки (СОТК) та печінки щурів, а також препарати мітохондріальної фракції клітин СОТК та гепатоцитів. Разове опромінення щурів проводили на апараті РУМ-17 при наступних умовах: сила струму 5 мА, напруга 200 кВ, шкірно-фокусна відстань – 1000 см, фільтри 0,5 мм Cu + 1мм Al. Потужність поглиненої дози - 55 мГр·хв<sup>-1</sup>. Дослідження проведено через 1, 12, 24 та 168 год після опромінення в дозах 0,1; 0,5 та 1,0 Гр.

Активація окисних процесів, яку оцінювали по накопиченню ТБК-активних продуктів (за вмістом МДА), спостерігається при всіх термінах досліджень. В сироватці крові вміст ТБК-активних продуктів зростає дозозалежно при всіх термінах дослідження. В тканинах СОТК та печінки накопичення цих продуктів в різні терміни після опромінення спостерігається в залежності від дози опромінення. Причому, через 7 діб (168 год ) після опромінення їх вміст наближається до контрольних значень. Активність важливих ферментів антиоксидантного захисту - каталази та супероксиддисмутази (СОД) - в сироватці крові дещо знижується (особливо через 1 годину), а через 7 діб після опромінення не відрізняється від контрольних значень. Активність каталази в препаратах СОТК зростає, особливо через 1 та 12 год після опромінення в дозах 0,5 та 1,0 Гр (у середньому в 1,5 -1,8 раз відносно контрольних значень). Зростання активності каталази спостерігається і в препаратах печінки, особливо через 24 год після опромінення. Активність СОД в препаратах СОТК знижується і становить у середньому 64% через 24 години після опромінення в досліджуваних дозах. Для препаратів печінки виявлено незначне зниження активності СОД. Через 7 діб активність каталази та СОД наближається до контрольних значень в препаратах печінки, але не СОТК. Зміни в активності мітохондріальної СОД клітин СОТК та гепатоцитів, яка обумовлена функціонуванням ізоферментів Cu,Zn-СОД та Mn-СОД, в залежності від дози опромінення характеризується відмінностями в динаміці після опромінення. При опроміненні в дозах 0,1 та 0,5 Гр активність СОД в препаратах мітохондрій зростає за всіх термінів дослідження. Однак, при опроміненні в дозі 1,0 Гр активність в них знижується через 1,12 та 24 год, а через 7 діб – зростає відносно контролю. Ці залежності для препаратів мітохондрій подібні як для клітин СОТК, так і гепатоцитів. Зроблено висновки стосовно особливостей порушення проокисно-антиоксидантної рівноваги в організмі щурів в результаті дії іонізуючої радіації з потужністю поглиненої дози 55 мГр·хв<sup>-1</sup>.

# Визначення коефіцієнтів розподілу ( $K_d$ ) радіонуклідів уран-торієвого ряду

у хвостосховищах Придніпровського хімічного заводу.

*В.П. Процак, В.О. Кашипаров, І.М. Малоштан, С.Є. Левчук, В.К. Кириченко*

*Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України*

Для оцінки міграції радіонуклідів у тілі хвостосховищ зручно використовувати напівкількісні моделі сорбційної взаємодії. Це дозволяє усереднити вплив значної кількості чинників, що впливають на міграційні процеси. Основним параметром даних моделей є коефіцієнт розподілу ( $K_d$ ), який визначає співвідношення концентрації радіонукліду, що адсорбований на твердій фазі і його концентрації у ґрунтовому розчині після досягнення системою рівноваги. Великі значення  $K_d$  означають, що радіонуклід міцно зв'язаний з твердою фазою і його міграція буде повільною, а невеликі значення  $K_d$  вказують на протилежне.

За допомогою «in batch» методу проведена оцінка  $K_d$  радіонуклідів уран-торієвого ряду для п'яти хвостосховищ «ПХЗ». Зразки шламу відбирались з різних горизонтів хвостосховищ під час шнекового буріння. Дослідження сорбційної рівноваги радіонуклідів між водним розчином і твердою фазою проводилось при співвідношенні фаз 5:1. Інкубація відбувалася протягом 24 годин при перемішуванні, після чого розчин фільтрувався через міліпорівські фільтри 0.22 мкм. Розрахунок  $K_d$  для кожного радіонукліду проводився виходячи з значень його активності у розчині і сухому залишку.

Аналізуючи отримані значення  $K_d$  для радіонуклідів в умовах хвостосховищ «ПХЗ», можна зробити висновок, що міграція  $^{238}\text{U}$  порівняно з  $^{230}\text{Th}$  за рахунок конвективного переносу вологою має бути значно інтенсивнішою (до трьох порядків величини). Найменші значення  $K_d$  для  $^{238}\text{U}$  та  $^{230}\text{Th}$  були отримані для хвостосховища «Центральний Яр», середовище якого має кислу реакцію ( $\text{pH}=2.6-3.4$ ), при цьому для  $^{226}\text{Ra}$  вони виявилися найвищими. Тому для цього хвостосховища, порівняно з іншими

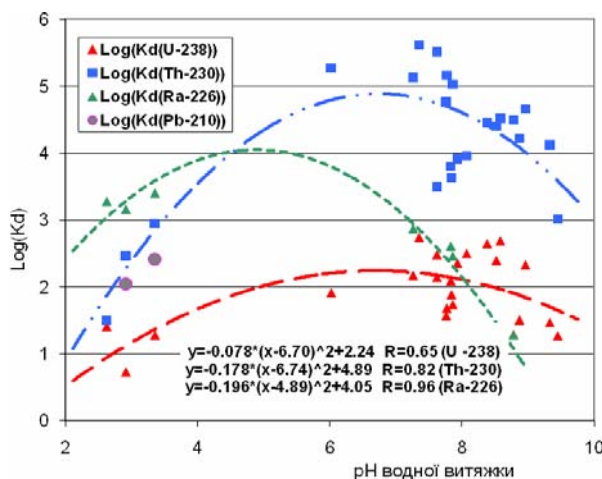


Рис. 1. Залежність  $\text{Log}(K_d)$  радіонуклідів у хвостосховищах «ПХЗ» від  $\text{pH}$ .

слід очікувати, на один, два порядки більш інтенсивну водну міграцію для урану та торію і меншу для радію. Простежується залежність  $K_d$  радіонуклідів у хвостосховищах від  $\text{pH}$  середовища. Вона може бути апроксимована поліноміальною функцією з відповідними параметрами (рис.1). Визначення  $K_d$  для  $^{238}\text{U}$  та  $^{230}\text{Th}$  в зразках відібраних під тілом хвостосховищ показало, що їх значення у декілька разів вищі. Це може свідчити, що інтенсивність міграції цих радіонуклідів у підстилаючій породі менша ніж у тілі хвостосховища.

Отримані результати є актуальними для оцінки і прогнозування радіологічної ситуації на даних територіях, моделювання процесів міграції радіонуклідів та розробки стратегії поведінки з хвостосховищами. Робота виконана при підтримці ДП «Бар'єр».

# Особливості формування внутрішнього опромінення населення, яке мешкає на забруднених радіонуклідами територіях Північної частини Житомирщини

*Л. Д. Романчук*

*Житомирський національний агроекологічний університет,  
м. Житомир, Україна*

На відміну від дії зовнішніх джерел опромінення, внутрішнє може продовжуватися все життя, навіть після одноразового надходження радіонуклідів в організм. У такому випадку потужність дози випромінювання, як правило невисока, і з часом зменшується, але частка поглиненої дози, що формується інкорпорованими радіонуклідами становить 50-68% від дози створеної природним фоном. Виробнича діяльність людства призвела до надходження в біосферу штучних радіонуклідів. Крім того, за період розвитку ядерних та радіаційно небезпечних технологій сталося понад 152 аварії різного ступеня складності, з різними наслідками для населення і довкілля різною за обсягами кількістю радіонуклідів, що потрапили в біосферу.

При значних радіаційних аваріях, найбільшою з яких є аварія на Чорнобильській АЕС, в біосферу і надалі надходить велика кількість різних радіонуклідів техногенного походження. Ці радіонукліди активно включаються в харчові ланцюги і можуть обумовлювати значні дозові навантаження на населення навіть і через 20-25 років після аварії.

Особливо інтенсивного забруднення зазнала північна частина України, а саме Київська, Житомирська, Рівненська та Волинська області. Серед вище згаданих областей найбільш забрудненою вважається Житомирська область. Ареал радіоактивного забруднення охоплює територію Народицького, Овруцького, Коростенського, Олевського, Лугинського, Ємільчинського, Малинського, Володарсько– Волинського та Новоград-Волинського районів, а також м. Коростеня.

Серед основних шляхів надходження радіонуклідів в організм (інгаляційний, пероральний), саме пероральний має найбільш негативне значення. На пізній стадії ядерної аварії основним джерелом надходження в організм людини довго існуючих техногенних радіонуклідів, що формують дозу внутрішнього опромінення це - цезій-137 та стронцій – 90.

Відомо, що доза внутрішнього опромінення утворюється в основному за рахунок споживання продуктів харчування і досягає до 95% від сумарної дози для критичних територій.

Тому визначення внутрішньої дози опромінення населення за рахунок продуктів харчування є важливою і актуальною проблемою. Дослідження протягом 2002-2008 років показали, що формування внутрішньої дози опромінення населення, яке мешкає на забруднених радіонуклідами територіях в першу чергу залежить від кількості споживання продуктів харчування лісового походження, молока та картоплі.

Так., найбільший вклад у внутрішню дозу опромінення населення внесли гриби та ягоди, від 75,6% в Народицькому і до 94,3% в Овруцькому районі. Продукти харчування тваринного походження внесли від 2,6% в Овруцькому до 33,7% в Олевському районі, а вклад рослинницької продукції в річну дозу сягнув до 16,3% в Малинському районі. Виходячи з наших досліджень видно, що ліси є критичними ландшафтами з погляду формування доз внутрішнього опромінення населення багатолісних районів, яким і є Полісся Житомирщини.

# Дослідження репопуляційного відновлення в умовах дії гамма-радіації

*А.Г. Салівон*

*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України*

Процес відновлення клітин від радіаційного ураження є однією з головних проблем радіобіології. При вивченні процесів відновлення використовують різні математичні моделі. В основі більшості з них лежить ідея про те, що відновлення можна звести до зменшення ефективної дози.

На основі концепції надійності біологічних систем нами була побудована спеціальна математична модель, що описує поведінку відносної швидкості росту кореня рослини. Відомо, що процес загибелі клітин в популяції і процес їх репарації описують експоненційними залежностями. Математичний аналіз цих уявлень дозволи нам отримати математичну модель для  $ВШР_t$  та на основі експериментальних кривих оцінити числові значення деяких параметрів.

Для оцінки внеску процесів відновлення в умовах дії гамма-радіації застосовується метод фракціонування дози гострого опромінення. У попередніх дослідженнях було показано, що ефект фракціонування дози опромінення позитивно відображається на характері динаміки як ростових показників, так і в динаміці фактора радіоємності (ФР). Динаміка кривих має  $v$ -подібну форму. Ми досліджували висхідну частину кривої оскільки саме вона відповідає за процес відновлення.

Для аналізу отриманих даних на ростовій реакції рослин кукурудзи. Нами було використано дві гіпотези.

1. Вважаємо що диплоїдні клітини меристеми кореня вищої рослини кукурудзи при дії іонізуючої радіації здатні формувати різні форми інактивації. Як відомо форми інактивації визначаються кількістю мітозів які здатні виконати клітини меристеми кореню до їх інактивації (зупинка поділу).

2. Клітини які формують різні форми інактивації здатні приймати участь у ре популяційному відновленні що відображається в зміні ростової функції та реакції ФР.

Використовуючи модель репопуляційного відновлення були проаналізовані отримані нами результати шляхом оцінки швидкості репопуляції та її насичення. Досліджено параметри другої частини моделі, де описане явище репопуляційного відновлення за поведінкою фактору радіоємності при різних дозах та режимах опромінення. При відносно малій дозі опромінення 6 Гр отримані високі значення параметру швидкості репопуляції та відносно малі значення параметрів насичення. Опромінення більшою дозою 11 Гр призводить до зменшення швидкості репопуляції та збільшення параметру насичення. Це пов'язано із спектром форм інактивації клітин.

Підхід з позицій теорії надійності в даному конкретному випадку дозволив нам побудувати відносно просту математичну модель явища репопуляції. Параметри запропонованої моделі мають чіткий біологічний зміст і повністю характеризують основні радіобіологічні процеси в меристемі кореня. Подальше використання цієї моделі допоможе перейти до поглибленого дослідження механізмів радіаційного ураження кореневих меристем, як критичної системи, відповідальної за ураження всієї рослини. Розроблену модель можна модифікувати і для дії інших факторів, де активно працюють системи репопуляційного відновлення.

Дослідження систем надійності рослин є безперечно актуальним для розкриття фундаментальних закономірностей радіаційного ураження рослин, і для вирішення таких практично важливих питань як підвищення загальної стійкості рослин, стабільності їх життєдіяльності при стресах.



## Цитогенетичні ефекти в лімфоцитах периферійної крові персоналу зони відчуження ЧАЕС

*Л.В.Тарасенко, Т.В.Циганок, Ю.О.Носач, Т.В.Мельник, Л.К.Бездробна*  
*Інститут ядерних досліджень НАН України*

Мета роботи - вивчення впливу малих доз опромінення на людину в процесі професійної діяльності в зоні відчуження ЧАЕС. Найбільш чутливим індикатором радіаційного впливу на людину є аберації хромосом в лімфоцитах периферійної крові.

З використанням методу класичного аналізу аберацій хромосом проведено обстеження груп осіб із персоналу підрядних підприємств, який виконує роботи з перетворення об'єкту "Укриття" в екологічно безпечну систему, і ДСП "Комплекс" по поводженню з радіоактивними відходами та дезактивації.

Персонал підрядних організацій виконує роботи в локальній зоні ОУ в полях зовнішнього опромінення різної інтенсивності та за наявності на робочих місцях відкритих радіонуклідних джерел ( $^{238-241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) і можливості їх надходження в організм у вигляді аерозолей. Тривалість роботи від 3 до 18 місяців. Отримані дози зовнішнього опромінення (за даними лабораторії ІДК ДСП ЧАЕС) 0,233 – 2,043 сЗв.

Виявлено, що у підрядного персоналу частота маркерів радіаційного впливу – нестабільних і стабільних обмінів, достовірно перевищує відповідні середньопопуляційні рівні і значення в групах порівняння – жителів м. Славутич і м. Київ. Їх рівень не відповідає отриманим дозам зовнішнього опромінення. Лише 20% виявлених нестабільних обмінів супроводжуються парними фрагментами, наявність яких вказує на відносно недавнє опромінення. Зафіксовані дицентрики без супровідних фрагментів, ймовірно, свідчать про перенесене опромінення в минулому. Враховуючи, що вік обстежених осіб 24 – 37 років, не виключено, що виявлений ефект відображує мутагенне навантаження отримане в дитинстві. Це потребує подальшого дослідження. У окремих осіб виявлено клітини з двома міжхромосомними обмінами, що, можливо, обумовлено внутрішнім опроміненням за рахунок інкорпорації радіонуклідів, або клітини з повністю роздробленою хромосою (ймовірно, за рахунок дії інкорпорованих трансуранових елементів).

З персоналу ДСП "Комплекс" обстежено осіб з цеху поводження з РАВ та цеху дезактивації, які працюють на підприємстві впродовж 5 – 19 р., і отримали, за даними лабораторії ІДК, сумарні дози зовнішнього опромінення 0,567-5,724сЗв. Робітники цеху дезактивації додатково підпадають під дію хімічних (луг, кислоти, оксид азоту) при перевищенні їх гранично допустимих концентрацій і фізичних (вологість повітря до 94 %, шум) факторів.

Виявлено, що рівень цитогенетичних ефектів у персоналу ДСП "Комплекс" вірогідно вищий, ніж в контрольній групі жителів м.Києва. У дезактиваторників середньогрупова частота всіх хромосомних аберацій значимо вища, ніж у переробників РАВ. Це обумовлено, в основному, вірогідним збільшенням аберацій хромосомного типу (характерних для дії радіаційного чинника), і, в першу чергу, нестабільних і стабільних міжхромосомних обмінів. Таким чином, хоча для хімічних чинників характерна індукція аберацій хроматидного типу, за умов одночасної їх дії з радіаційним фактором посилюється ефект випромінювання.

# Цитогенетичні ефекти в лімфоцитах периферійної крові самопоселенців зони відчуження ЧАЕС

Т.В.Циганок

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

У 2010 р. нами були обстежені 7 осіб, які після організованої евакуації із сіл зони відчуження самочинно повернулися в свої домівки в період з червня 1986 по квітень 1987р. і постійно проживають в них до теперішнього часу. Обстеження самопоселенців нами розпочато у 1998р.. До первинно сформованої групи входили 33 особи у віці 24 – 68 років (середній вік 54 роки). У подальші роки ми періодично проводили їх повторні обстеження: у 2001р. – 20, 2004р. – 15, 2010р. – 7 осіб. Таким чином, досліджено динаміку цитогенетичних ефектів у віддалений після Чорнобильської аварії період протягом 13 років у одних і тих самих осіб, які постійно проживали в умовах зовнішнього і внутрішнього (за рахунок вживання продуктів харчування вирощених в зоні) опромінення. Для порівняння обстежені жителі сіл Яготинського району Київської області, не забрудненого радіоактивними викидами чорнобильського походження: у 1998р. – 31 особа, у 2004р. – 12 осіб аналогічного віку.

Обстеження проведено з використанням методу класичного аналізу хромосомних аберацій в лімфоцитах крові. Виявлена нами при останньому обстеженні середня частота структурних аберацій ( $4.99 \pm 0.40$ ) і аберантних за ними клітин ( $4.5 \pm 0.28$ ), кількість аберацій на аберантну клітину (1.11), а також частота маркерів радіаційного впливу - нестабільних ( $0.57 \pm 0.12$ ) і стабільних міжхромосомних ( $0.25 \pm 0.11$ ) обмінів вірогідно не відрізняються від відповідних показників при попередніх обстеженнях. Це свідчить про урівноваження в цілому процесів утворення й елімінації пошкоджень хромосом у самопоселенців Зони відчуження в період 12 – 24 роки після аварії при їх підвищеному рівні порівняно з жителями радіаційно-незабрудненої території. В той же час, при останньому обстеженні, на відміну від попередніх, зареєстровані поодинокі клітини з роздробленою хромосомою, що, ймовірно, обумовлено внутрішнім опроміненням за рахунок інкорпорації трансуранових елементів.

Проведено аналіз захворюваності і причин смертності в обстежених групах.

## Використання цитогенетичних показників повітряно-водних рослин у біоіндикації малих доз радіації

*Н. Л. Шевцова, Д. И. Гудков*

*Институт гідробіологія НАН України, Києва, Україна*

## Применение цитогенетических показателей воздушно-водных растений в биоиндикации малых доз радиации

*Н. Л. Шевцова, Д. И. Гудков*

*Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина*

Анализировали цитогенетические показатели апикальных клеток корневых меристем высших водных растений водоемов с разным уровнем радионуклидного загрязнения. В 2005–2009 гг. в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения и водоемах г. Киева и Киевской области были отобраны пробы 12 видов воздушно-водных растений. Диапазон мощности поглощенной дозы на высшие водные растения в полигонных водоемах составлял 0,02–1,2 Гр/год, в фоновых водоемах – 0,0002 Гр/год.

Среди проанализированных видов были выделены несколько, наиболее перспективных, для биоиндикации малых доз радиации на высшие водные растения. При отборе видов для биоиндикации учитывали количество и размер хромосом, широту распространения в водоемах и степень доминирования в растительных сообществах литорали. Анализ данных, полученных анафазным экспресс-тестом, выявил значительное превышение спонтанного уровня структурного мутагенеза у видов доминантов и субдоминантов литоральных ценозов высших водных растений полигонных водоемов. Для фоновых водоемов уровень нарушений в хромосомном аппарате растений не превышал 2%. Установлены дозовые зависимости для показателей частоты аберрантных анафаз и количества аберраций на одну аберрантную клетку. Полученные данные используются в радиоэкологическом мониторинге водоемов Чернобыльской зоны отчуждения.

# Вплив іонізуючого випромінювання на чутливість вищої нервової діяльності щурів до стресу

*М.В. Шелковський*

*ДУ «Науковий центр радіаційної медицини АМН України»*

Як правило, люди, що зазнають впливу іонізуючого випромінювання водночас піддаються впливу низки стресових чинників, що особливо яскраво проявилось під час аварії на ЧАЕС. Однак виокремити значущість кожного з них у сукупному ефекті їхньої дії виявляється дуже складно, а найчастіше і неможливо, особливо у разі малих доз опромінення. Відомо, що серед осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС чи не найпоширенішими були психоневрологічні розлади. Дане експериментальне дослідження певною мірою моделювало реальну ситуацію: попередньо опромінені в нелетальних дозах тварин піддавали впливу стресу (електрошок) і визначали зміни показників функції ЦНС у опроміненіх та неопроміненіх тварин.

Мета роботи – визначити особливості реакції показників стану вищої нервової діяльності (ВНД) щурів на стрес у разі попереднього опромінення в дозах 0,5 та 1,0 Гр.

Стан ВНД щурів оцінювали за показниками умовнорефлекторних реакцій активного уникання (човникова камера) – всього проаналізовано 5 основних показників. Застосовували одноразове тотальне опромінення гамма-квантами ( $^{90}\text{Co}$  – терапевтична установка «Рокус»). Дослідження проведені на 52 безпородних білих щурах, розподілених на 6 груп: контроль, стрес, опромінення 0,5 Гр та 1,0 Гр, опромінення 0,5 Гр + стрес, опромінення 1,0 Гр + стрес. Стресування здійснювали шляхом електричного подразнення тварин (електрошок) протягом 10 та 20 хв, що безпосередньо передувало тестуванню. За чотирма тестуваннями зі стресуванням слідувало два без нього. Всього впродовж експерименту проведено два таких цикли. Таким чином протягом приблизно двох місяців проведено 12 тестувань тварин. Для визначення реакції на стрес порівнювали рівень поведінкових реакцій у стресованих та нестресованих тварин.

Показано, що безпосередньо після стресування з боку показників умовнорефлекторної поведінки тварин спостерігається закономірний і вірогідний ефект стимуляції. Цей ефект простежується тільки безпосередньо після стресування, тоді як наступні тестування без електрошоку демонстрували, порівняно з контролем, вірогідне пригнічення умовнорефлекторної поведінки. У опроміненіх тварин спостерігали вірогідне зниження рівня умовнорефлекторної поведінки, що при дозі 1,0 Гр було більш значимим, ніж у разі дози в 0,5 Гр. У попередньо опроміненіх щурів, порівняно з опроміненіми, але не стресованими тваринами, реакція на стресування підсилювалася. При дозі 0,5 Гр безпосередній ефект майже не змінювався, але підсилювався у період, коли стресування вже не застосовували. При дозі в 1,0 Гр вірогідне зростання реакції на стресування спостерігали як безпосередньо після стресування, так і у подальший період без його застосування. Таким чином, продемонстровано, що реакція показників ВНД на стрес нерадіаційної природи у попередньо опроміненіх тварин зростає і ці зрушення при дозі в 1,0 Гр значно більш виражені і більш глибокі, ніж у разі дози в 0,5 Гр. Тобто, чутливість ЦНС до стресу у попередньо опроміненіх тварин модифікується і у діапазоні використаних доз в міру зростання ефекту самого опромінення – збільшується.