

## Тези доповідей з радіобіології та радіоекології

### ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ МИШОПОДІБНИХ ГРИЗУНІВ ІЗ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЧАЕС

**О. О. Бурдо<sup>1</sup>, Д. О. Вишневський<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> ДСП “Чорнобильський” МНС України, Чорнобиль

Оцінка антропогенного впливу на біосферу стала однією з основних тенденцій у біологічних дослідженнях, починаючи з другої половини 20-го століття. Радіоактивне забруднення являє собою відносно новий і найбільш специфічний приклад такого впливу. Воно почалося з середини 20-го століття з розвитком ядерних технологій. Його характерною особливістю є інерційність наслідків для біологічних систем, яка стосується в першу чергу генетичних ефектів. Одним із них є вплив радіаційного забруднення на цитогенетичні показники, що досліджувалось авторами.

Дослідження проводилися на чотирьох видах мишоподібних гризунів: *Apodemus flavicollis*, *Chletrionomus glareolus*, *Microtus Agrestis*, *Microtus Arvalis*. Чисельність мишоподібних гризунів досить рівномірна на всіх полігонах. Це означає, що радіаційний фактор не виявляється на популяційному рівні. У районах з найбільш високими значеннями радіаційного фактору виявлено клітини з множинними мікроядрами, що може бути інтерпретоване як генетична нестабільність. Ступінь пошкодження генома (високі показники мікроядерного тесту) збільшується з ростом радіаційного фактору (ПЕД та питомої активності радіонуклідів в організмі тварин.)

Досліджений зв'язок цитогенетичних параметрів і питомої активності <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у тушках нориць і мишей, які були виловлені на досліджуваних полігонах.

Оцінку зв'язку між показниками проводили за допомогою кореляційного аналізу в непараметричній статистиці. Позитивні кореляції виявлені у двох видів, які виловлені на полігоні Янів, у тварин з інших полігонів кореляцій не виявлено

У жовтогорлої миші (*A. flavicollis*) з полігону Янів питома активність <sup>137</sup>Cs корелює з комплексом мікроядерних показників (клітини з мікроядрами, клітини з 1 МЯ, загальна кількість мікроядер у тварини), коефіцієнт кореляції у всіх випадках становив  $r = 0,9$ ;  $p < 0,05$ . Також виявлено кореляцію між питомою активністю цезію и питомою активністю стронцію ( $r = 0,9$ ;  $p < 0,05$ ).

У руді нориці (*C. glareolys*) виявлена додатна кореляція між питомою активністю <sup>90</sup>Sr – мітотичним індексом ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,05$ ); питомою активністю <sup>90</sup>Sr – кількістю двоядерних клітин ( $r = 0,77$ ;  $p < 0,05$ ); мітотичним індексом – кількістю двоядерних клітин ( $r = 0,77$ ;  $p < 0,05$ ).

Слід додати що, у руді нориці комплекс мікроядерних показників (кіль-

кість клітин з МЯ, розподіл клітин за кількістю мікроядер, загальна кількість мікроядер у тварини) не корелює з питомою активністю радіонуклідів в організмі. Кореляція виявлена між показниками, що входять до мікроядерного тесту, коефіцієнт кореляції становить від 0,8 до 0,9.  $p < 0,05$ .

## **ХРОНІЧНИЙ ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ НА ССАВЦІВ ТА ЛЮДИНУ**

### **І. П. Дрозд**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Проаналізовано науковий доробок щодо особливостей хронічної дії іонізуючої радіації (ІР) на дрібних лабораторних тварин (миші, щури) за експериментальних умов, учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) і мешканців радіаційно забруднених територій (РЗТ) у ближній та віддаленій періоди після аварії на ЧАЕС (1986 - 2012 рр.) та потерпілих від інших ядерних інцидентів.

Виявлено, що найбільш радіаційно вразливими є кровотворна, імунна, ендокринна, нервова системи та геном. За величиною радіогенних змін показників перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) за однакових ефективних доз встановлено, що відносна біологічна ефективність низькодозового хронічного опромінення є значно більшою, ніж одноразового, а внутрішнього – вищою ніж зовнішнього. Це, відповідно, відобразилось на біологічних та медичних наслідках опромінення. Так за хронічної дії ІР відбувається суттєве пригнічення процесів кістково-мозкового кровотворення. Серед потерпілих від Чорнобильської аварії спостерігається зростання частоти аутоімунних ендокринних захворювань – аутоімунного тиреоїдиту, тиреотоксикозу, цукрового діабету, деяких форм гіперкортицизму, що потенціюються регуляторними розладами імунної системи, пригніченням клітинного та гуморального імунітету. Доведено високу радіочутливість центральної нервової системи, що характеризується радіаційно-індукованими нейрозапалювальними реакціями, апоптотичною загибеллю нервових клітин та їх ушкодженням внаслідок вторинних уражень. Показано велику чутливість до хронічної дії ІР системи регуляції ПОЛ, зростання ролі мембран як координатора клітинного метаболізму та підсилення ролі ПОЛ у формуванні біологічних наслідків опромінення в малих дозах. Виявлено радіаційно індуковану дестабілізацію хромосомного апарату, що може спричинювати виникнення стохастичних (спадкова патологія, онкопатологія) та деяких нестохастичних (мультифакторіальна патологія, вроджені вади розвитку) ефектів. На РЗТ спостерігають значне зростання загальносоматичної патології різних нозологічних форм, першопричиною виникнення яких вважають гостре ураження щитоподібної залози (ЩЗ) ізотопами йоду в аварійний період. Характерним мультифакторним наслідком тривалого низькодозового опромінення є так званий “синдром хронічної втоми”.

Дуже чутливою до хронічної дії ІР є ендокринна система дітей, у яких ма-

лі дози призводять до суттєвих порушень гормонального статусу, що є дуже небезпечним у ранньому дитячому та пубертатному віці. Починаючи з 1990 р., серед дитячого контингенту, а також серед УЛНА спостерігається дозозалежне зростання захворюваності на рак ШЗ, яка до цього часу не повернулася до доаварійних значень. Особливо небезпечним є внутрішньоутробне (пренатальне) опромінення. Так, пренатальний гемопоез виявився майже на три порядки чутливішим до ІР, ніж постнатальний. Одним із наслідків пренатального опромінення головного мозку є розумова відсталість дітей. Дозовий поріг для індукування цієї патології становить лише 6 сГр за опромінення на 8 - 10-му тижнях пренатального розвитку.

## **ВІДНОСНА БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПРОМІНЕННЯ ЗА ІНТЕНСИВНІСТЮ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ**

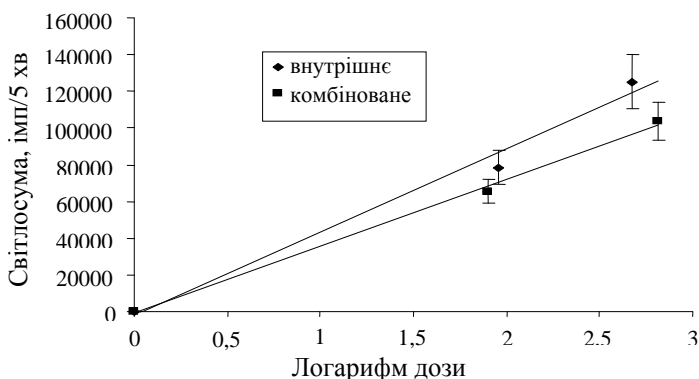
**Ю. П. Гриневич, І. П. Дрозд, С. В. Телецька**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Одним із фізико-хімічних наслідків впливу іонізуючої радіації (ІР) на живі організми є активізація вільнорадикальних процесів (ВРП), що спричиняє збільшення вмісту супероксидних радикалів та інших активних форм кисню, активізації процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) та окиснювальної модифікації білків. Надлишок АФК може призводити до окиснювальної деструкції клітинних органел, у першу чергу мембранного комплексу, та, у випадку недостатньої активності антиоксидантної системи (АОС), до порушень метаболічних процесів. За станом ВРП і активністю АОС крові та тканинах окремих органів можна судити про наявність та динаміку розвитку багатьох патологічних станів, пов'язаних зі зміною перебігу перекисних процесів.

Нині значний інтерес являє вивчення за показниками вільнорадикального окиснення та стану АОС відносної біологічної ефективності (ВБЕ) різних режимів опромінення в рівновеликих дозах.

У роботі представлені результати дослідження активності пероксидази у крові щурів за умов внутрішнього надходження  $^{137}\text{Cs}$  і комбінованої дії іонізуючих випромінень (інкорпорований  $^{137}\text{Cs}$  +  $\gamma$ -опромінення). Першій групі тварин вводили *per os* щоденно впродовж 45 діб по 20 кБк  $^{137}\text{Cs}$  (сумарна доза 0,145 Гр). Іншій групі тварин впродовж цього ж терміну щоденно вводили по 10 кБк  $^{137}\text{Cs}$  з паралельним зовнішнім опроміненням точковим джерелом  $^{60}\text{Co}$  з потужністю дози  $4 \cdot 10^{-8}$  Гр/с (сумарна доза – 0,25 Гр). Рівновеликими при цьому можна вважати дози від внутрішнього опромінення на 30 добу (7,1 сГр) та комбінованого на 15 добу (6,7 сГр), а також внутрішнього на 44 добу (14,5 сГр) та комбінованого на 30 добу (16,6 сГр). Пероксидазну активність у крові досліджували хемілюмінісцентним методом за Toledo. Виявили лінійну залежність світлосуми хемілюмінесценції від логарифму дози (рисунк), де доза – у сГр, що свідчить про лінійну залежність від дози процесів



Дозова залежність світлосуми хемілюмінесценції за різних режимів опромінення.

активізації ВРП та експоненційну зміну у часі антиоксидантних процесів. Таким чином, внутрішнє опромінення характеризується більшою ВБЕ, ніж комбіноване за однакових доз опромінення у досліджуваному діапазоні.

### **ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РЯДА ПОКОЛЕНИЙ *HORMOCONIS RESINAE***

**Т. И. Тугай<sup>1</sup>, А. В. Тугай<sup>1</sup>, В. А. Желтоножский<sup>2</sup>,  
М. В. Желтоножская<sup>2</sup>, Л. В. Садовников<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

Известно, что грибы, являются одной из постоянных и активных компонент биогеоценоза и на их долю приходится порядка 80 % от общей биомассы почвы. Увеличение в почве количества грибов с радиоадаптивными свойствами, способных обрастать «горячие» частицы и переводить находящиеся в них радионуклиды в ионообменные легкоподвижные формы может оказывать существенное влияние на скорость как горизонтальной, так и вертикальной миграции радионуклидов, что необходимо учитывать при составлении долгосрочных прогнозов транслокации радионуклидов в зоне отчуждения и на других загрязненных радионуклидами территориях. Особого внимания заслуживает изучение механизмов, лежащих в основе адаптации грибов к действию хронической радиации во времени в ряду последующих поколений после облучения. Ионизирующее излучение, как известно, является дополнительным источником активных форм кислорода, а адаптация микроскопических грибов к его действию, по-видимому, во многом определяется стратегией функционирования системы их антиоксидантной защиты.

Выявлены особенностей функционирования ферментативной антиоксидантной системы у трех субпопуляций *Hormoconis resinae*, одного из наиболее часто встречающегося видов в зоне отчуждения и проявляющего выраженные радиоадаптивные свойства. Изменения активности антиоксидантных ферментов имели значительную амплитуду, что свидетельствует о их роли в процессе адаптации, однако изменения не имели строгой периодичности в поколениях.

## ВІДДАЛЕНІ НАСЛІДКИ ВПЛИВУ РАДІОАКТИВНОГО ЙОДУ НА ОРГАНІЗМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

**М. М. Лазарєв**

*Український науково-дослідний інститут  
сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ*

У будь якого випадку, при аваріях, що супроводжуються викидом продуктів ядерного поділу у навколишнє середовище надходить велика кількість радіоактивного йоду, що обумовлює основну радіаційну небезпеку у перші тижні після аварії як для людей так і для сільськогосподарських тварин. Безпека радіонуклідів йоду у гострий період радіаційної аварії потребує термінового втручання з метою збереження здоров'я людей і захисту тварин. Саме молочне скотарство є основною критичною ланкою, щодо захисту людей від ураження радіоактивним йодом. Як вказує досвід Чорнобильської катастрофи молочний шлях надходження радіоактивного йоду зумовив у наступні роки поширення захворювань щитовидної залози і зміни у стані здоров'я, що пов'язані із розладами у функціональній активності цієї залози.

Досліди проведено на 7 групах великої рогатої худоби. Чотири групи телят, по 8 голів у кожній, у віці 3 - 4 місяці рег-ос отримували радіоактивний йод ( $^{131}\text{I}$ ) у кількості 1, 3, 8, 15 мКі на тварину. Три групи лактуючих корів у віці 5 - броків, по чотири тварини у кожній, отримували відповідно 6, 39, 80 мКі того ж самого ізотопу йоду.

Основним завданням проведення експериментів було оцінка впливу радіоактивного йоду в різних дозах на фізіологічний стан ростучих і лактуючих тварин та визначення ступеню придатності до їх подальшого господарського використання.

Спостереження за телятами проводили на протязі 3 років, за коровами – два роки. У тварин проводили радіометричні виміри в області щитоподібної залози після надходження радіоактивно йоду, досліджували показники клінічного стану, продуктивності, визначали гематологічні, біохімічні, гормональні параметри, а також гістологічні зміни у деяких органах після патолого-анатомічного розтину.

Проведеними дослідженнями встановлено, що основна доза на ЩЗ після надходження радіоактивного йоду формується на протязі 3-х діб з максимумом

мом через 24 год. У гострий період (до 2 тижнів) клінічні ознаки ураження ЩЗ були відмічені лише у телят, що отримали максимальну дозу, у вигляді радіаційного тиреоїдиту.

Протягом подальшого строку спостережень за телятами відмічали зниження приросту маси тіла з максимумом до 100 кг у групі телят з максимальною дозою на ЩЗ. У більшості випадків зміни у гематологічних і біохімічних параметрах носили не постійний характер, окрім зміни у функціональній активності ЩЗ. Яскравими були зміни у стані шкіри. Відмічали порушення відтворювальних функцій.

У дослідних корів у всіх трьох груп були відсутні клінічні ознаки впливу радіоактивного йоду у перші тижні після його надходження. Найбільші зміни відмічали у динаміці лактації – зменшення добового надію, зміни у масі, порушення відтворювальних функцій. На другій рік спостережень дані зміни набули ще помітнішого вигляду включаючи втрату лактаційної функції у корів з максимальною дозою опромінення щитоподібної залози.

Таким чином проведення експериментів дозволило встановити ступінь втрати корисних господарських ознак у великої рогатої худоби після надходження різних доз радіоактивного йоду.

## **ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ ФОРМУЛЫ И ЦИТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ РЫБ В ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ**

**Н. Л. Поморцева<sup>1</sup>, Д. И. Гудков<sup>1</sup>, Н. К. Родионова<sup>2</sup>, А. Е. Каглян<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии  
им. Р. Е. Кавецкого НАН Украины, Киев*

Анализировали показатели периферической крови карася обыкновенного *Carassius carassius* L. и окуня речного *Perca fluviatilis* L., обитающих в наиболее загрязненных радионуклидами водоемах Чернобыльской зоны отчуждения (ЧЗО). Сбор материала проводили в августе 2010 г. в оз. Глубокое, оз. Азбучин и Яновском затоне. Контролем служили рыбы тех же видов, отобранные в затоне «Щепочка» (р. Припять), а также в озерах Таращанского района Киевской области с фоновыми уровнями радионуклидного загрязнения. Мощность поглощенной дозы для исследованных видов рыб замкнутых водоемов ЧЗО регистрировали в пределах 25–240 мкГр/ч, а в рыбе контрольных водных объектов дозовая нагрузка не превышала 0,12 мкГр/ч.

Отмечено пониженное содержание лейкоцитов, а также более высокое общее количество тромбоцитов в крови рыб из водоемов ЧЗО по сравнению с рыбами контрольных водоемов. Эритроциты карася и окуня в водоемах ЧЗО оказались наиболее подвержены патологическим изменениям, как ядра, так и

самой клетки. Общее количество нарушенных клеток в рыбах ЧЗО регистрировали у карася до 59,5 %, а у окуня до 22,6 %, что значительно превышает показатели нарушений для этих видов рыб из контрольных водоемов (4,1 и 2,0 %, соответственно). Обращает на себя внимание снижение процентного содержания лимфоцитов (функция которых заключается в реализации иммунологических реакций) в периферической крови карася и окуня, обитающих в ЧЗО, по сравнению с контрольными водоемами. В случае развития лимфопении (при тяжелых вариантах токсикозов) у рыб параллельно развивается тромбоцитопения, главным образом за счет круглых тромбоцитов. При этом увеличивается количество гранулоцитов. Так, в гемограмме окуня, наиболее высокое относительное содержание гранулоцитарных элементов – нейтрофилов и псевдоэозинофилов (выполняющих фагоцитарную функцию и участвующих в аллергических и аутоаллергических реакциях) отмечали в крови рыб из оз. Глубокое и Яновского затона по сравнению с контрольными водоемами. В тоже время, наблюдали отсутствие псевдобазофилов в крови окуня из всех исследуемых водоемов. Относительно высокий процент моноцитов (фагоцитирующих клеток, поглощающих бактерий, а также продукты распада клеток и тканей) у окуня из оз. Глубокое свидетельствует об увеличении количества поврежденных клеточных элементов. Обычно нарастание моноцитов в крови совпадает с усилением распада не только клеток красной крови, но и с гибелью самих лейкоцитов.

## **РАДІОПРОТЕКТОРНА ДІЯ NO НА СТОВБУРОВИЙ ПУЛ КРОВОТВОРЕННЯ ЩУРІВ ЗА УМОВ ФРАКЦІОНОВАНОГО ОПРОМІНЕННЯ В МАЛИХ ДОЗАХ**

**Н. К. Родіонова, Л. І. Маковецька, О. Б. Ганжа, Н. М. Рябченко, Б. І. Герашенко, О. А. Главін, П. М. Михайленко, І. І. Музальов, М. О. Дружина, В. М. Михайленко**

*Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології  
ім. Р. Є. Кавецького НАН України, Київ*

В експерименті на білих нелінійних щурах (розводки віварію ІЕПОР ім. Р. Є. Кавецького НАН України) проведено дослідження поєднаної дії оксидів азоту (ОА) та фракціонованого опромінення в малих дозах (МДІР). Опромінення в дозі 0,1 Гр проводили на апараті РУМ-17 два рази на тиждень (потужність дози 0,89 Гр/хв), 10 сеансів, сумарна поглинена доза - 1,0 Гр. Інгаляційне введення ОА (впродовж 1 місяця, 12 год на добу, 150 мг/м<sup>3</sup> повітря по NO). У групі ОА + МДІР тварин опромінювали після інгаляційного навантаження ОА за схемою, що наведена вище. Обстеження тварин проводили після закінчення дії екзогенних чинників на 1-у, 12-ту та 18-ту доби.

Досліджено зміни стовбурового пулу системи кровотворення за методом селезінкового колонієутворення (Till et McCulloch), утворення метгемоглобі-

ну за методом ЕПР-спектроскопії, зміни окисного метаболізму із застосуванням хемілюмінесценції та біохімічних методів визначення ферментів антиоксидантного захисту. Встановлено, що дія ОА, МДПР призводить до порушень в системі крові зі зниженням стовбурових потенцій кровотворення, порушенням проліферативної активності, та співвідношень між окремими пулами кровотворення, які зберігаються впродовж тривалого часу. За дії фракціонованого опромінення рівень ураження кровотворення був найбільшим, це проявлялось у зниженні кількості колонієутворюючих одиниць селезінки (КуОС) (до 40 % від контролю), відсутності відновлення клітинного складу гранулоцитарного та еритроїдного рядів гемопоезу впродовж 18 діб спостереження, що зумовлює зниження компенсаторно-захисних можливостей організму. За більшою кількістю КуОС в кістковому мозку та темпами відновлення кровотворення у щурів групи ОА + МДПР порівняно з окремим опроміненням виявлено радіопротекторний ефект ОА. Можливими механізмами модифікуючої дії ОА є – розвиток гіпоксії в органах і тканинах тварин завдяки утворенню метгемоглобіну; змінам окисного метаболізму з конкурентним утворенням активних радикалів; активації репараційних процесів; підвищенню рівня апоптотичної загибелі клітин з сублетальними пошкодженнями.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ПИГМЕНТОВ СВЕТЛООКРАШЕННЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ФОРМИРОВАНИЕ ИХ АДАПТАЦИИ К ДЕЙСТВИЮ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Т. И. Тугай<sup>1</sup>, А. В. Тугай<sup>1</sup>, А. И. Василевская<sup>1</sup>,  
М. В. Желтоножская<sup>2</sup>, М. Л. Садовникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

При изучении микроскопических грибов, выделенных из радиоактивных почв, лесной подстилки зоны отчуждения и поверхности стен внутренних помещений объекта «Укрытие» было показано, что в последние годы (с 1989 г.) количественно и в видовом составе светлопигментированные виды грибов преобладали над темнопигментированными (Жданова и др., 2005). Нами было выдвинуто предположение, что светлопигментированные виды грибов адаптировались к действию ионизирующей радиации и о возможности присутствия в них меланиновых пигментов. В доступной нам литературе подобные данные отсутствуют.

Объектами нашего исследования были штаммы светлопигментированных видов грибов *Penicillium steckii*, *P. hirsutum*, *P. westlingii*, *P. lanosum*, *P. roseopurpureum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Aspergillus versicolor*. Из биомассы грибов общеизвестным методом (в нашей модификации) были получены препараты, которые в результате комплексного анализа отнесены нами к меланиновым пигментам.



Таким образом, нами впервые у ряда светлопигментированных видов микромицетов получены меланиновые пигменты и установлена их важная роль в проявлении направленного роста этих грибов к действию источников ионизирующей радиации. По нашему мнению, такие грибы могут принимать активное участие в процессах биотрансформации “горячих частиц” в почве.

## **ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ ЗА ОДНОРАЗОВОГО ПЕРОРАЛЬНОГО НАДХОДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДА <sup>131</sup>I**

**Т. В. Циганок, Л. В. Тарасенко, Л. К. Бездробна, В. І. Федорченко**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Дослідження показників периферійної крові після надходження до організму відносно невеликих активностей радіонукліда <sup>131</sup>I є важливим у зв'язку з радіоекологічними ситуаціями, що виникають у перші дні після масштабних аварій на АЕС (Чорнобильська, Фукусіма).

Дослідження виконано на лабораторних щурах лінії Вістар віком 3 - 3,5 міс з вихідною масою тіла – 190 - 210 гр. Радіонуклід <sup>131</sup>I у вигляді розчину натрію йодиду (<sup>131</sup>I) вводили перорально одноразово з активностями 3,3 кБк і 19,16 кБк на тварину. Показники периферійної крові досліджували за 1 добу до введення препарату – вихідні дані, і через 1, 3, 7, 14 та 30 діб після його введення. На кожний термін досліджено по 6 тварин. Паралельно досліджували контрольну групу інтактних щурів (5 тварин), які не отримували радіойод. Кров для дослідження брали з хвостової вени. Визначали кількість еритроцитів, лейкоцитів і лейкоцитарну формулу загальноприйнятими методами.

У результаті проведеного дослідження не виявлено вірогідних кількісних змін в еритроцитарній ланці периферійної крові щурів при достатньо вираженій кількісній реакції лейкоцитарної ланки. Введення радіойоду з активністю 3,3 кБк на тварину викликало вірогідне підвищення кількості лейкоцитів у ранні терміни (1 і 3 доби) спостереження з наступною їх нормалізацією у подальшому. Підвищення кількості лейкоцитів відбувалося, в основному, за рахунок і відносної, і абсолютної кількості лімфоцитів та еозинофілів. Збільшення активності радіойоду до 19,16 кБк на тварину викликало суттєво більший ступінь вірогідного підвищення кількості лейкоцитів упродовж всього експерименту за рахунок абсолютної кількості лімфоцитів і на 1 - 7 добу – еозинофілів. При цьому відносна кількість окремих форм лейкоцитів не змінювалась.

У ранні терміни спостереження після введення радіойоду (<sup>131</sup>I) з відносно невеликими активностями зміни в лейкоцитарній ланці периферійної крові, ймовірно, мають характер перерозподілу, а у подальші терміни – свідчать про посилення проліферації лімфоїдного ряду кровотворення.

## **КІНЕТИКА ФОТОІНДУКОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПЕРЕХОДІВ У НАНОСТРУКТУРАХ БАКТЕРІАЛЬНИХ РЕАКЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ**

**М. А. Драпиковський, М. А. Заболотний**

*Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

У роботі досліджувалась кінетика та проводився аналіз структурних змін, що супроводжуються кінетикою електронного транспорту при фотозбудженні комплексів хлорофілвісних мембранних білків фотосинтетичних реакційних центрів *Rhodobacter sphaeroides* (РЦ).

Аналіз основних факторів, визначаючих швидкість таких реакцій, важливий як у фундаментальному плані, так і з точки зору створення штучних систем накопичення і перетворення енергії. Встановлено, що ПЕ в біологічних системах відбувається у вигляді послідовного ПЕ в структурі білків між металовмісними центрами або органічними донорно-акцепторними групами на відстані 5 - 25 Å.

Система первинних процесів має надзвичайно важливу властивість, що відрізняє її від інших біологічних систем. Система “включається” світлом, і її можна тестувати з допомогою дельта-подібних (лазерний спалах) чи прямокутних (включення постійного світла) імпульсів.

Було проведено ряд досліджень у яких РЦ засвітлювались, після чого спостерігали стан відновлення системи. Послідовність прямих реакцій переносу електрона між компонентами РЦ була встановлена за допомогою спектральних ефектів, оскільки при його освітленні відбуваються зворотні зміни спектру поглинання, що характеризують окислений стан пігменту і відновлення станів кофакторів. Одержані криві релаксації перевірялись за допомогою вейвлет-аналізу.

З проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Кінетика мікрошвидкостей переходу електрону з донора на акцептор і з акцептора на донор розчинів РЦ *Rhodobacter sphaeroides*, залежить від часу та інтенсивності освітлення. При збільшенні часу чи інтенсивності процеси відновлення йдуть повільніше, що може свідчити про вплив ефектів поляризації на процеси електронного внутрішньомолекулярного транспорту.

2. Отримані залежності оптичного поглинання та кількісні параметри кінетики окислення реакційних центрів при різних режимах фото збудження дозволили розділити кінетику оптичного поглинання на дві частини: швидку та повільну. Швидка характеризує лише електронний транспорт, а повільна – електронний транспорт та повільні конформаційні зміни РЦ.

3. Вейвлет-аналіз виявляє особливості експериментальних кривих реакцій, які залежать від інтенсивності та часу експозиції. Він показує що відновлення і поглинання розчинів РЦ є нестационарним у часі процесом. Тобто, можемо зробити припущення, що експоненти в релаксаційних кривих не діють одночасно, а включаються по черзі.

4. При виключенні збуджуючого світла значення оптичного поглинання розчину повертається у вихідний стан, що доводить те, що фотоіндуковані зміни в молекулярному комплексі РЦ – оборотні. Вимірювання показника заломлення цього розчину методом голографічної інтерферометрії показує, що зміна об'єму молекулярного комплексу РЦ, при його освітленні, становить 0,1 - 1 %. Така зміна об'єму РЦ може бути викликана зміною кута між зв'язками М, L, Н глобул РЦ, які є найбільш лабільними.

## ЭФФЕКТЫ ХРОНИЧЕСКОГО И ОСТРОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ У ПРЕСНОВОДНОГО МОЛЛЮСКА *LYMNAEA STAGNALIS* L.

**Е. В. Дзюбенко<sup>1</sup>, Д. И. Гудков<sup>1</sup>, Н. Л. Шевцова<sup>1</sup>, Л. С. Чепига<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup> *Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Национальный авиационный университет, Киев*

В 1998 - 2011 гг. анализировали эффекты хронического и острого радиационного воздействия у брюхоногого моллюска прудовика обыкновенного *Lymnaea stagnalis* L. Хроническое воздействие исследования в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения (ЧЗО) – оз. Азбучин, Глубокое, Далекое, Яновском затоне, а также в реках Уж и Припять. В качестве контрольных водоемов для сравнительного анализа цитогенетических, гематологических, морфометрических и репродуктивных показателей использовали ряд озер с новыми уровнями радионуклидного загрязнения, расположенных в г. Киеве и его окрестностях. Мощность поглощенной дозы для взрослых моллюсков за счет внешних и внутренних источников облучения за период исследований регистрировали в следующих диапазонах: оз. Глубокое – 350 - 420; оз. Азбучин – 55 - 78; оз. Далекое – 35 - 58; Яновский затон – 6 - 12; р. Припять – 0,5 - 0,7; р. Уж – 0,3 - 0,5; контрольные водоемы – 0,03 - 0,04 мкГр/ч. Острое облучение синкапсул и взрослых особей моллюсков выполняли на установке ИЛУ-6 в диапазоне доз 3 - 300 Гр. Мощность поглощенной дозы составляла 0,69 Гр/с.

Выполненные цитогенетические исследования свидетельствуют о повышенном уровне аберраций хромосом у прудовиков из замкнутых водоемов ЧЗО по сравнению с моллюсками контрольных водоемов. За период исследований наибольшие значения зарегистрированы для беспозвоночных замкнутых водоемов ЧЗО, в клетках которых частоту аберраций хромосом регистрировали в пределах 18 - 27 %, что в среднем более чем в 10 раз превышает уровень спонтанного мутагенеза для водных организмов. Моллюски в реках Уж и Припять характеризовались невысоким средним уровнем аберрантных клеток, соответственно, 2,5 и 3,5 %. Для моллюсков контрольных озер этот показатель равнялся в среднем 1,5 %, с максимальными значениями до 2,3 %. Отмечена положительная корреляция между частотой аберрантных анафаз и

мощностью поглощенной дозы у эмбрионов прудовика обыкновенного в водоемах ЧЗО.

Острое экспериментальное облучение эмбрионов прудовика обыкновенного на стадии трахофоры в диапазоне поглощенной дозы 3 - 300 Гр вызывает степенной рост количества хромосомных aberrаций от 11,2 до 63,4 %. Частота aberrантных анафаз у эмбрионов моллюсков в контроле составила 1,2 % и не превышала спонтанный уровень хромосомного мутагенеза. Полулетальной для эмбрионов прудовиков на стадии трахофоры была доза облучения 30 Гр, а поглощенная доза 60 Гр вызывала полную гибель эмбрионов в течение 20 сут. после облучения. Полулетальная доза облучения для взрослых особей моллюсков составила 120 Гр.

## **РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ В ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ**

**Д. И. Гудков<sup>1</sup>, Н. Л. Шевцова<sup>1</sup>, Е. В. Дзюбенко<sup>1</sup>,  
Н. Л. Поморцева<sup>1</sup>, А. Е. Каглян<sup>1</sup>, А. Б. Назаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *ГСП «Чернобыльский спецкомбинат» МЧС Украины, Чернобыль*

Самоочищение водных объектов Чернобыльской зоны отчуждения (ЧЗО), характеризующиеся невысокой проточностью или ее отсутствием, происходят 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 водных организмов ряда исследуемых полигонных водоемов ЧЗО на протяжении 1998 - 2012 гг. регистрировали в диапазоне  $1,6 \cdot 10^{-3}$  - 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 дозообразующими радионуклидом для гидробионтов большинства замкнутых водоемов ЧЗО в настоящее время является <sup>90</sup>Sr, на долю которого приходится до 90 - 95 % внутренней дозы облучения. Цитогенетические исследования гидробионтов свидетельствуют о высоком уровне aberrаций хромосом в эмбриональных тканях моллюсков (до 26 %) и корневых меристемах высших водных растений (до 17 %) в наиболее загрязненных радионуклидами водоемах. Частота хромосомных aberrаций в тканях гидробионтов замкнутых водоемов ЧЗО многократно превышает уровень спонтанного мутагенеза, свойственный водным организмам, и может быть проявлением радиационно-индуцируемой генетической нестабильности. Анализ состава мантийной жидкости брюхоногого моллюска прудовика обыкновенного в водоемах ЧЗО свидетельствует о существенном изменении состава гемолимфы моллюсков в наиболее загрязненных озерах, проявляющемся в увеличении количества мертвых и фагоцитарных клеток и уменьшении количества моло-

дых амебоцитів. Частота мікроядер еритроцитів в периферической крові рыб из водоемов ЧЗО отмечена на уровне 0,06 - 1,41 ‰, а двуждерных эритроцитов – 0,04 - 0,33 ‰ с найбільшими показателями в рыбе озерных екосистем. Частоту порушень ядер еритроцитів рыб в виде инвагинаций и отростков регистрировали на уровне 4,7 - 29,1 ‰. Наибольшая встречаемость нарушений ядер эритроцитов отмечена у щуки Яновского затона и оз. Азбучин. В рыбе контрольных водоемов частота инвагинаций и отростков ядер эритроцитов не превышала 0,5 ‰. 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.

## **ВПЛИВ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ВИЩУ НЕРВОВУ ДІЯЛЬНІСТЬ ЩУРІВ З РІЗНИМ ДОСВІДОМ СОЦІАЛЬНИХ ВЗАЄМОДІЙ**

**В. В. Крушинський<sup>1</sup>, М. В. Шелковський<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

<sup>2</sup> *Державна установа "Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України", Київ*

Вплив малих доз радіації на нервову систему людини дотепер остаточно не з'ясовано. При цьому взагалі вважається, що малі дози радіації не призводять до суттєвого погіршення здоров'я людини, але епідеміологічні дані не підтверджують це, оскільки психоневрологічні розлади і захворювання нервової системи серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС і нині залишаються важливою медичною проблемою (Логановський К. М., 2010).

Актуальним є дослідження індивідуальної чутливості на дію іонізуючого опромінення, якщо його дія модифікується впливом психосоціального чинника (Логановський К. М., 2006). Вважалося, що реакція на опромінення мала бути однаковою для всіх індивідів, але наслідки цього впливу на функціонування нервової системи відрізняються, оскільки психологічна індивідуальна типологічна реактивність значною мірою обумовлює чутливість індивідів до дії радіаційного чинника, тобто модифікує і доповнює його вплив.

Метою даного дослідження було вивчення поведінкових реакцій щурів у човниковій камері при комбінованому впливі соціального стресу і іонізуючого опромінення в малих дозах (1 Гр).

Дослідження поведінки у човниковій камері були проведені на білих безпородних щурах-самцях що зазнавали попередньо впливу експериментально змодельованого соціального стресу.

При моделюванні соціального стресу у всіх тварин виявляли домінуючий або субмісивний статус самців. Перед початком основного експерименту у всіх тварин у човниковій камері проводили фонове тестування з метою формування врівноважених груп. Після цього тварин поділяли на: I група контроль; II переможці + опромінення; III переможені + опромінення; IV контроль + опромінення. Одноразове тотальне опромінення тварин відповідних груп проводили за допомогою терапевтичної установки "Рокус" (використовувався ізотоп  $Co^{60}$ ; потужність поглинутої дози 1,12 Гр/хв). Після опромінення тварин всіх груп щотижнево тестували у човниковій камері (загалом 9 тестувань). В кожному тестуванні пред'являлися 100 умовних звукових сигналів. Визначали та аналізували найбільш інформативні показники умовно рефлекторної діяльності.

За результатами дисперсійно-регресійного аналізу даних, одержаних з використанням поведінкової методики (човникова камера), визначена вірогідна взаємодія між впливами попереднього соціального стресу і наступним впливом іонізуючого опромінення, що призводить до модифікації його ефектів стосовно показників стану вищої нервової діяльності. Особливо ця взаємодія проявляється у 3 групі (переможені), що може свідчити про важливість індивідуальної чутливості до дії іонізуючого опромінення.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОТОКСИЧНОСТІ ОКРЕМОЇ ТА ПОЄДНОНОЇ ДІЇ ЕКЗОГЕННИХ ОКСИДІВ АЗОТУ І МАЛИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ НА КЛІТИНИ СИСТЕМИ КРОВІ**

**І. І. Музальов, В. М. Михайленко**

*Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології  
ім. Р. Є. Кавецького НАН України, Київ*

Інтенсифікація антропогенної діяльності призводить до зростаючого забруднення довкілля хімічними та фізичними чинниками, що негативно впливають як на стан екосистеми, так і на здоров'я людини. Біологічні ефекти цих факторів можуть значно змінюватись за сумісного впливу, що призводить до ряду негативних наслідків для здоров'я, які складно піддаються прогнозуванню. Оксиди азоту (ОА) і іонізуюча радіація (ІР) відносяться до генотоксичних канцерогенів. Розуміння типів та механізмів пошкодження ДНК визнано ключовим у інтерпретації ролі взаємодії екзогенних агентів з ендогенними процесами у індукції раку. Тому формування одно – та дwonиткових розривів молекули ДНК вважають одним з репрезентативних і перспективних до застосування біомаркерів екоотоксикологічного впливу різних чинників за їх окремої та поєднаної дії.

Метою нашого дослідження було визначення генотоксичності за окремої та поєднаної дії екзогенних ОА та малих доз іонізуючої радіації (МДІР) на лімфоцитах периферичної крові (ЛПК) і клітинах кісткового мозку (ККМ)

щурів. Пошкодження ДНК визначали методом лужного горизонтального гель-електрофорезу ізольованих клітин («ДНК-комет»). Об'єктом дослідження були ЛПК та ККМ щурів, що зазнали інгаляційної дії ОА у концентрації 150 мг/м<sup>3</sup> протягом 30 днів та МДПР (10 разів по 0,1 Гр) з частотою 1 опромінення на 3 доби за окремої та поєднаної дії факторів.

Спонтанний рівень пошкодження ДНК у ККМ становив  $4.7 \pm 0.29$  %, а в ЛПК цей показник дорівнював  $4.85 \pm 0.25$  %. Інгаляційна дія ОА супроводжувалась збільшенням пошкодження ДНК у ЛПК щурів в 2,4 рази, а в ККМ цей показник перевищував відповідний контроль у 3 рази. При цьому генотоксична дія ОА на ККМ виявилася у 1,3 рази сильнішою, ніж на ЛПК.

Опромінення МДПР викликало збільшення кількості розривів ДНК у ЛПК щурів у 2,7 рази, а генотоксичний ефект у ККМ збільшився у 2,6 рази проти відповідного контролю. Пошкоджуючий ефект МДПР на ЛПК виявився у 1,1 рази сильнішим, ніж на ККМ.

Поєднана дія ОА та МДПР призвела до підвищення рівня пошкодження ДНК у ЛПК у 3,1 рази у порівнянні з контролем, що в 1,3 рази перевищувало їх індивідуальну дію. Кількість розривів ДНК у ККМ при цьому зростала у 4 рази у порівнянні з контролем. Поєднана дія обох чинників на ККМ у 1,3 рази перевищувала генотоксичний ефект на ЛПК.

Таким чином, окрема та поєднана дія ОА та МДПР на ЛПК та ККМ щурів супроводжувалась значним генотоксичним ефектом у вигляді утворення одно- та двониткових розривів ДНК. Максимальне пошкодження ДНК спостерігалось за поєднаної дії факторів, та носило адитивний характер. Пошкоджуючий ефект обох факторів в цілому проявляється сильніше на ККМ. Отримані результати засвідчують реальну можливість підвищення канцерогенного ризику за умов поєднаної дії ОА та ІР.

## **ВПЛИВ КОМУТАГЕНІВ НА ФОРМУВАННЯ РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНИХ ХРОМОСОМНИХ ПОШКОДЖЕНЬ У СОМАТИЧНИХ НЕМАЛІГНІЗОВАНИХ КЛІТИНАХ ЛЮДИНИ**

**О. П. Пилипчук, Е. А. Дьоміна**

*Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології  
ім. Р. С. Кавецького НАН України, Київ*

У роботі отримано нові дані стосовно якісних та кількісних особливостей формування радіаційно-індукованих перебудов хромосом в соматичних немалігнізованих клітинах людини під впливом комутагену-медичного препарату верапамілу (В). Встановлено, що комутагенний ефект В на хромосомному рівні лімфоцитів периферичної крові проявляється за дії відносно високих доз опромінення і за рахунок аберацій хромосомного типу, в тому числі дицентричних хромосом (7/100 метафаз, тобто підвищення в 2 рази порівняно з ефектом опромінення). Комбінована дія іонізуючої радіації та верапамілу

пригнічує проліферативний потенціал досліджуваних клітин тільки за дії малих доз радіації (0,3 Гр). Одержані результати доцільно враховувати з метою корекції показань для індивідуального призначення медичних препаратів з комутагенним ефектом особам, що працюють в сфері дії іонізуючих випромінювань.

## **РАДІАЦІЙНІ УШКОДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ТКАНИН ДО ВІДНОВЛЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ОПРОМІНЕННЯ КІСТКОВОГО МОЗКУ**

**О. Ф. Сенюк<sup>1</sup>, Н. М. Білько<sup>2</sup>, І. З. Борбуляк<sup>2</sup>, Д. І. Білько<sup>2</sup>**

*Інститут проблем безпеки атомних електростанцій*

*НАН України, Чорнобиль*

*Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ*

Радіаційне ураження організму ссавців в широкому діапазоні доз розпочинається з ураження клітин кісткового мозку (КМ), тому що він є критичною тканиною. Було досліджено два різновиди дистанційних впливів *in vivo* опромінених клітин КМ на неопромінені клітини цього ж виду: 1) міжклітинні дистанційні взаємодії на моделі «ефекту свідка»; 2) здатність до утворення колоній клітин КМ, імплантованих у дифузійні гелеві камери (ДГК), після їх переміщення у черевну порожнину мишей – реципієнтів. Джерелом клітинного матеріалу були миші Balb/c – інтактні і опромінені (впродовж 16 год дозою близькою до ЛД<sub>50/30</sub> ~5,0 Гр і впродовж 231 доби дозою 0,290 Гр).

У пулі клітин КМ, отриманих від неопромінених мишей, після інкубації у середовищі життєдіяльності цього ж виду клітин від гостро і хронічно опромінених мишей було зареєстровано додаткову індукцію ОНР ДНК. Довготривалий вплив іонізуючих випромінювань навіть у невеликій дозі призводить до суттєвого зростання продукції факторів, що здатні викликати додаткову індукцію кількості ОНР в ДНК пулу неопромінених клітин КМ. Але, на відміну від гострого опромінення, коли на 112 день рівні ОНР в ДНК клітин майже досягли контрольних величин, при хронічній експозиції на 231 добу експозиції ще спостерігалось 20 % відносно збільшення рівнів ОНР в ДНК клітин КМ, що свідчить про зменшення ефективності адаптаційних реакцій при хронічному опроміненні.

Показано, що колонієутворююча активність (КУА) у культурах клітин кісткового мозку 7-ї і 30-ї доби після гострого опромінення була практично відсутньою, що вказувало на суттєве пригнічення функції КМ в цілому. Імплантація пулу клітин нормального КМ мозку в організм опроміненої тварини-реципієнта в 1-у добу пострадіаційного часу призводила до утворення в середньому 114 колоній і 386 кластерів. А в культурах 7-ї і 30-ї діб було неможливо розрізнити окремі колонії і кластери, що могло свідчити про потужну продукцію радіорезистентною стромою компенсаторних факторів, які стиму-



люють відновлення ураженого радіацією кісткового мозку реципієнта.

З метою оцінки ефективності дії малих доз іонізуючих випромінювань на гемопоетичні стовбурові клітини КМ їхню КУА порівнювали з ефективністю відомого цитостатика циклофосфану (ЦФ), який вводили за добу до операції у дозі 0,2 мг/г ваги.

КУА клітин КМ неопромінених мишей дорівнювала  $7,0 \pm 0,4$  колоній та  $40,7 \pm 2,0$  кластерів на  $1 \cdot 10^5$  експлантованих клітин, тоді як цей показник хронічно опромінюваних клітин КМ опромінених мишей-реципієнтів, дорівнювали  $31,7 \pm 1,6$  колонії і  $59,0 \pm 2,9$ , а мишей, які отримали ЦФ –  $21,0 \pm 1,0$  колонії і  $52,5 \pm 2,6$  кластерів на  $1 \cdot 10^5$  експлантованих клітин.

Таким чином, хронічне опромінення більш ефективно впливало як на продукцію факторів, що викликали додаткову індукцію ОНР в ДНК неопромінених клітин, так і на продукцію факторів, що стимулюють відновлення стовбурових клітин опроміненого КМ.

### **ДИНАМІКА ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ЛІПІДНОГО СПЕКТРА СИРОВАТКИ КРОВІ В УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧАЕС З НОРМАЛЬНОЮ ТА НАДЛИШКОВОЮ МАСОЮ ТІЛА Й ОЖИРІННЯМ У ВІДДАЛЕНОМУ ПЕРІОДІ ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ**

**С. М. Дмитрук**

*ДУ “Національний науковий центр радіаційної медицини  
НАМН України”, Київ*

Упродовж перших 10-ти поаварійних років в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (УЛНА на ЧАЕС), опромінених в дозах, вищих за 25 сЗв, були визначені особливості змін у ліпідному спектрі крові (П.П. Чаяло, Г.М. Чоботько, 2001).

Метою нашого дослідження було встановлення особливостей динаміки змін показників ліпідного спектру крові в УЛНА на ЧАЕС з нормальною та надлишковою масою тіла й ожирінням, які зазнали дії іонізуючого випромінювання в діапазоні малих доз, - до 25 сЗв. Ретроспективне когортне дослідження було проведене впродовж 1996 - 2007 рр. З 83 УЛНА на ЧАЕС 1986 - 1987 рр., у віці 19 - 44 роки на момент опромінення у діапазоні доз 3 - 25 сЗв, з церебро- та кардіоваскулярною патологією (основна група), були виділені 40 осіб з нормальною масою тіла, 43 особи - з надлишковою масою тіла та ожирінням. Групи порівняння були сформовані з осіб з подібною патологією, не причетних до аварії: з нормальною масою тіла - 54 особи, з надлишковою масою тіла та ожирінням - 22 особи. Були проаналізовані результати визначень концентрації загального холестеролу (ЗХС), триацилгліцеринів (ТАГ), сумарної фракції ліпопротеїнів низької (ЛПНЦ) та дуже низької щільності (ЛПДНЦ) сироватки крові.

На етапі спостереження через 10 років після аварії (1996 р.) при порівнянні даних концентрації ЗХС сироватки крові в опроміненних та неопроміненних осіб з нормальною масою тіла, а також між даними в таких осіб з надлишковою масою тіла та ожирінням, різниці не було визначено. При тому концентрація ЗХС виявилася достовірно вищою в осіб з надлишковою масою тіла як з числа УЛНА на ЧАЕС, так і групи порівняння. На етапі спостереження через 21 рік після аварії (2007 р.) середні показники концентрації ЗХС сироватки крові в опроміненних осіб були достовірно нижчими, ніж в осіб групи порівняння. Середні показники вмісту в сироватці крові ЛПНЩ та ЛПДНЩ на етапі спостереження через 10 років після аварії не відрізнялись між відповідними показниками в опроміненних та неопроміненних осіб з нормальною масою тіла, при тому в опроміненних осіб з надлишковою масою тіла вміст ЛПНЩ та ЛПДНЩ був достовірно вищим, ніж в неопроміненних, перевищуючи межу фізіологічної норми. У подальшому для даного показника в групах УЛНА на ЧАЕС та групах порівняння спостерігались протилежні тенденції, подібні до описаних для ЗХС. Через 21 рік після аварії дані показники в групах порівняння були достовірно вищими за такі в групах УЛНА на ЧАЕС. Подібними тенденціями відрізнялась і динаміка показників концентрації ТАГ в сироватці крові УЛНА на ЧАЕС, як з нормальною, так і з надлишковою масою тіла й ожирінням, та осіб відповідних груп порівняння.

Висновок: виявлені особливості динаміки показників ліпідного спектру сироватки крові в УЛНА на ЧАЕС з реалізованою церебро- та кардіоваскулярною патологією, з нормальною та надлишковою масою тіла й ожирінням, які зазнали дії іонізуючого випромінювання в діапазоні малих доз (до 25 сЗв)

## **ОЦІНКА РАДІОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ N-СТЕРОЇЛЕТАНОЛАМІНУ В ЕКСПЕРИМЕНТІ**

**В. В. Талько<sup>1</sup>, Л. П. Дерев'яноко<sup>1</sup>, Н. П. Атаманюк<sup>1</sup>, Г. В. Косякова<sup>2</sup>,  
А. М. Яніна<sup>1</sup>, М. В. Шелковський<sup>1</sup>, А. А. Чумак<sup>1</sup>, Н. М. Гула<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини  
НАМН України", Київ

<sup>2</sup>Інститут біохімії ім. О. О. Палладіна НАН України, Київ

Відомо, що N-стероїлетаноламін (NSE) рекомендований для застосування як лікарський засіб, що має протипухлинні властивості. Він не змінює цитостатичну дію цисплатину, проявляє антитоксичну дію в супроводжуючій протипухлинній терапії перорально у вигляді твердих, рідких або м'яких лікарських форм. У зв'язку з наявністю радіомодифікуючого ефекту у деяких протипухлинних засобів, проведені експериментальні дослідження на статевозрілих білих лабораторних щурах, результати яких свідчать, що застосування препарату N-стероїлетаноламіну в комплексі з іонізуючим опроміненням покращує показники, які характеризують променеву реакцію.

Променеві реакції оцінювали за кількісним показником – індексом променевого ураження. В період індивідуального спостереження у тварин визначали індекс променевого ураження як показник міри тяжкості променевої реакції. Глибину променевих уражень оцінювали за алгебраїчною сумою балів, які нараховували за кожний факт реєстрації змін досліджуваних показників (біохімічних та гормональних), що характеризують променеві ушкодження у опроміненних тварин. Зокрема, відхилення від фізіологічної норми в біохімічних та гормональних показниках плазми крові (активності каталази, глутатіонпероксидази, концентрації 11-оксикортикостероїдів, прогестерону) оцінювали за 4-бальною шкалою: 0 – без змін; 1 – зміни, менші ніж 25 %; 2 – зміни від 25 до 50 %; 3 – зміни від 51 до 75 %; 4 – зміни, більші ніж 75 % [4].

Радіозахисну дію N-стероїлетаноламіну моделювали введенням тваринам перорально через зонд 0,5 мл водного розчину препарату із розрахунку 50 мг/кг маси тіла тварини. NSE вводили щоденно упродовж 7 діб за двома схемами, а саме: одній групі тварин – до опромінення в дозі 2,0 Гр, другій групі – після опромінення в дозі 2,0 Гр.

Активність каталази та глутатіонпероксидази після опромінення шурів у дозі 2,0 Гр достовірно знижувалась в 1,4 та 2,8 разів відносно контрольних значень. Застосування NSE після опромінення призводило до збільшення активності каталази та глутатіонпероксидази в 1,3 та в 3,7 разів відповідно, відносно показників групи опромінених тварин. При застосуванні NSE перед опроміненням тварин також відмічали достовірне збільшення активності цих ферментів відносно показників опромінених тварин, а саме: каталази в 1,2 та глутатіонпероксидази в 4,1 разів. Такі дані свідчать про те, що NSE сприяє нормалізації показників антиоксидантного захисту організму за умов дії іонізуючого випромінювання. Після опромінення шурів в дозі 2,0 Гр виявлено достовірне збільшення концентрації 11-ОКС і прогестерону в плазмі крові тварин в 1,4 та 2,7 разів відносно контрольних значень. При застосуванні NSE після опромінення тварин відмічали зниження концентрації 11-ОКС в 2,2 рази відносно показників опромінених тварин. Застосування NSE перед опроміненням тварин сприяло достовірному зниженню концентрації прогестерону і 11-ОКС в плазмі крові в 1,7 та 2,5 разів відповідно, відносно показників групи опромінених тварин. Результати досліджень вказують на наявність радіозахисних властивостей у NSE за різних схем його застосування (до- та після дії іонізуючого випромінювання).

Таким чином, при застосуванні N-стероїлетаноламіну шурам в комплексі з іонізуючим опроміненням (за різними схемами) зменшується пошкоджуюча дія іонізуючого опромінення, про що свідчить зниження індексу променевого ураження. Тому пропонується застосування N-стероїлетаноламіну за новим призначенням, а саме як радіозахисного засобу.

## СПОНТАННА ЧАСТОТА АБЕРАЦІЙ ХРОМОСОМ У ЖИТЕЛІВ МІСТ КИЄВА І ЧЕРНІГОВА

Л. В. Тарасенко, Т. В. Циганок, Ю. О. Носач,  
Т. В. Мельник, Л. К. Бездробна

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Спонтанний рівень хромосомних аберацій в клітинах формується під дією внутрішніх чинників організму і зовнішніх чинників довкілля, що постійно впливають на людину в процесі життя. Розвиток сучасних технологій, виникнення техногенних аварійних ситуацій поступово збільшують навантаження на довкілля і, як наслідок, на геном людини. Чорнобильська аварія суттєво погіршила радіоекологічний стан довкілля, що диктує необхідність вивчення спонтанних рівнів мутагенезу в нових умовах.

Метою дослідження було вивчення спонтанного рівня аберацій хромосом у лімфоцитах крові клінічно здорових жителів Києва та Чернігова – міст, що офіційно не відносяться до зон радіоактивного забруднення в наслідок аварії на ЧАЕС. Обстежено 51 особу із м. Києва і 9 осіб із м. Чернігова. Використано класичний метод аналізу рівномірно забарвлених хромосом. Проаналізовано 18651 метафазну пластинку.

У період через 15 - 25 років після Чорнобильської аварії в групі жителів Києва частота абераційних клітин становить  $3,32 \pm 0,15\%$ , всіх типів структурних аберацій хромосом –  $3,47 \pm 0,16\%$ , хроматидного типу –  $2,20 \pm 0,12\%$ , хромосомного типу –  $1,27 \pm 0,09\%$ , специфічних маркерів опромінення – дицентричних+центричних кільцевих хромосом –  $0,11 \pm 0,03\%$  та атипових моноцентриків –  $0,16 \pm 0,03\%$ . Співвідношення аберацій хромосомного типу до хроматидного становить 1 : 1,7, що свідчить про деяке відхилення від класичного уявлення про спонтанний мутагенез у людини (1 : 2). Визначені рівні спонтанних пошкоджень хромосом вірогідно перевищують такі, що наведені в літературі для населення європейської частини бувшого СРСР у період 1971 - 1999 рр. За результатами нашого дослідження інтенсивність спонтанного мутагенезу не залежить від віку обстежених осіб. Ймовірно, відсутність вікової залежності хромосомних пошкоджень обумовлена встановленою відносно більшою їх спонтанною частотою у осіб, яким на час Чорнобильської аварії було до 3 років включно або 9 – 15 років (періоди інтенсивного росту, розвитку та статевого дозрівання).

За результатами паралельного обстеження у 2011р. жителів м. Києва (11 осіб) і м. Чернігова (9 осіб) однакового віку середні спонтанні рівні кількісних та сумарних структурних хромосомних аберацій, аберацій хроматидного та всіх аберацій хромосомного типу у жителів обох міст вірогідно не відрізняються. Але, спонтанна частота дицентричних + центричних кільцевих хромосом із супровідними фрагментами (специфічних маркерів триваючого радіаційного впливу) у жителів м. Чернігова вірогідно вища, ймовірно, за рахунок їх внутрішнього опромінення.

**ВПЛИВ ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИРОДНОГО  
ПОХОДЖЕННЯ НА МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛІТИН ПРИ КОМБІНОВАНІЙ ДІЇ  
СПОЛУК ВАЖКИХ МЕТАЛІВ  
ТА ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

**Г. Й. Лавренчук, Г. М. Чоботько, В. М. Оксамитний,  
В. С. Асмолкова, Д. Д. Гапєєнко, Х. М. Литвинчук**

*ДУ “Національний науковий центр радіаційної медицини  
НАМН України”, Київ*

Сучасна екологічна ситуація характеризується поєднаним впливом токсикантів фізичної та хімічної природи. За умов радіаційних аварій окрім безпосередньої дії радіаційного фактора можливий вплив присутніх одночасно з ним сполук важких металів. Дослідження закономірностей впливу випромінювання в умовах поєднаної дії його з важкими металами на клітинному рівні є актуальними. Разом з тим, важливе місце займає проблема пошуку і застосування засобів природного походження, які зменшують негативний вплив комплексу чинників зовнішнього середовища шляхом неспецифічної дії, спрямованої на поліпшення обміну речовин, адаптивних та саморегуляторних реакцій різних систем біологічних об'єктів.

Метою роботи було дослідження впливу полімінеральних речовин природного походження («Мінерол» та «Бента») на прояв цитотоксичності важких металів у культурі опромінених клітин.

Проведено комплексне експериментальне дослідження комбінованого впливу іонізуючого випромінювання в дозах 0,5 Гр, 5,0 Гр та 10,0 Гр, іонів важких металів ( $Pb^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$  та  $Cr^{+2}$ ) в концентраціях від 10 нмоль/л до 10 мкмоль/л у тест-системі культури клітин, встановлено характер та особливості поєднаної дії чинників фізичної і хімічної природи та виявлено можливість мінімізації негативних ефектів полімінеральними комплексами природного походження.

Показано, що застосування полімінеральних комплексів «Мінерол» та «Бента» зменшило прояв ушкоджень клітин в культурі при комбінованому впливі іонізуючого випромінювання та іонів важких металів, підвищило виживаність (у 1,5 - 2 рази) та мітотичну активність (у 2 - 6 разів) клітин при одночасному зменшенні атипичних багатоядерних клітин. Високу ефективність «Мінерол» та «Бента» проявляли в діапазоні низьких концентрацій металів та малої дози радіації. За результатами експериментальних досліджень був показаний складний полімодальний характер змін при апоптозі та в системі енергообміну.

## **ВПЛИВ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ПРОМЕНІВ НА КІНЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕРМАТОЗОЇДІВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМУ ОПРОМІНЕННІ ЩУРІВ**

**А. В. Клепко, В. М. Булавицька, О. А. Мотрина, С. В. Андрейченко**

*ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини  
НАМН України", Київ*

Реалізація пострадіаційних ефектів у сперматогенезі в діапазоні нестерилізуючих доз, коли ще можливе відтворення потомства, тісно пов'язано з пострадіаційним відновленням в статевих клітинах, ступінь вираженості якого залежить від величини та потужності дози радіаційного впливу, його енергії, віку самців під час опромінення, сезонності та інших факторів. Виходячи з високої радіочутливості сперматогенезу та незавершеності процесів пострадіаційного відновлення, навіть при хронічних опроміненнях з малими потужностями дози відмічено різноманітні відхилення від норми в розвитку потомства, зниження репродуктивної здатності, появу вроджених вад та індукцію канцерогенезу.

Метою проведеного дослідження було з'ясування біохімічних та фізіологічних змін, які виникають у сперматозоїдах локально опромінених тварин на передфертилізаційній стадії у різні терміни після проведення опромінення.

Дослідження проводились на статевозрілих білих безпородних щурасамцях. Локальне опромінення голови тварин здійснювали на установці РУМ-17 в діапазоні доз 0,1 - 10 Гр. Все тіло тварин, окрім голови, було захищене свинцевим жилетом. Тварин декапітували відразу після опромінення та через 1, 7 і 14 діб. Одразу ж після декапітації у тварин вирізували епідидиміси та готували суспензію сперматозоїдів.

З метою тестування рухливості сперматозоїдів краплю приготовленої суспензії сперматозоїдів переносили на предметне скельце та переглядали під мікроскопом МБИ-15 на збільшенні  $\times 600$  з термостатуючим столиком. Концентрацію сперматозоїдів у поживному середовищі підраховували за допомогою камери Горяєва.

Для визначення АТФазної активності використовували мембрани сперматозоїдів. Кількісно препарати характеризували за вмістом в них білку, який визначали за методом Лоурі. У виділених мембранах вивчали активність  $Mg^{2+}$ -залежних АТФаз:  $K^+, Na^+$ -АТФази та  $Ca^{2+}$ -АТФази. Кількість неорганічного фосфору визначали за методом Фіске - Субароу. Статистичну обробку результатів експерименту проводили методами варіаційної статистики з використанням t-критерію Ст'юдента.

Проведеними дослідженнями було показано, що локальне опромінення тварин рентгенівськими променями в діапазоні доз 0,1 - 10 Гр призводить до появи зворотних змін в функціональних характеристиках сперматозоїдів в післярадіаційний період, причому при дозі 1,0 Гр початкове збільшення до-

сліджуваних параметрів, а саме рухливості, концентрації сперматозоїдів та чисельності гіперактивованих сперматозоїдів, згодом, у більш пізні терміни після радіаційного впливу, повертались до рівня контрольних значень. При дозі в 2,5 Гр відбувалась поступова нормалізація цих параметрів, тоді як при дозі в 7,0 - 10,0 Гр залишкові негативні ефекти все одно зберігались. Встановлено, що гіперактивація сперматозоїдів тварин, локально опромінених у дозах 0,5 та 1,0 Гр, відбувалась в умовах різкого зростання ферментативної активності Са<sup>2+</sup>-АТФази при одночасному збільшенні активності К<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>-АТФази. Виявлені зміни в активності іон-транспортних АТФаз сперматозоїдів поступово нормалізувались через 14 діб після опромінення.

Отримані результати вказують на сприятливий перебіг відновлювальних процесів в сперматогенному епітелії опромінених тварин, що призводить як до позитивної репопуляції в сім'яниках, так і елімінації дефектних статевих клітин.

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЯКОСТІ СПЕРМИ ЛЮДИНИ ВІД ВМІСТУ РІЗНИХ КЛАСІВ ПРОСТАГЛАНДИНІВ ЗА УМОВ ДІЇ МАЛИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ**

**Ю. А. Кондратова, Ю-М. І. Тачинська, А. В. Чернишов,  
А. В. Клепко, С. В. Андрейченко**

*ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини  
НАМН України", Київ*

Простагландини відіграють важливу роль у процесі запліднення, регулюючи рівень ендогенного кальцію в сперматозоїдах і тим самим зумовлюючи настання гіперактивації та акросомної реакції. Крім того, було встановлено, що простагландини в значній мірі відповідають за імуносупресорні властивості сперми, оскільки здатні впливати на метаболізм цитокінів, суттєво підвищуючи рівень інтерлейкінів 8 та 10 та інгібуючи синтез інтерлейкіну 12. Відомо, що в спермі людей превалюють простагландини класів Е і Ф, причому найбільша фізіологічна активність зосереджена в метаболітах Е-простагландинів з гідроксильованою групою в положенні 19.

Мета дослідження полягала в кількісному визначенні простагландинів Е та Ф<sub>2a</sub> у сім'яній рідині чоловіків з різних регіонів України, а також аналізі існування кореляційних зв'язків між концентрацією простагландинів, фізіологічним станом сперматозоїдів та регіональною приналежністю донорів.

Дослідження проводились у групах добровольців віком 30 - 35 років. Збір сперми здійснювали шляхом мастурбації у спеціальні пластикові контейнери, після чого проводили її розрідження 30 - 60 хв при 37 °С та визначали загальний об'єм еякуляту. Аліквоту кожного зразка використовували для мікроскопічного аналізу еякуляту, який здійснювали за протоколом, що був запропонований ВООЗ, під мікроскопом «МБИ-6» (Росія) на збільшенні х500. Кон-

центрацію ПГЕ та ПГФ<sub>2α</sub> і їх 19-гідроксильованих похідних визначали хроматографічними методами.

На підставі аналізу даних спермограм чоловіків було показано, що донори з Житомирської області мали значну схильність до прояву олігозооспермії та астенозооспермії, а також зменшення об'єму еякуляту. У жителів Києва та Київської області ця тенденція знижувалась, а в донорів з Івано-Франківської та Полтавської областей спостерігалась в незначній кількості. В той же час встановлено, що концентрація Е-простагландинів в спермі за середніми значеннями поступово збільшувалась при переході від Житомирської області до Полтавської, а Ф<sub>2α</sub>-простагландинів, навпаки, зменшувалась. Одночасно визначено статистично достовірне зростання рівня 19-ОН ПГЕ та зменшення концентрації 19-ОН ПГФ<sub>2α</sub> в сім'яній рідині чоловіків з відносно чистих регіонів (Полтавської та Івано-Франківської областей) порівняно з радіоактивно забрудненими - Києва, Київської та Житомирської областей.

Отримані дані вказують на пригнічення синтезу ПГЕ та 19-ОН ПГЕ у мешканців регіонів з високим рівнем радіоактивного забруднення місцевості. В таких умовах спостерігалось посилення утворення ПГФ<sub>2α</sub> та 19-ОН ПГФ<sub>2α</sub>, що могло бути пов'язано як з активацією простагландинкеторедуктази, так і радіаційно опосередкованою трансформацією ПГЕ в ПГФ<sub>2α</sub> за рахунок відновлювальних процесів. В цьому зв'язку слід зазначити, що подібна ПГЕ-ПГФ<sub>2α</sub> трансформація відбувалась і при прямому радіаційному опроміненні сперми щурів.

## МОДИФІКУЮЧИЙ ВПЛИВ НЕЙТРОНОЗАХВАТНИХ АГЕНТІВ НА РАДІОГЕННІ ЗМІНИ В КЛІТИНАХ *IN VITRO*

**Г. Й. Лавренчук<sup>1</sup>, Ю. Б. Шевченко<sup>2</sup>, В. В. Тришин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України", Київ

<sup>2</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Одним з найбільш перспективним, але, одночасно, і найбільш складним варіантом променевої терапії пухлин є нейтронзахватна променева терапія (НЗТ). Селективна доставка атомів <sup>10</sup>B до пухлини дозволяє, після впливу тепловими нейтронами, розраховувати на локальне пошкодження тільки самої мішені. Багатообіцяючим напрямком є синтез <sup>10</sup>B – , або/та <sup>157</sup>Gd – вмісних сполук, які поєднують як властивості НЗА для нейтронзахватної терапії, так і фотосенсибілізаторів (ФС) для іншого бінарного метода, фотодинамічної терапії (ФДТ), і по суті є універсальними, або нейтронно-фотонними сенсорибілізаторами (НФС). Метою дослідження було в експерименті в тест-системі клітинної популяції визначити дозову залежність клітинних реакцій за умови поєданого впливу НЗА та радіації.

Дослідження виконані на культурі клітин лінії L<sub>929</sub>. Були використані ней-



тронозахватні агенти (НЗА): 1-карба-клозо-додекарборат цезію та {5,10,15,20-тетраакис[*n*-(1'-карба-клозо-додекарборан-1'-іл) тетрафторфеніл]17, 18-дигідропорфірин }натрію в концентрації 0.1 мкг/мл. Опромінювали  $\gamma$ -квантами  $^{60}\text{Co}$  в дозах 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 та 10 Гр. Клітинні відповіді оцінювали у різні терміни культивування клітин за загальноприйнятими показниками життєздатності: проліферативна і мітотична активність, кількість атипових полікаріоцитів, апоптоз.

У результаті експериментальних досліджень із застосуванням тест-системи культури перещеплених клітин та низки показників їх морфофункціональних характеристик були отримані залежності «доза-ефект», встановлені характер та особливості поєднаного впливу на виживаність та апоптоз клітин НЗА та  $\gamma$ -випромінювання, яке є супутнім для нейтронів спектру поділу, з метою прогнозування інтегральної еквівалентної дози на основі визначення та аналізу отриманих клітинних реакцій.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ЧАЭС**

**Д. М. Бондарьков, В. А. Желтоножский**

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

Продолжены исследования миграции радионуклидов в 30-километровой зоне ЧАЭС, которые проводятся с 1990-х годов.

В 2012 г. были отобраны пробы земли на полигонах с разным типами почв.

Проведены измерения концентрации радионуклидов до глубины 40 см. Получены распределения активностей  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  изотопов Pu и  $^{241}\text{Am}$ . Показано, что наблюдается соизмеримые вклады двух компонент: аэрозольной и топливной. Во всех разрезах наблюдается возрастание скорости миграции  $^{90}\text{Sr}$  по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ . В ряде разрезов наблюдается одинаковая скорость миграции суммарной активности изотопов Pu и  $^{241}\text{Am}$ .

Проводится обсуждение полученных данных.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОДНОВРЕМЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТЕЙ $^{90}\text{Sr}$ И $^{137}\text{Cs}$ В РАДИАЦИОННОЗАГРЯЗНЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

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

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

Проведены экспериментальные исследования и предложена нерадиохимическая методика одновременного измерения активности  $^{90}\text{Sr}$   $^{137}\text{Cs}$  в образцах окружающей среды, основанная на спектрометрическом измерении элект-

тронов, супроводжуючих распад этих изотопов. Исследования проводились с использованием  $\beta$ -спектрометра на основе пластикового детектора толщиной 10 мм. Для калибровки эффективности  $\beta$ -спектрометра использовались стандартные источники  $^{40}\text{K}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  с объемными характеристиками близкими к экспериментальным образцам.

Обработка экспериментальных спектров проводилась методом их сравнения с калибровочным спектром, т.е. в данном случае – со спектрами, полученными на этом же спектрометре с использованием стандартных источников  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  (фантомов). Спектры калибровочных источников и фона описывались кубическими сплайнами и в дальнейшем использовались для описания экспериментальных спектров. Реализация этого процесса осуществлена в программе Beta fit.

Учет вклада  $\beta$ -частиц  $^{40}\text{K}$  в суммарную активность исследуемых образцов позволил повысить точность определения активности  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  в тушках мышевидных грызунов и образцах почв. Результаты спектрометрических измерений  $^{90}\text{Sr}$  были подтверждены радиохимическим анализом. В докладе будут представлены экспериментальные результаты, полученные с использованием данных методических подходов.

## **МОБІЛЬНІСТЬ $^{90}\text{Sr}$ І $^{137}\text{Cs}$ В КОНТРАСТНИХ ЗА ВЛАСТИВОСТЯМИ ҐРУНТАХ**

**Ю. О. Іванов, Ю. В. Хомутінін, С. Є. Левчук, О. М. Кадигріб**

*Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ*

В умовах модельно-польового і вегетаційного експериментів оцінено мобільність (міграційна рухливість і біологічна доступність)  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , внесених в початковій водорозчинній формі в 15 контрастних за фізико-хімічними властивостями і механічним складом ґрунтів. Ґрунти з різних кліматичних регіонів України були завезені в 1988 році на експериментальний стаціонар УкрНДІСГР у зоні відчуження, представлені широким спектром від дерново-підзолистих піщаних до чорноземів важкосуглинних.

Процеси іммобілізації радіонуклідів в різних ґрунтах протікають з суттєво різною інтенсивністю і сильно розрізняються для  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ . З використанням методу послідовної екстракції (Ф.І. Павлоцька) показано, що за 22 роки депонування в ґрунтах спостерігається зниження вмісту водорозчинних форм  $^{137}\text{Cs}$  в середньому від 36 разів в ґрунтах легкого механічного складу до 18 разів у важких ґрунтах; обмінних форм радіонукліда - відповідно, в 3.9 і 2.5 рази; форм, які пов'язані з полуторними оксидами, - зниження в 2 рази у ґрунтах легкого механічного складу, збільшення в 1.5 рази у важких ґрунтах. У той же час, процеси іммобілізації  $^{90}\text{Sr}$  протікають з суттєво меншою інтенсивністю.

Оцінено розподіл  $^{90}\text{Sr}$  в профілях 15 ґрунтів через 23 роки після внесення

радіонукліда в початковій водорозчинній формі. Оцінено параметри вертикального перенесення  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у вказаних ґрунтах. Екологічні періоди напіввиведення радіонуклідів з орних горизонтів ґрунтів змінюються в межах:  $^{90}\text{Sr}$  - від 3.7 року в ґрунтах легкого механічного складу до 90 років у важких ґрунтах;  $^{137}\text{Cs}$  - від 60 років в ґрунтах легкого механічного складу до 320 років у важких ґрунтах.

Оцінено коефіцієнти накопичення  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  багаторічними травами з 15 ґрунтів при часі знаходження радіонуклідів в ґрунті 24 роки. За 22 - 24 роки коефіцієнти накопичення радіонуклідів травами знижується в середньому:  $^{90}\text{Sr}$  - від 3.3 рази з ґрунтів легкого механічного складу до 6.8 разів з важких ґрунтів;  $^{137}\text{Cs}$  - від 5.5 рази з ґрунтів легкого механічного складу до 74 разів з важких ґрунтів. Раніше отримані нами оцінки показують швидке протікання процесів іммобілізації  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах (періоди напівзниження вмісту водорозчинних і обмінних форм радіонукліда становлять 0.8 - 1.4 року впродовж перших 5 років після попадання в ґрунт) і, відповідно, швидке зниження інтенсивності надходження радіонукліда в рослини в перші роки після попадання  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунт (Іванов, 1997).

Раніше нами було показано, що на слідах випадінь викиду ЧАЕС процеси іммобілізації радіонуклідів в ґрунтах, винесення радіонуклідів з кореневмісного горизонту ґрунту і фізичного розпаду радіонуклідів вносять різний вклад в динаміку забруднення рослин на різних фазах розвитку поставарійної радіологічної ситуації (Іванов, 2004). Слід зазначити, що динаміка параметрів забруднення рослин  $^{90}\text{Sr}$  на легких ґрунтах після його внесення в початковій водорозчинній формі (дерново-підзолиста піщана, слабкогумусований пісок і деякі інші) обумовлена не стільки іммобілізацією радіонукліда в ґрунті, скільки винесенням радіонукліда з кореневмісного горизонту ґрунту - за 24 роки знаходження в ґрунті в орних горизонтах вказаних ґрунтів залишилося 3 - 5 % активності радіонукліда від початкового значення.

## **РІВНІ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РИБ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

**О. М. Маренков, Г. С. Білоконь**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Київ*

На сучасному етапі існування Запорізького водосховища загальна бета-активність води досить незначна і становила 0,22 - 0,34 Бк/л, вміст цезію колювався в межах 0,03 - 0,04 Бк/л, стронцію – 0,04 - 0,06 Бк/л. Але в умовах довгострокового забруднення водоїм низькими концентраціями радіоізотопів, вони можуть накопичуватися організмами гідробіонтів у значній кількості. Об'єктами досліджень були наступні види риб: карась сріблястий, плітка звичайна, окунь річковий, лящ звичайний, а також молодь риб літоральних ділянок водосховища. Матеріалом для роботи слугували ікра та м'язи риб.

**Плітка.** Найбільший вміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у молоді риб: у цьоголіток –  $9,09 \pm 1,03$  Бк/кг, у дволіток –  $10,4 \pm 1,2$  Бк/кг. Найбільший вміст стронцію відмічений у дволіток в той момент, коли в раціоні живлення плітки з'явилися моллюски р. *Dreissena* –  $5,2 \pm 0,2$  Бк/кг. В м'язах промислових особин середній вміст цезію становив  $5,62 \pm 0,91$  Бк/кг, стронцію –  $3,33 \pm 0,3$  Бк/кг.

Встановлено, що після повного переходу на живлення моллюсками р. *Dreissena* рівень вмісту радіонуклідів в організмі плітки знаходиться на рівні  $3,8 - 6,3$  Бк/кг для  $^{137}\text{Cs}$  та  $2,2 - 3,3$  Бк/кг для  $^{90}\text{Sr}$ , а при настанні статевої зрілості (особини віком від 4+ до 5+) та закладці ікри спостерігається підвищення вмісту цезію до  $8,1 \pm 0,5$  Бк/кг та стронцію до  $4,63 \pm 0,6$  Бк/кг. Рівні вмісту радіонуклідів чорнобильського походження в ікрі плітки становили:  $^{137}\text{Cs}$  –  $4,5 \pm 0,5$  Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  –  $3,0 \pm 0,3$  Бк/кг.

**Лящ.** Найбільший вміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у молоді риб: у цьоголіток –  $15,2 \pm 2,13$  Бк/кг, у дволіток –  $7,14 \pm 1,8$  Бк/кг. Вміст стронцію для молоді риб коливався в межах  $4,2 - 4,7$  Бк/кг. Після переходу на живлення бентосом вміст радіонуклідів в м'язах промислових особин ляща особливо не змінювався і тримався на рівні  $6,26 \pm 0,7$  Бк/кг для цезію та  $4,45 \pm 0,25$  для стронцію. При настанні статевої зрілості та при закладці ікри спостерігається незначне підвищення вмісту радіонуклідів, що пояснюється фізіологічною активністю організму. Вміст цезію в ікрі ляща становив  $4,25 \pm 0,27$  Бк/кг, стронцію –  $2,93 \pm 0,31$  Бк/кг.

**Карась.** Найбільший вміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у дволіток –  $37,7 \pm 7,8$  Бк/кг. Вміст стронцію для молоді риб коливався в межах від  $3,0$  Бк/кг у цьоголіток до  $16,2$  Бк/кг у дволіток. Найменші показники вмісту штучних радіонуклідів спостерігалися в м'язах чотирьохліток – цезію –  $5,49 \pm 0,6$  Бк/кг, стронцію –  $2,5 \pm 0,4$  Бк/кг. Під час настання статевої зрілості (особини віком 4+ та 5+) спостерігається поступове підвищення вмісту цезію та стронцію до рівня  $15,3 \pm 1,7$  Бк/кг та  $5,5 \pm 0,75$  Бк/кг відповідно. Вміст цезію в ікрі карася становив  $3,3 \pm 0,6$  Бк/кг, стронцію –  $1,8 \pm 0,4$  Бк/кг.

**Окунь.** Найбільший вміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у молоді риб: у цьоголіток –  $57,2 \pm 9,5$  Бк/кг, у дволіток –  $26,9 \pm 5,4$  Бк/кг. Найбільший вміст стронцію відмічений у цьоголіток в момент переходу до живлення іншими рибами –  $17,6 \pm 2,8$  Бк/кг. В м'язах промислових особин вміст цезію становив  $7,16 \pm 3,9$  Бк/кг, стронцію –  $2,93 \pm 1,3$  Бк/кг.

Встановлено, що після повного переходу на живлення рибою рівень вмісту радіонуклідів в організмі окуня знаходиться на рівні  $4,85 - 12,1$  Бк/кг для  $^{137}\text{Cs}$  та  $2,0 - 5,5$  Бк/кг для  $^{90}\text{Sr}$ , а при настанні статевої зрілості (особини віком від 4+ до 5+) та закладці ікри вміст цезію та стронцію становив  $6,38 \pm 1,5$  Бк/кг та  $2,4 \pm 0,7$  Бк/кг відповідно. Рівні вмісту радіонуклідів чорнобильського походження в ікрі окуня становили:  $^{137}\text{Cs}$  –  $4,5 \pm 0,6$  Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  –  $3,2 \pm 0,4$  Бк/кг.

Узагальнюючи результати щодо вмісту радіонуклідів у промислових рибах можна побудувати наступні ряди, які характеризують накопичення ра-

діонуклідів тканинами та органами досліджуваних видів риб у порядку збільшення концентрації радіоактивних речовин:  $^{137}\text{Cs}$  – плітка < лящ < карась < окунь;  $^{90}\text{Sr}$  – лящ < плітка < карась < окунь.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДІВ З НЕЙТРОНОЗАХВАТНІЙ ТЕРАПІЇ

**В. А. Лібман<sup>1</sup>, В. Ф. Разбудей<sup>1</sup>, В. В. Тришин<sup>1</sup>, Л. Е. Червонна<sup>1</sup>,  
Ю. Б. Шевченко<sup>1</sup>, Г. Й. Лавренчук<sup>2</sup>,  
Ю. С. Іванов<sup>3</sup>, О. Ю. Михацький<sup>3</sup>, М. Г. Сосонкін<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup> *Державна установа Національний науковий центр НАМН України, Київ*

<sup>3</sup> *Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень  
НАН України, Київ*

На основі існуючої опромінювальної установки для нейтронозахватної синовектомії на горизонтальному каналі № 5 дослідницького реактора ІЯД НАН України створено установку, що дозволяє здійснювати нейтронне опромінення біологічних об'єктів при заданій температурі. Для цього була зроблена система термостабілізації піддослідних біологічних зразків під час опромінення нейтронами з дистанційним контролем температури.

Шляхом створення математичної моделі установки та розрахунків за методом Монте-Карло були досліджені нейтронні поля усередині термостабілізованої камери. При цьому були враховані вихідні параметри нейтронного пучка, що змінились внаслідок переведення реактора на низько-збагачене паливо.

Спектр нейтронів був переважно тепловий, що було досягнуто розміщенням на пучку монокристалічного кремнію. Були розраховані потоки нейтронів у центрі термостату за наявності на пучку як тільки основного нейтронного фільтру з монокристалу кремнію, так і у комбінації з додатковим фільтром з металевого вісмуту, який застосовується для зниження рівня фона гамма-променів. Розраховано потужності поглинутих та еквівалентних радіаційних доз всередині термоблока на позиції розташування біологічних зразків. Показано, що введення боровміщуючих сполучень у тканину, наприклад, борної кислоти, на два порядки підвищує потужність еквівалентної дози при опроміненні тепловими нейтронами. Отримані результати свідчать, що (враховуючи температурний діапазон термостата) параметри установки дозволяють проводити з її допомогою дослідження *in vitro* з нейтронозахватної терапії, гіпертермії та комбінації цих двох методів лікування.

## ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ $^{137}\text{Cs}$ І $^{90}\text{Sr}$ В ҐРУНТАХ ТА НАКОПИЧЕННЯ ЇХ РОСЛИНАМИ

**М. В. Желтоножська, Н. В. Куліч, А. І. Липська,  
В. І. Ніколаєв, В. А Шитюк**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Проведено радіоекологічні дослідження на чотирьох моніторингових полігонах зони відчуження ЧАЕС. Полігони суттєво відрізняються за рівнем радіаційного забруднення і мають складну структуру розподілу радіаційних полів. На полігонах, що розташовані в ближній зоні ЧАЕС, спостерігали виражену «плямистість», а на інших – дозові поля розподілялись більш рівномірно. В місцях відбору проб ґрунту вимірювали потужність дози  $\gamma$ -випромінювання. Характер і величину вертикальної міграції радіонуклідів в ґрунтовому профілі досліджували до глибини 30 см. Спектрометричні дослідження зразків ґрунту зафіксували присутність наступних радіонуклідів:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Найбільший внесок у загальний запас радіоактивних випадінь вносять  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ , а вміст інших радіонуклідів у ґрунтах був відносно невеликим. На всіх дослідних територіях сумарна концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті була в 1,5 - 2,7 разів вищою ніж концентрація  $^{90}\text{Sr}$ . Проведені дослідження показали неоднорідне розподілення радіонуклідів у ґрунті.

Встановлено, що динаміка вертикальної міграції радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  добре описується експоненціальною залежністю. Показано, що для  $^{90}\text{Sr}$  характерна більш інтенсивна міграція по профілю досліджених ґрунтів, ніж для  $^{137}\text{Cs}$ . Слід зазначити, що незважаючи на роки, що минули після аварії, основний запас аварійних радіонуклідів головним чином знаходиться у верхніх шарах ґрунту. Отже, вертикальна міграція радіонуклідів в ґрунті проходить доволі повільно і найближчим часом не слід очікувати суттєвого очищення кореневого шару за рахунок вертикальної міграції.

Досліджено коефіцієнти накопичення радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  рослинами, виявлено міжвидові відмінності. Встановлено, що рівні накопичення рослинами на 2-3 порядки нижче, ніж у грибів, відібраних на одних і тих же ділянках. Поведінка радіонуклідів в природних екосистемах обумовлена їх фізико-хімічними властивостями, рельєфом та вологістю ґрунту.

## ДИНАМІКА ВМІСТУ $^{137}\text{Cs}$ В ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ ҐРУНТУ М. УЖГОРОД

**І. С. Потокі, О. О. Парлаг, В. Т. Маслюк, О. І. Лендел**

*Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород*

Радіоактивний цезій – один з основних джерел внутрішнього та зовнішнього опромінення людей. Потрапляє в довкілля  $^{137}\text{Cs}$ , в основному, за рахунок викидів під час вибухів ядерної зброї та аварій на підприємствах атомної промисловості. Потрапивши в біосферу, цей радіонуклід легко мігрує в ґрунті як у вертикальному так і в горизонтальних напрямках, і включається в ланцюги живлення людини [1].

Експериментальними даними доведено, що основна кількість  $^{137}\text{Cs}$  концентрується в поверхневому шарі ґрунту (2 - 10 см). Пробовідбір проводився в 37 точках Ужгорода протягом 2006 - 2012 рр. Проводився точковий пробовідбір методом «конверта» з наступним формуванням об'єднаної проби методом квартування.

Для вимірів питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у пробах ґрунтів використовувався сертифікований комплекс "SBS-40" з коаксіальним напівпровідниковим Ge(Li)-детектором, який знаходився у комбінованому захисті, що дозволяло зменшити власний фон відносно фонових умов лабораторії [2, 3]. Виміри проводилися в спеціальному контейнері ємністю 0,5 дм<sup>3</sup>. Час виміру становив 20000 с. Під час проведення вимірів проб здійснювався контроль спектрометричного комплексу по наступних параметрах: дрейф каналів; роздільна здатність; ефективність реєстрації. Зміна вказаних параметрів за час вимірів не перевищувала 1 %. Статистична похибка вимірів не перевищувала 15 %.

Середнє значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  наведено в таблиці.

### Середнє значення питомої активності $^{137}\text{Cs}$ , Бк кг<sup>-1</sup>

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
4,8 ± 0,4	6,1 ± 0,8	6,6 ± 0,5	5,2 ± 0,5	4,3 ± 0,4	6,7 ± 0,5	6,2 ± 0,6

Відсутність аномально великих значень питомої активності у всіх точках пробовідбору за досліджуваний період свідчить про відсутність радіоактивного забруднення радіоцезієм в Ужгороді.

1. *Василенко І.Я.* Радіоактивний цезій-137 // Радиобиологія. Природа. - 1999. - Вип. 3. - С. 70 - 76.
2. *Потокі І.С.* Параметричне описання абсолютної ефективності напівпровідникових детекторів для виміру активності об'ємних зразків // Науковий вісн. Ужгородського ун-ту. Серія Фізика. - 2012. - Вип. 31. - С. 196 - 201.
3. *Парлаг О.О., Стець М.В., Маслюк В.Т. та ін.* Про спектральний склад природної гамма-активності // Вісн. Ужгородського ун-ту. Сер. Фізика. - 1999. - № 5. - С. 129 - 133.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО ВИПРАВДАНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТИРАДІАЦІЙНИХ КОНТРЗАХОДІВ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ УКРАЇНИ, ЯКІ Є КРИТИЧНИМИ**

**Е. С. Тенкач**

*Національний університет біоресурсів і природокористування, Київ*

При розробці стратегії реабілітації радіоактивно забруднених територій внаслідок Чорнобильської катастрофи, оптимізація проведення захисних заходів (контрзаходів) є обов'язковою. Актуальність даної проблеми зумовлена масштабністю забруднення та необхідністю проведення контрзаходів на значних територіях протягом тривалого часу, що вимагає значних матеріальних затрат.

Метою роботи є розроблення стратегії та оптимізація впровадження заходів на радіоактивно забруднених територіях, спрямованих на отримання радіологічно чистої продукції, що відповідає санітарно-гігієнічним нормам (ДР-2006) і гарантує не перевищення допустимого рівня середньорічної дози опромінення населення (1 мЗв). Для вирішення наших завдань була опрацьована система підтримки прийняття рішень ReSCA (Remediation Strategy after Chernobyl Accident - стратегія реабілітації після Чорнобильської аварії), яка є результатом регіонального проекту МАГАТЕ. Дана програма максимально враховує дані, характерні для кожного населеного пункту і дає змогу моделювати параметри при плануванні контрзаходів на рівні кожного випасу для кормівиробництва.

З метою адаптації та апробації даної програми були визначені критичні населені пункти радіоактивно забруднених регіонів України - Житомирської та Рівненської областей - за рівнями дозових навантажень на населення (вище 1 мЗв/рік) та забруднення молока (вище 100 Бк/л). Вивчення даних дозиметричної паспортизації попередніх років дало змогу виділити населені пункти, найбільш критичні не за щільністю забруднення ґрунтів радіонуклідами, а за високими дозами внутрішнього опромінення. Згідно останніх даних були виділені 7 населених пунктів в Житомирській області та 17 в Рівненській.

Попередні результати досліджень та наших розрахунків свідчать, що на даний час практично в усіх критичних населених пунктах є можливість знизити дозу опромінення місцевого населення до встановлених меж (1 мЗв/рік) за рахунок впровадження тих чи інших спеціальних заходів або їх поєднання.



## НАКОПИЧЕННЯ $^{90}\text{Sr}$ Й $^{137}\text{Cs}$ ТА ФІЗІОЛОГІЧНА РЕАКЦІЯ ОЧЕРЕТУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Д. Д. Ганжа<sup>1</sup>, Х. Д. Ганжа<sup>2</sup>, О. Б. Назаров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ДСП “Централізоване підприємство з поводження  
з радіоактивними відходами”, Чорнобиль

<sup>2</sup>Інститут гідробіології НАН України, Київ

<sup>3</sup>ДСП “Чорнобильський спецкомбінат”, Чорнобиль

Нами проведено вивчення біогеохімічної та фізіологічної реакції очерету звичайного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) у різних умовах радіаційного забруднення екосистем деяких водойм ЗВ ЧАЕС.

Протягом 2011 р. та 2012 р. були зібрані листки очерету у літоральній зоні 6-ти водойм ЗВ ЧАЕС - оз. Азбучин, оз. Глибоке, оз. Далеке, Водойма охолодник ЧАЕС, Янівський затон р. Прип'ять у районі м. Прип'ять та р. Прип'ять у м. Чорнобиль.

Зі свіжовідібраних проб для оцінки поверхневого накопичення завислих речовин та фізіологічно-значущих іонів робили водні змиви при співвідношенні маса листя/вода (1:5) протягом 2 хв., для оцінки фізіологічної реакції рослин на якість довкілля вимірювали концентрацію іонів у водному екстракті листя (30 хв.) (Ганжа, 2011). У отриманих розчинах оцінювали концентрацію завислих речовин у нефелометричних одиницях каламутності водного розчину (NTU). Концентрацію іонів у листках оцінювали у водному екстракті (12 год.) виконаному згідно ГОСТ 26180-84. У водних змивах та екстрактах вимірювали рН, кондуктивність ( $\text{мСм}\cdot\text{см}^{-1}$ ), концентрацію іонів ( $\text{ppm}$ )  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та амонійного азоту ( $\text{NH}_4^{+}$ ). Для вимірювань застосовано прилад контролю якості води U-10 (Horiba), іномір рХ-150МИ, кондуктометр SX-650.

Послідовну екстракцію фізико-хімічних форм радіонуклідів у рослинних препаратах проводили згідно методики (Vazquez, 1999) різними реагентами за такою схемою: 1) розчинені позаклітинні катіони - дистильованою водою; 2) сорбовані позаклітинні слабкозв'язані катіони - розчином  $\text{NiCl}_2$ ; 3) сорбовані позаклітинні катіони - розчином EDTA; 4) внутріклітинні катіони - розчином  $\text{HNO}_3$  (1 М); 5) катіони, зв'язані з органічною речовиною - розчином 35%  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HNO}_3$ ; 6) мінеральна фракція - розкладення малорозчинного залишку розчином концентрованої  $\text{HCl}$ . Вимірювання  $^{137}\text{Cs}$  в пробах проводили на гамма-спектрометрі SBS-30. Радіохімічне виділення  $^{90}\text{Sr}$  проводили за оксалатною методикою з подальшим вимірюванням питомої активності на установці малого фону УМФ-2000 його дочірнього продукту  $^{90}\text{Y}$  (Кузьменко, 2001).

Аналізи виконано із сумарною відносною похибкою, що не перевищувала  $\pm 30\%$ .

За результатами досліджень знайдено, що кількість змитих із поверхні ли-

стя завислих речовин пов'язана не тільки із техногенним, але й біогенним впливом. Кореляційний аналіз показав тісний зв'язок із коефіцієнтом 0,81 між завислими речовинами сорбованими на поверхні листя очерету та розчиненими позаклітинними катіонами  $^{90}\text{Sr}$ , які становлять від 0,5 % до 3 % загальної активності  $^{90}\text{Sr}$  у листі очерету в місцях спостережень. Достовірного зв'язку із  $^{137}\text{Cs}$  не встановлено.

Вихід іонів, у першу чергу -  $\text{K}^+$ , із внутрішнього середовища листків у водний екстракт (30 хв.) збільшується на 10 - 20 % у місцях найбільшого радіаційного забруднення, що свідчить про фізіологічну реакцію листків очерету на опромінення.

Концентрація іонів у водному екстракті листків (12 год.), у першу чергу  $\text{K}^+$ , зворотно корелює із сорбованими, внутріклітинними та зв'язаними формами нуклідів (припадає до 90 % загальної активності), утворюючи середньої сили та сильні зв'язки.

Результати проведених досліджень показали зв'язок фізіологічної реакції та біогеохімічного стану рослин із накопиченням різних форм радіонуклідів.

## **СИСТЕМА ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ДЛЯ РАДІОБІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Ю. С. Іванов<sup>1</sup>, В. А. Лібман<sup>2</sup>, О. Ю. Михацький<sup>1</sup>,  
М. Г. Сосонкін<sup>1</sup>, Ю. Б. Шевченко<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Міжнародний центр астрономічних  
та медико-екологічних досліджень НАН України, Київ  
<sup>2</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Для підтримання заданої температури біологічних зразків під час опромінення нейтронами або рідкоіонізуючим випромінюванням, була спроектована і виготовлена система термостабілізації зразків з віддаленим контролем температури. Метод термостатування – активний підігрів з релейним регулюванням. Метод передачі даних про температуру в Т-боксі вибраний найбільш перешкодозахищений - «струмова петля». Датчик температури - напівпровідникова мікросхема TMP-01.

Система складається з наступних частин: термостатований бокс (Т-бокс) з камерою для зразків; блок керування Т-боксом; пульт віддаленого контролю; УТР кабель пульта віддаленого контролю.

Основні параметри системи: діапазон робочих температур у камері +30 - +44 °С; точність підтримання температури 1 °С ; зовнішня температура +5 - +24 °С; час встановлення температури 2 год; відстань від Т-боксу до блоку керування - до 2м; відстань до пульта віддаленого контролю - до 100м.

При розробці та виготовленні Т-боксу перевага надавалась матеріалам, які не активуються, або слабо активуються в нейтронних полях: підігрівач – свинцева стрічка з перерізом  $0.7 \times 1.5$  мм; корпус та кlementsи кріплення – з по-

ліетилену, пінополіуретану та свенцю; матеріал вікна для входу випромінювання – лавсанова плівка завтовшки 10 мкм з алюмінієвим напиленням.

Система може використовуватись як у складі експериментальної опромінювальної установки для нейтронозахватної терапії (НЗТ), так і з джерелами рідко іонізуючого випромінювання – моделювання променевої терапії (ПТ). Температурний діапазон системи дозволяє також проводити експерименти з гіпертермії та її комбінації з НЗТ або ЗПТ.

## ДИНАМІКА ВПЛИВУ ВНЕСЕНИХ ДОБРИВ НА РІЗНИХ ТИПАХ ГРУНТУ НА НАДХОДЖЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ У ВІДДАЛЕНІЙ ПЕРСПЕКТИВІ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

**О. В. Косарчук, О. М. Кадигрїб, М. М. Лазарєв**

*Український НДІ сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ*

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

Дослідження впливу різних систем внесення добрив на вміст  $^{137}\text{Cs}$  у суміші злакових трав, зеленої масі гороху, люпину та вівса проводили в умовах мікропольових дослідів на чорноземі, дерново-підзолистому та торфово-болотному ґрунтах. В якості добрив вносили НРК рекомендованих доз для різних типів ґрунту та кожної культури.

Результати досліджень показали, що застосування різних варіантів заходів у віддаленій період після аварії дещо по іншому впливають на класичні уявлення про накопичення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарськими культурами.

На чорноземі внесення підвищених доз калійних добрив ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ ,  $K_2SO_4$ ) в різних варіантах, додатково до фонових значень з метою зниження накопичення  $^{137}\text{Cs}$  вказаними вище рослинами, було мало ефективним. При цьому слід відмітити, що на даному типі ґрунту спостерігались мінімальні значення  $K_H$   $^{137}\text{Cs}$ . При внесенні додаткових доз азотних добрив ( $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H$ ,  $NH_4NO_3$ ) в різних культурах відмічено підвищене накопичення  $^{137}\text{Cs}$ .

На дерново-підзолистому ґрунті внесення підвищених доз калійних добрив при такому ж співвідношенні компонентів відмічено зниження значення  $K_H$   $^{137}\text{Cs}$ . При внесенні додаткових доз добрив в комплексі з азотними, навпаки,  $K_H$  збільшується в два рази для люпину, та півтора для вівса та інших культур.

Найбільша ефективність зниження  $K_H$  спостерігається на обох типах ґрунту для досліджуваних культур при застосуванні в якості добрива калій магnezії в дозі 150 % від рекомендованої під культуру.

На торфово-болотному ґрунті внесення підвищених доз калійних добрив

навіть у комплексі з азотними дає суттєве зниження  $K_n$  до 2 разів.

Додаткове внесення калійних добрив протягом кількох років на чорноземі та дерново-підзолистому ґрунтах, в комплексі з азотними добривами, замість очікуваного зниження  $K_n$  привело до його збільшення для різних видів сільськогосподарських культур. На фоні росту врожайності відмічене суттєве зростання забруднення рослин  $^{137}\text{Cs}$ .

Радіологічна ефективність додаткового внесення калійних добрив спостерігається тільки для торфово-болотного ґрунту.

## **РЕАБІЛІТАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ, ЩО ЗАБРУДНЕНІ ВАЖКИМИ ПРИРОДНИМИ РАДІОНУКЛІДАМИ**

**Ю. В. Хомутінін, Ю. О. Іванов, В. К. Кириченко**

*Український НДІ сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ*

Серед джерел радіаційного опромінення людини особливе місце займають важкі природні радіонукліди (ВПРН). Забруднення навколишнього середовища в районах розташування урановидобувних підприємств пов'язані з аерозольними викидами, а також з утворенням хвостосховищ (відвалів). В Україні протягом багатьох років функціонують підприємства по видобутку та переробці уранових руд, що призвело до утворення хвостосховищ із високим вмістом ВПРН. Ці підприємства та їхні відвали, як правило, розміщені в районах із розвинутим сільським господарством і є потенційними джерелами забруднення земель сільськогосподарського призначення ВПРН. Значна частина цих хвостосховищ, які сформувалися в початковий період розвитку атомної промисловості, в даний час не в повній мірі відповідають сучасним природоохоронним вимогам. У зв'язку з вище сказаним дуже важливими та актуальними є питання оцінки забруднення ВПРН от техногенно-підсиленних джерел земель сільськогосподарського призначення, які використовуються населенням для виробництва продуктів харчування, а також розробки алгоритму підтримки прийняття рішень про необхідність та доцільність втручання в радіологічну ситуацію, яка сформована ВПРН на сільськогосподарських угіддях.

На основі узагальнення фактичних даних, які отримані авторами, та висновків інших науково-дослідних робіт, пов'язаних із вивченням стану земель, що забруднені ВПРН і міграції їх в біоценозах та в харчових ланцюгах, запропоновано алгоритм підтримки прийняття рішень про доцільність втручання в радіологічну ситуацію на землях сільськогосподарського призначення, що забруднені ВПРН за рахунок техногенно-посилених джерел природного походження.

Запропонований алгоритм враховує випадковий характер вмісту ВПРН в ґрунтах, сільськогосподарських рослинах і продуктах харчування в зоні впливу

техногенно-підсилених джерел природного походження і забезпечує виконання вимог МАГАТЕ і НРБУ-97. Він був апробовано на базі сільськогосподарських полів і присадибних ділянок жителів н.п. Карнаухівка і Таромське, які знаходяться у безпосередній близькості до території проммайданчику Придніпровського хімічного заводу і його хвостосховищ. Показано, що радіологічна ситуація на сільгоспугіддях і присадибних ділянках в зоні впливу Придніпровського хімічного заводу і його хвостосховищ при забрудненні цих угідь у даний час  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  не потребує втручання.

Реалізація цього підходу дозволить мінімізувати ризик для здоров'я населення, який обумовлений споживанням сільськогосподарської продукції, що вироблена на вказаних угіддях та територіях в зоні впливу техногенно-підсилених джерел природного походження та мінімізувати соціальні наслідків.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗРОБКИ ХОТИСЛАВСЬКОГО КАР'ЄРА НА РАДІОЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

**О. М. Волкова<sup>1</sup>, В. В. Беляєв<sup>1</sup>, А. М. Михалевич<sup>2</sup>,  
О. О. Пархоменко<sup>1</sup>, С. П. Пришляк<sup>1</sup>**

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

*<sup>2</sup> Національний університет «Києво-Могилянська Академія», Київ*

На північному заході України розташований унікальний природний комплекс – Шацький національний парк (ШНП), який об'єднує понад двадцять озер. Ці озера мають різний трофічний статус. Так, найбільше озеро Світязь - оліготрофне, деякі інші евтрофні. По території ШНП проходить Європейський водорозділ. У безпосередній близькості від ШНП планується подальший розвиток Хотиславського кар'єра, дно якого буде розташовано набагато нижче за рівень поверхневих вод. Значний об'єм ґрунтових вод з кар'єра планується відкачувати. Видалення ґрунтових вод з кар'єра може призвести до змінення озер ШНП. Тому, з огляду на можливість погіршення радіоекологічної ситуації внаслідок зміни гідрологічного стану водойм, ми визнали за необхідне спрогнозувати можливі зміни рівнів радіонуклідного забруднення води та їхтїофауни у разі зменшення рівня води в озерах. Існують моделі українських та закордонних дослідників, які досить добре описують зміну радіоекологічної ситуації у водоймах. Ці моделі базуються на значному обсязі вхідної радіоекологічної інформації, в першу чергу про особливості радіонуклідного забруднення водних мас та донних відкладів. Для більшості озер ШНП така інформація відсутня. Для оцінки впливу можливого зниження рівня води в озерах на вміст радіонуклідів у водних масах нами запропонована модель, яка базується не на використанні коефіцієнтів накопичення (розподілу), а на врахуванні зменшення об'єму озер та виходу рухливих форм радіонуклідів з осушених ділянок.

Результати моделювання показують, що зниження води на 0,2 м може призвести до підвищення концентрації  $^{90}\text{Sr}$  у воді глибоководних озер, таких, як Світязь, Пулемецьке, Пісочне та Люцимер, на 5 - 10 %, у воді мілководних озер підвищення вмісту радіонуклідів може досягти 95 %. У разі зменшення рівня води на 1 м концентрація радіонукліда у воді мілководних озер може збільшитися в 2 - 10 разів. За прийнятими у моделі параметрами збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у воді озер може бути ще інтенсивнішим.

Для оцінки впливу можливого змінення озер на рівні вмісту радіонуклідів у рибах розрахунки проводилися за найбільш консервативним сценарієм. Встановлено, що зменшення рівня води оз. Світязь на 0,2 м призведе до збільшення вмісту  $^{90}\text{Sr}$  у рибах на 5 %, на 1 м - на 26 %, збільшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  становитиме 9 % та 48 %, відповідно. У рибах мілководного оз. Соминець при відповідних гідрологічних змінах вміст  $^{137}\text{Cs}$  у рибах зростає у 2 та 10 разів.

Необхідно відзначити, що у ході реалізації програми моніторингу в зоні впливу Хотиславського кар'єра, яка була затверджена у 1994 р., радіоекологічні дослідження водних екосистем залишилися практично поза межами уваги наукової спільноти. Моделювання радіоекологічної ситуації показало, що при несприятливому збігу обставин зниження рівня води мілководних озер на 0,2 м може призвести до перевищення встановлених законодавством рівнів вмісту радіонуклідів у рибах.

## **АНАЛІЗ СТАНУ НОРМАТИВНО-МЕТОДОЛОГІЧНОЇ БАЗИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНОК ВПЛИВУ ЯДЕРНО-РАДІАЦІЙНИХ УСТАНОВОК МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**О. В. Гайдар<sup>1</sup>, В. В. Тришин<sup>1</sup>, Т. О. Гайдар<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Національний університет "Києво-Могиланська Академія", Київ*

На сьогодні в Україні знаходять все більш широке застосування сучасні ядерно-радіаційні методи діагностики та лікування онкологічних захворювань, які визнані у всьому світі серед найбільш дієвих та ефективних. Розробляються і вводяться в експлуатацію нові радіологічні центри, які оснащені сучасними високоенергетичними електронними прискорювачами для дистанційної радіотерапії та радіохірургії, циклотронами та радіохімічними лабораторіями для виробництва радіофармпрепаратів, у тому числі для позитрон-емісійної томографії, ведуться роботи щодо розвитку найсучасніших методів протонної та нейтронної терапії. Такі центри, як правило створюються на території існуючих майданчиків спеціалізованих клінік та інститутів, які часто знаходять в центральних, густонаселених районах великих міст з багатоповерховою забудовою. За цих умов набуває особливої актуальності питання науково-методологічної обґрунтованості методик при проведенні оцінок впливу таких установок на персонал медичних закладів, населення та довкіл-

ля. В доповіді обговорюються результати аналізу існуючої нормативно-методичної бази, прийнятої для проведення відповідних оцінок в Україні, Росії, міжнародного досвіду та рекомендацій національних та міжнародних агенцій.

## **ЯДЕРНО-КРИМІНАЛІСТИЧНІ БАЗИ ДАНИХ ТА БІБЛІОТЕКИ МАТЕРІАЛІВ**

**О. В. Гайдар, В. В. Тришин**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 02.06.2003 р. № 813 Інститут ядерних досліджень НАН України визначено як головну експертну організацію з питань дослідження та визначення характеристик радіоактивних матеріалів, які вилучено з незаконного обігу. Фахівці Інституту мають багатолітній досвід проведення ядерно-криміналістичних експертиз. Досягнуті результати цієї діяльності високо оцінюються не тільки в Україні але й міжнародним співтовариством. Свідченням цього стало проведення у Києві у 2011 р. 16-ї наради Міжнародної технічної робочої групи, яка об'єднує провідних фахівців світу в галузі ядерної криміналістики.

Ядерна криміналістична експертиза є більше, ніж аналітичне визначення характеристик вилучених ядерних та інших радіаційних матеріалів (ЯРМ). Її кінцевою метою є інтерпретація отриманих результатів та відповідь на питання: що являє собою вилучений матеріал, яким було його первинне призначення, де він використовувався і хто міг бути його останнім законним власником, яким шляхом цей матеріал міг потрапити на місце події, тощо. Це вимагає інтеграції досвіду та знань з різноманітних відповідних галузей науки, криміналістики та ядерних технологій. Однією з умов для ефективного та своєчасного вирішення поставлених задач є наявність референтних бібліотек даних та матеріалів для ядерної криміналістики. Такі бібліотеки являють собою важливий компонент національної стратегії по боротьбі з незаконним обігом ядерних матеріалів. Створення інформаційних можливостей на національному рівні та розробка механізмів для міжнародного співробітництва в сфері обміну інформацією та даними, визнаються як життєво важливі та невідкладні проблеми, що в найближчому майбутньому потребуватимуть вирішення з боку міжнародного співтовариства для боротьби з ядерним тероризмом і незаконним обігом ЯРМ.

Не тільки для України, але й для країн ГУАМ, задача створення централізованої бібліотеки з визначеною точкою доступу формулюється вперше. Ці зусилля співпадають з аналогічними роботами, які на сьогодні проводяться в Європі та США.

У доповіді обговорюються підходи та проблеми пов'язані зі створенням бібліотек даних та матеріалів для ядерної криміналістики в Україні. Створен-

ня пілотного проекту бібліотеки даних та матеріалів планується на базі ядерно-криміналістичної лабораторії в Інституті ядерних досліджень НАН України у відповідності до міжнародних рекомендацій. Пілотний проект, реалізація якого передбачає міжнародну кооперацію, буде включати в себе емпіричні дані та референтні дані з відкритих літературних джерел, відповідні інструменти для вибірок даних, а також інструменти для моделювання, статистичного аналізу та просторового аналізу.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ КОМПЛЕКСУ ПЕРЕРОБКИ РАВ (РЕКОНСТРУКЦІЯ) НА ЗАПОРІЗЬКІЙ АЕС**

**В. В. Тришин, О. В. Гайдар, О. В. Сваричевська, О. В. Святун,  
І. О. Павленко, Т. О. Гайдар, Р. В. Завада**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Однією з необхідних умов сталого розвитку нашої держави є вирішення проблеми її надійного енергозабезпечення. При всіх екологічних перевагах використання відновлювальних джерел енергетики вони, щонайменше у найближчому часі, не зможуть повністю замінити традиційні джерела енергопостачання, зокрема атомної енергетики. Однак екологічно виправдане використання атомної енергетики вимагає як підвищення рівня безпеки та надійності експлуатації самих енергоблоків, так і ретельного вибору відповідних допоміжних технологій, зокрема з мінімізації та іммобілізації радіоактивних відходів.

Фахівцями Центру екологічних проблем атомної енергетики проведена оцінка впливу на навколишнє середовище нових технологічних рішень, які плануються до впровадження на комплексі з переробки радіоактивних відходів (КПРАВ) на майданчику Запорізької АЕС (ЗАЕС). Зокрема планами з реконструкції та модернізації КПРАВ планується встановити нові установки для фрагментації великогабаритних РАВ, спалювання відпрацьованих радіоактивно забруднених мастил та твердих горючих РАВ, пресування твердих негорючих РАВ, встановлення нової системи радіаційного та хімічного моніторингу у викидах з модернізованого КПРАВ ЗАЕС.

Оцінка проведена у повній відповідності з вимогами законодавства України, зокрема ДБН А.2.2.-1-2003, та рекомендаціями міжнародних організацій.

Для обґрунтування доцільності запланованої діяльності та характеристики існуючого стану було проведено аналіз: даних щодо накопичення РАВ на майданчику ЗАЕС та існуючими потужностями для їх переробки і зберігання; інформації щодо методів поводження з РАВ, їх ефективності і впливу на довкілля у порівнянні з запропонованими для впровадження у проекті модернізації; екологічної та соціально-економічної ситуації в районі ЗАЕС за останні роки (2005-2011рр.); даних радіаційного моніторингу газо-аерозольних викидів радіоактивних речовин об'єктами ЗАЕС (6 енергоблоків ВВР-1000 та 2



спецкорпуси); тощо. При аналізі були використані сучасні методи обробки інформації у тому числі ГІС.

При оцінці впливу на оточуюче середовище модернізованих установок КППРАВ ЗАЕС було враховано як радіаційну так і хімічну складові впливів. Оцінки свідчать, що завдяки застосуванню сучасних багатоступеневих систем очистки газо-аерозольних викидів радіаційний вплив знаходиться значно менше встановленої НРБУ квоти ліміту дози (40 мкЗв/рік), а викиди хімічних забруднюючих речовин CO, HCl, SO<sub>2</sub>, NOx, менше ГДК вже на виході з вентиляційної труби ВТ-СК1.

## РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ РАДІОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ <sup>90</sup>Sr ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У КИЇВСЬКІЙ ТА ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ

**Л. М. Отрешко<sup>1,2</sup>, С. Є. Левчук<sup>2</sup>, А. І. Мельник<sup>3</sup>,  
В. О. Кашпаров<sup>2</sup>, Л. В. Йошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Кафедра радіобіології Національного університету біоресурсів  
і природокористування України, Київ*

<sup>2</sup> *Український НДІ сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ*

<sup>3</sup> *Чернігівський центр «Облдержродючість», Чернігів*

Мережа спостережень у 2012 р. була вибрана з врахуванням попереднього досвіду по вивченню забруднення рослинницької продукції <sup>90</sup>Sr та рекомендацій щодо проведення моніторингу. На цих територіях (Іванківський район Київської області, Козелецький та Чернігівський райони Чернігівської області) були відібрані проби ґрунту та зернової продукції.

Метою досліджень було отримання актуальної інформації щодо радіоактивного забруднення радіостронцієм продовольчого зерна та його відповідності ДР-2006.

У зразках ґрунтів були визначені активність <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr та основні показники, які впливають на поведінку та доступність радіостронцію рослинам, а саме: кислотність, вміст фосфору та обмінного кальцію. Крім того, були розраховані коефіцієнти переходу та коефіцієнти накопичення <sup>90</sup>Sr в зерно. У зерні визначалась активність <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr.

Як свідчать результати досліджень, вміст <sup>137</sup>Cs у зерні у більшості випадків знаходився у межах 3 - 5 Бк/кг, що не перевищує допустимих рівнів, а от проведені радіохімічні дослідження вмісту <sup>90</sup>Sr в зернових культурах показали, що активність даного радіонукліду у зерні змінювалась від 2 до 50 Бк/кг. Загалом, близько 20 % зерна, відібраного у Чернігівській області та 85 % зерна, відібраного у Київській області не відповідало ДР - 2006 для продовольчого зерна (20 Бк/кг). Коефіцієнти переходу та коефіцієнти накопичення <sup>90</sup>Sr в зерно мали чітко виражену оберненопропорційну залежність від вмісту в

грунті обмінного кальцію та добре узгоджуються з отриманими раніше даними для цього типу ґрунтів.

Таким чином, проведені експериментальні роботи в 2012 р. підтвердили, що зернові культури і в даний час залишаються критичними з точки зору надходження в них  $^{90}\text{Sr}$ .

## **МІКРОБІОТА І РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТУ «УКРИТТЯ»**

**В. Б. Рибалка, О. Ф. Сенюк, Г. І. Петелін, В. О. Ковальов, М. І. Круль**

*Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, Чорнобиль*

Сьогодні багато нагальних проблем експлуатації об'єкту «Укриття» тісно пов'язані з дослідженням міграції радіонуклідів у його біотопах. Це переробка його рідких радіоактивних відходів, очистка технологічних розчинів, повітряно-газових сумішей та інші.

Нами показано, що у таких системах міграція і іммобілізація радіонуклідів відбувається на тлі функціонування мікробної спільноти, представленій величезною різноманітністю видів, які в умовах постійного впливу іонізуючих випромінювань можуть змінювати властивості розчинів, призводити до обростання мікробними колоніями будь-яких іонообмінних матеріалів, зменшуючи їхню ефективність і викликаючи передчасну руйнацію. У будь-яких технологічних схемах переробки рідких радіаційних відходів мікробіоти досить швидко пристосовується до нових умов існування, прискорюючи темпи еволюції, під впливом іонізуючих випромінювань. Інтенсивне зв'язування іонів радіонуклідів як самими клітинами біоти, так і продуктами їх метаболізму, підвищує міграційні властивості сполук радіонуклідів.

У водах нижніх відміток об'єкта «Укриття» виявлено велику кількість різноманітних мікроорганізмів. Встановлено, що паливні частинки міцно утримуються бактеріальним слизом. Методом електронної мікроскопії показано, що мікроорганізми здатні розвиватись на опромінену ядерному паливі об'єкта «Укриття», використовуючи його в якості джерела мінеральних речовин. Вони розчиняють уранову матрицю, посилюючи міграційні можливості радіонуклідів.

В зразках аерозолів повітряно-газових сумішей об'єкта «Укриття» виявлено великий вміст дрібнодисперсних частинок органічного походження, які ідентифікуються як клітини мікроорганізмів і їхні спори, що здатні селективно накопичувати великі кількості радіонуклідів (по радіоцезію до 50 мг/1г біомаси) і долати більшість захисних фільтрів. Тому такі аерозолі є не тільки фактором біологічної небезпеки поза об'єктом «Укриття», але й фактором радіаційної небезпеки у самому об'єкті.

Медичний аспект проблеми полягає у тому, що культури мікроорганізмів стають не тільки більш радіостійкими, але й набувають аномально високої стійкості до дії хімічних речовин. Для умовно-патогенних та патогенних мік-

робних культур це означає можливість відповідного різкого підвищення рівня вірулентності завдяки підвищенню стійкості до імунної системи та зниження чутливості мікробів до лікарських препаратів.

Таким чином, при проведенні робіт в «Укритті» і при поводженні з його радіоактивними відходами нагальної актуальності набуває відпрацювання засобів протидії (технологічних прийомів, методик) з метою зменшення внеску біотичного чинника в посиленні екологічної небезпеки об'єкту «Укриття».

## **О ДИНАМИКЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ $^{137}\text{Cs}$ У РЫБ РАЗНЫХ ВОДОЕМОВ**

**О. Л. Зарубин<sup>1</sup>, А. А. Залисский<sup>2</sup>, Н. Н. Осадчая<sup>3</sup>, В. В. Канивец<sup>3</sup>**

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

*<sup>2</sup> Государственное специализированное научно-производственное предприятие «Чернобыльский радиоэкологический центр», Чернобыль*

*<sup>3</sup> Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Киев*

В 1986 - 2012 гг. изучалась динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах рыб водоема-охладителя ЧАЭС и Каневского водохранилища. Обнаружено, что снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах рыб водоема-охладителя ЧАЭС, особенно в первые 5 лет после аварии на ЧАЭС, проходило значительно интенсивнее, чем в рыбах Каневского водохранилища.

С 1987 г. по 2010 - 2012 г. удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  у рыб водоема-охладителя снизилась  $\approx$  в 100 раз, в то же время у рыб Каневского водохранилища  $\approx$  в 10 раз.

Максимальное снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  у рыб обоих водоемов характерно для рыб низких трофических уровней.

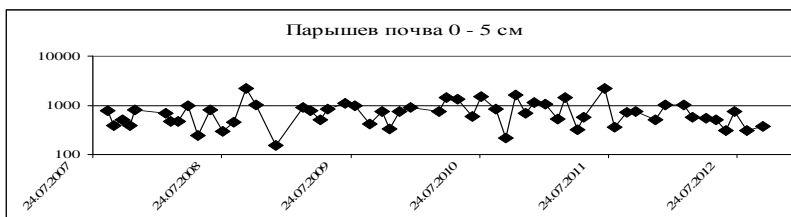
Вероятно, характеристики динамики удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  у рыб связаны с различиями гидрологических, гидрохимических параметров, температурного режима; возможно и физико-химической формы поступления  $^{137}\text{Cs}$  в исследованные водоемы.

## **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ $^{137}\text{Cs}$ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ**

**Н. Е. Зарубина**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Многолетние исследования аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в разных слоях лесных почв на территории зоны отчуждения ЧАЭС показали, что на протяжении календарного года эта величина изменяется. Колебания значений удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в опаде, подстилке, почве 0 - 5 см и почве 5 - 10 см могут достигать одного порядка (рисунков).



Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в почве, Бк/кг воздушно-сухой массы, lg.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в почве (послойно) и различными метеорологическими факторами - количеством осадков за разные периоды времени, предшествовавшими пробоотбору, а также температурой воздуха на момент отбора.

На всех полигонах исследований коэффициенты корреляции между исследованными параметрами находятся в пределах  $-0.3 < r < 0.3$ . Исходя из величины полученных коэффициентов корреляции, можно утверждать, что на величину содержания  $^{137}\text{Cs}$  в разных почвенных слоях количество осадков и температура воздуха не влияют.

Исключением является наличие слабой связи между температурой воздуха и содержанием этого радионуклида в опаде и почве 5 - 10 см (коэффициент корреляции равен  $-0.35$  и  $-0.33$  соответственно) на полигоне «Дитятки». На этом же полигоне существует слабая положительная связь между количеством осадков за 14 дней, предшествовавших пробоотбору и содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в слое лесной подстилки  $-0.35$ . На полигоне «Лелев» возможно существование слабой отрицательной связи ( $r = -0.30$ ) между количеством осадков за 7 дней и содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в слое почвы 0 - 5 см.

Практическое отсутствие влияния количества осадков и температуры воздуха (абиотических факторов) на колебания содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве говорит о возможном существовании мощного биологического фактора, который оказывает влияние на содержание этого радионуклида в разных почвенных слоях на протяжении календарного года.

### $^{137}\text{Cs}$ В РЫБАХ КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ УКРАИНЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

**О. Л. Зарубин<sup>1</sup>, Н. Е. Зарубина<sup>1</sup>, Д. И. Гудков<sup>2</sup>, Е. Н. Волкова<sup>2</sup>,  
В. В. Беляев<sup>2</sup>, А. Е. Каглян<sup>2</sup>, В. А. Костюк<sup>1</sup>, И. А. Малюк<sup>1</sup>,  
А. Б. Назаров<sup>3</sup>, А. С. Белоконь<sup>4</sup>, О. Н. Маренков<sup>4</sup>, А. А. Залисский<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

<sup>3</sup> *Государственное специализированное научно-производственное предприятие «Чернобыльский радиэкологический центр», Чернобыль*

<sup>4</sup> *Днепропетровский национальный университет  
имени Олеся Гончара, Днепропетровск*

Через 25 лет после аварии на ЧАЭС уровни удельной активности компонентов водных экосистем, в том числе промысловых видов рыб, Украины значительно снизились. Вместе с тем, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в рыбах различных водоемов существенно различается между собой, и в некоторых водоемах севера Украины продолжает оставаться довольно высокой.

Исследована удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в рыбах водоемов 30-ти километровой зоны: (р. Припять, старики и заливы р. Припять, озера, водоем-охладитель ЧАЭС, и др.), Киевского, Каневского, Запорожского водохранилища р. Днепр, Шацких озер, Черного моря в районе г. Судак.

Наибольшая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  у рыб регистрируется в замкнутых и полузамкнутых водоемах 30-ти километровой зоны - до  $n \cdot 10^4$  Бк/кг, а наименьшая - в Каневском и Запорожском водохранилищах, а также в Черном море. Обращает на себя внимание несколько повышенное, по сравнению с другими водоемами, расположенными за пределами 30-ти километровой зоны, удельное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в рыбах Шацких озер.

В докладе будет представлена карта пределов удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  у рыб крупных водоемов на территории Украины по состоянию на 2010 - 2012 гг.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ОБЪЕКТА “УКРЫТИЕ”**

**М. В. Желтоножская<sup>1</sup>, А. М. Максименко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Международная радиэкологическая лаборатория, Славутич*

Продолжены исследования топливных частиц из объекта «Укрытие». Проведены  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -спектроскопические исследования концентрации радионуклидов в отобранных образцах. По результатам исследований выделены три различные группы топливных частиц: урановые частицы, фрагменты чернобылита и фрагменты неповрежденного ТВЭЛа. Измерены концентрации  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{154,155}\text{Eu}$ ,  $^{234,235,236,238}\text{U}$ ,  $^{238-241}\text{Pu}$ ,  $^{241-243}\text{Am}$ ,  $^{243,244}\text{Cm}$ . Оценки выгорания проводились разными методами. Проводится сравнение данных о концентрации  $^{90}\text{Sr}$ , определенного разными методами. Полученные данные сравнивались с результатами теоретических расчетов.

## **ПАРАМЕТРИ БІОЛОГІЧНОЇ ДОСТУПНОСТІ $^{137}\text{Cs}$ У ТОРФ'ЯНО-БОЛОТНИХ ҐРУНТАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

**С. В. Поліщук, М. І. Малоштан**

*Український НДІ сільськогосподарської радіології*

*Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ*

Не зважаючи на те, що після аварії на Чорнобильській АЕС минуло 26 років, проблеми забезпечення радіаційної безпеки населення, що проживає на забруднених радіонуклідами територіях України, залишаються актуальними. До цього часу на території північно-західного Полісся України (Житомирській та Рівненській областях) знаходяться населені пункти, в яких середньорічні ефективні дози опромінення населення перевищують 1 мЗв/рік та споживається продукція, що не відповідає вимогам ДР-2006. Так, згідно результатів дозиметричної паспортизації 2011 р., нараховується 31 населений пункт що знаходиться у дозовому діапазоні від 1.0 до 5.0 мЗв/рік.

У даному регіоні природні ландшафти дають значну частку продукції, а доза опромінення сільського населення формується переважно за рахунок використання місцевих продуктів харчування, в основному, молока. Причина високої концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у молоці при порівняно невисоких рівнях забруднення ґрунту полягає в тому, що населення випасає худобу та здійснює заготовлю грубих кормів на природних неокультурених луках, ґрунти яких представлені рядом торф'яних і торф'яно-болотних відмін, коефіцієнти переходу та накопичення  $^{137}\text{Cs}$  з яких у рослини до 100 разів вищі ніж з мінеральних.

У 2012 р. в рамках виконання фундаментальної науково-дослідної роботи «Вивчення поведінки  $^{137}\text{Cs}$  в торф'яно-болотних ґрунтах з аномально високою біологічною доступністю» (№ д/р 0112U003002) були визначенні території з поширенням різних ґрунтових відмін торф'яно-болотних ґрунтів поблизу критичних у радіологічному відношенні населених пунктів Рокитнівського району Рівненської області, на яких було здійснено вибір та радіоекологічний опис 10 експериментальних майданчиків. В ході досліджень отримані результати щодо фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей торф'яно-болотних ґрунтів територій експериментальних полігонів. За результатами  $\gamma$ -спектрометрії ґрунтових зразків встановлено, що регіон проведення досліджень знаходиться в діапазоні щільностей забруднення території  $^{137}\text{Cs}$  від 16 до 81 кБк/м<sup>2</sup>. Діапазон значень параметрів біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_{\text{П}}$ ,  $K_{\text{Н}}$ ) з 20-см шару торф'яно-болотних ґрунтів в представницькі види трав'янистих рослин території досліджень має аномально високі величини, та становить:  $K_{\text{П}}$  - від 19.0 для ситника гострого до 282.1 для злакових трав,  $K_{\text{Н}}$  - від 0.9 до 9.7 відповідно. Варіація значень параметрів біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  між різними точками пробовідбору для *Juncus acutus* (L) становить:  $K_{\text{П}}$  - близько 13 разів ( $K_{\text{П}}$  від 19.0 до 241.5),  $K_{\text{Н}}$  - близько 9 разів ( $K_{\text{Н}}$  від 0.9 до 8.3).

З'ясування ж причин аномально високої біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  в торф'яно-болотних ґрунтах, закономірностей просторово-часової міграції в біологічних ланцюгах та розробка на їх основі контрзаходів по зменшенню переходу  $^{137}\text{Cs}$  в рослини надасть можливість покращити радіоекологічну ситуацію в критичних регіонах, а також унеможливить споживання та виробництво сільськогосподарської продукції, яка не відповідає діючим в країні гігієнічним нормативам по вмісту радіонуклідів.

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ ДЛЯ АЕРОІОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**В. І.Сахно**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Викладено результати досліджень поточного стану та перспективних шляхів створення техніки для промислового використання аероіонних технологій в галузі виробництва харчових продуктів з рибної сировини. Аналізується досвід фахівців ІЯД НАНУ у створенні низки промислових технологічних установок за останніх 20 років. Показано техніку для технологічних досліджень в переробці моресировини. Наводяться найбільш значимі результати виконаних на них досліджень. Обговорюються промислові установки для технологічних ліній переробки моресировини, впроваджені в реальне виробництво.

Обґрунтовується доцільність і актуальність створення нового покоління аероіонних технологічних установок для потреб вітчизняних виробників харчових рибних продуктів. Необхідно створити дві-три групи типової техніки - техніки для наукових і технологічних досліджень, техніки для експериментального випробування нових аероіонних технологій на реальному виробництві, а також розробляти концепції та типові конструкції промислових технологічних ліній виробництва. Розглядаються особливості техніки в цих групах, досвід створення дослідницьких установок в галузевих наукових центрах Росії, досвід здійснення технологічних досліджень українських фахівців на існуючій технічній базі.

Аналізується досвід використання в навчальному процесі, в оригінальних дослідженнях та технологічних розробках експериментальну аероіонну установку ІЯД НАНУ, де в даний час з залученням фахівців рибопереробної галузі розгорнуто масштабні дослідження шляхів використання аероіонів для виробництва харчових продуктів з прісноводних риб штучного вирощування у водоймищах України. Наведено основні позитивні результати таких розробок.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ <sup>137</sup>Cs У ЛІСОВІЙ ЕКОСИСТЕМІ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

**Г. М. Чоботько, Л. А. Райчук**

*Інститут агроєкології і природокористування НААН, Київ*

Лісова екосистема - складна структурно-функціональна єдність біологічного комплексу з середовищем його існування. Будучи відкритою термодинамічною системою, вона тісно взаємодіє з суміжними екосистемами ландшафту. Тому моделювання обігу радіонуклідів в цій екосистемі потребує попереднього визначення компартментів, найбільш значущих у процесі міграції

радіонуклідів у самій системі і поза нею.

Відомо, що процеси міграції радіонукліда елементами екосистеми стабілізувались. Винесення забруднювача за межі системи незначне, а процес її очищення забезпечується переважно розпадом  $^{137}\text{Cs}$ . Встановлено, що за величиною вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у віддалений період після аварії яруси рослинності у лісовій екосистемі утворюють такий ранговий ряд: ярус макроміцетів > ярус мохів > ярус лишайників > підріст > деревний ярус > підлісок > трав'яночагарниковий ярус.

У наведеній моделі ми враховували основні процеси, характерні для лісової екосистеми, які мають значення для міграції в ній  $^{137}\text{Cs}$  у віддалений період після аварії. Для розрахунку сумарного вмісту радіонуклідів у лісовій екосистемі ми здійснили адаптацію узагальненої моделі лісової екосистеми, розробленої Шеллом і Лінковим (1998) для географічних і кліматичних умов Українського Полісся із використанням даних, отриманих унаслідок багаторічних польових досліджень, проведених лабораторією радіоекологічного моніторингу Інституту агроєкології і природокористування НААН. Наша модель імітує часову залежність радіоактивного забруднення в таких компартментах лісової екосистеми, як «Живий надґрунтовий покрив», «Дерево», «Підстилка», «Лабільна форма  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті», «Фіксована форма  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті» та «Глибокі шари ґрунту». Побудова рівнянь моделі базується на припущенні, що швидкість перенесення речовини з однієї камери до іншої пропорційна загальній кількості речовини (чи концентрації) в джерелі (кінетика першого рівня). Математична формалізація цієї моделі має вигляд системи лінійних диференціальних рівнянь першого рівня зі сталими коефіцієнтами. Розроблена модель належить до класу динамічних моделей і є детерміністичною за своїм характером. Комп'ютерна реалізація моделі була виконана в математичному пакеті MAPLE (version 10), графіки - в MAPLE 10 та Origin 8.5.

Наші прогнози забруднення компонентів лісової екосистеми співпадають з результатами, отриманими різними дослідниками за допомогою низки моделей (W.R. Schell, 2008). Зокрема в розробленій нами моделі зберігається тенденція до повільного спаду концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в усіх компонентах лісу. Загалом зниження вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій екосистемі добре описується експоненційною залежністю і прямо залежить від фізичного розпаду радіонукліда.