

Радіобіологічне товариство України
Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
Національний університет біоресурсів і природокористування України

VI З'ЇЗД
РАДІОБІОЛОГІЧНОГО ТОВАРИСТВА УКРАЇНИ

Київ, 5-9 жовтня 2015 року

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Київ 2015

Матеріали надруковані в авторській редакції. Автори матеріалів несуть відповідальність за достовірність викладеного матеріалу.

Друкується за рішенням Радіобіологічного Товариства України від 29.05.15.

Тези доповідей VI з'їзду Радіобіологічного Товариства України

Київ, 5-9 жовтня 2015 р. – Київ: Вид-во, 2015.- 155 с.

© Радіобіологічне товариство України, 2015

Ukrainian Radiobiological Society
Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

VI CONGRESS
UKRAINIAN RADIOBIOLOGICAL SOCIETY

Kiev, 5-9 October 2015

BOOK OF ABSTRACTS

All materials are printed by author's editions.
Authors are responsible for their abstracts.

VI Congress of Ukrainian Radiobiological Society. Book of Abstracts. – Kiev, 5-9
October 2015. – Kiev: Publisher, 2015.- 155 p.

© Ukrainian Radiobiological Society, 2015

Kiev 2015

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Голова:* – Ніколаєнко С.М. голова (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
- Співголови:* – Гродзинський Д.М (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
– Гудков І.М. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
- Члени оргкомітету:* – Гуша М.І. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
– Ібатуллін І.І. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
– Кашпаров В.О. (УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України)
– Ландін В.П. (Інститут агроєкології та природокористування НААН України)
– Мельничук С.Д. (УкрННІ якості біоресурсів та безпеки життя НУБіП України)
– Остапченко Л.І. (ННЦ «Біологічний інститут» Київського національного університету імені Тараса Шевченка)
– Фещенко В.П. (Житомирський національний агроєкологічний університет)
– Цвіліховський М.І. (ННІ ветеринарної медицини та якості і безпеки продукції тваринництва НУБіП України)
- Відповідальний секретар оргкомітету:* – Куцоконь Н.К. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

Голова:

- Гродзинський Д.М. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)

Співголови:

- Базика Д. А. (Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України)
- Рашидов Н.М. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)

Члени програмного комітету:

- Войціцький В.М. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
- Гайченко В.А. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
- Гудков Д.І. (Інститут гідробіології НАН України)
- Дмитрієв О.П. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
- Дружина М.О. (Інститут проблем онкології та радіобіології НАН України)
- Іванов Ю.О. (Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України)
- Михєєв О.М. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
- Кравець О.П. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
- Кутлахмедов Ю.О. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)
- Прістер Б.С. (Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України)
- Талько В.В. (Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України)
- Хижняк С.В. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
- Цудзевич Б.О. (ННЦ «Біологічний інститут» Київського національного університету імені Тараса Шевченка)

Відповідальний секретар програмного комітету:

- Шиліна Ю.В. (Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України)

НАУКОВІ НАПРЯМИ:

1. Радіаційна біохімія і молекулярна радіобіологія.
2. Механізми дії малих доз іонізуючого опромінення та низько інтенсивної хронічної дії радіації.
3. Генетичні ефекти іонізуючого випромінювання.
4. Радіаційно-медичні ефекти та їх модифікація
5. Радіобіологія угруповань і популяцій.
6. Епігенетична складова радіобіологічних ефектів.
7. Ризики для біоти, пов'язані з підвищеними рівнями мікромутаційного процесу.
8. Радіаційний захист та модифікація радіобіологічних ефектів за різних режимів опромінення.
9. Сільськогосподарська і лісгосподарська радіоекологія.
10. Ландшафтна радіоекологія та реабілітація забруднених радіонуклідами екосистем.
11. Екологічне нормування дії радіаційного фактора на біоту.
12. Медико-біологічні ризики, пов'язані з електромагнітними полями, та їх нормування.
13. Нові методи радіобіологічних і радіоекологічних досліджень.
14. Радіобіологічна і радіоекологічна освіта.

ВСТУПНЕ СЛОВО ГОЛОВИ РТУ

ЩО ТАКЕ МАЛІ ДОЗИ ІОНІЗУВАЛЬНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Д.М.Гродзинський

*Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, м. Київ,
dmgrod@gmail.com*

Після Чорнобильської катастрофи перед радіобіологами особливу актуальність набула проблема специфіки дії малих доз іонізуючої радіації, зокрема за умов пролонгованого або ж хронічного опромінення при порівняно невеликих потужностях доз. Справді, саме такого опромінення після аварії на Чорнобильській АЕС 1986 року зазнали мільйони мешканців регіонів, на які потрапили радіоактивні викиди з аварійного реактора, а популяції чисельних видів тварин, рослин, мікроорганізмів і вірусів, які живуть на території, щедро забруднених радіоактивними продуктами поділу урану, ще й досі перебувають в полях радіації. Отож, проблема малих доз постала в усій своїй багатоаспектності. Необхідно достеменно знати відносну біологічну ефективність і малих доз, і хронічної дії радіації, виявити можливість радіопротекторних впливів стосовно стохастичних ефектів опромінення, окреслити реальні підходи до прогнозування та зниження ризиків різних захворювань, котрі супроводжують опромінення в малих дозах, а також з'ясувати, як упереджувати негативні наслідки активації мікроеволюційних процесів в популяціях біоти на забруднених радіонуклідами територіях.

Всі ці аспекти радіобіологічного знання вимагають чіткого розуміння сутності поняття «малі дози радіації». Інтуїтивно ми, здається, часом без роздумів сприймаємо цей термін. Насправді ж поняття «мала доза» має складну історію і вимагає всебічного аналізу й відповідних формулювань. Саме з метою обговорення цього питання й друкується ця стаття в збірці тез VI з'їзду Українського Радіобіологічного Товариства.

Термін «малі дози» різними авторами сприймається неоднозначно. У разі пороговості ефектів дії фактора малими дозами є їх підпорогові значення. Наприклад, у випадку спостережень над розвитком променевої хвороби до малих доз відносяться дози, при яких не виявляється кістковомозкової синдрому. У клінічній практиці під малими дозами розуміють такі дози іонізуючих випромінювань, при яких не спостерігається клінічних ефектів, прояв яких є детерміністичним ефектом опромінення. Це – дози порядку 20-50 сЗв.

У разі стохастичних ефектів дії іонізуючих випромінювань на клітини, щодо яких немає порогових значень доз, коли від значення дози залежить частота прояву ефекту, а не його інтенсивність, зміст поняття «мала доза» носить більш складний характер. Якщо йдеться про безпорогові ефекти опромінення інтервал малих доз залежить від типу спостережуваних реакцій клітин або багатоклітинних організмів на дію випромінювань. Одна справа, коли вивчається частота проліферативної загибелі клітин, і інша, коли

спостерігають герметичні явища. Звісно, чисельне значення інтервалу малих доз істотно залежить від радіостійкості конкретного виду. Добре відомо, що в межах великих таксонів усіх царств живої природи радіостійкість видів варіює на багато порядків. Тому летальні дози для одних видів можуть виявитися «малими» для інших. Прикладом високорадіостійких видів тварин можуть бути комахи в стадії імаго, а в царстві рослин - синьо-зелені гормогонієві водорості, котрі здатні виживати при опроміненні в дозах 10 000 Гр.

Можна було б в якості підстави для встановлення дозового межі малих доз прийняти наступне припущення: до малих відносяться дози, при яких молекулярні пошкодження, що виникають внаслідок опромінення, повністю усуваються системами репарації клітин. Дійсно, якби репарація ДНК або інших ушкоджуваних опроміненням мішеней була б вичерпно повною, то під малими дозами розумівся б той інтервал доз, при яких системи репарації в повному обсязі ліквідують всі типи променевих ушкоджень клітин. Однак повної репарації зазвичай не досягається, оскільки поряд з правильною репарацією ДНК зазвичай відбувається помилкова репарація, в результаті чого навіть при самих незначних дозах опромінення може спостерігатися підвищення частоти появи радіаційних дефектів. Тому зазначений підхід не може бути використаний для обмеження рівня малих доз.

Використанням відповідних методів статистики можна визначати максимальне значення дози опромінення, при якому індуковані опроміненням ефекти за певним параметром їх кількісної оцінки достовірно не підтверджується для популяції клітин або організмів (когорти). Це значення і буде позначати межу малих доз. Розрахунки, зроблені шляхом оцінки частоти виникнення солідних раків і лейкемії у людини, показують, що рівень малих доз для даного ефекту становить 20 - 40 мЗв. Разом з тим, для оцінки додаткової частоти раку потрібна велика вибірка, чисельність якої, приблизно, обернено пропорційна квадрату додаткової частоти захворювань.

Певні складнощі у визначенні інтервалу малих доз по частоті формування злоякісних пухлин пов'язані з тим, що радіаційний канцерогенез для багатьох форм цього захворювання має вельми тривалі латентні періоди, і ракова пухлина може виникати через десятиліття після опромінення. За такий тривалий час ефекти опромінення можуть маскуватися проявами дії інших факторів навколишнього середовища, що проявляють радіоміметичні властивості. На думку епідеміологів із зменшенням доз опромінення ступінь невизначеності результатів зростає до такого ступеня, що важко виявити, чи дійсно проявився ефект опромінення. Однак ця невизначеність аж ніяк не дає підстави робити висновок, що в принципі існує абсолютно безпечний рівень опромінення. Саме внаслідок цього і був сформульований принцип ALARA (as low as reasonable achievable), відповідно до якого слід прагнути гранично можливим чином зменшувати дози опромінення.

При виділенні умовної границі малих доз для людини необхідно також враховувати ряд додаткових умов, від яких залежить радіостійкість організму. Зокрема, потрібно брати до уваги вік, так як в ембріональному і ювенальному

періоді розвитку радіочутливість організму істотно вище, ніж в літньому віці, що, безсумнівно, позначається на межі доз, які можна вважати малими. Залежить радіостійкість і від умов харчування: при повноцінному харчуванні радіостійкість може бути вищою, ніж у випадку нестачі в раціоні незамінних амінокислот і жирних кислот, антиоксидантів та інших речовин, наявність яких підвищує рівень захисних і відновних процесів в організмі.

Радіобіологічні експерименти, проведені на лабораторних тваринах, рослинах, бактеріях, дріжджових і клітинних культурах дозволяють мати дуже великі вибірки. Наприклад, якщо в якості запобіжного радіобіологічного ефекту використовувати частоту реверсії гена *Waxu* в пилкових зернах ячменю, легко отримати мільярдні вибірки. Саме завдяки тому, що є можливість мати необмежено великі вибірки, досить просто уникати невизначеності в оцінці ефектів дії малих доз. В цьому - велике значення радіобіологічних досліджень на різних модельних системах.

Втім, в дослідях на лабораторних об'єктах також може вкратитися невизначеність. Наприклад, спонтанний рівень виходу хромосомних аберацій може бути настільки вагомим, що внесок в їх загальну кількість радіаційно індукованих в певному інтервалі доз не може бути статистично підтвердженим. Природно, що така недоведеність ефекту опромінення аж ніяк не означає, що таких ефектів немає: просто, їх частота мала, а вибірка недостатньо велика.

Дуже цікаву думку щодо малих доз висловив Д.М. Спітковський: клітина не зазнає опромінення, якщо в жодній з її мішеней взагалі не поглинулась енергія іонізуючого випромінювання (не відбулось «влучення в мішень»!), тому мінімальною дозою опромінення є така доза, при якій клітина отримує лише одне попадання в мішень. Логіка цього міркування бездоганна, якщо не враховувати наявності «ефекту свідка». Крім того, якщо в середньому всі клітини зазнали лише по одному влученню, то відповідна доза становить D_0 , яку, втім, навряд чи можна вважати малою.

У літературі часто під малими дозами розуміють цілком певні значення доз, зазвичай запозичені з гігієнічних норм радіаційної безпеки. Гігієнічні дозові межі пропонуються міжнародними організаціями (МКРЗ, НКДАР при ООН і МАГАТЕ). При встановленні цих дозових меж враховуються як епідеміологічні дані, так і аспекти можливих соціально-психологічних наслідків підвищення рівнів опромінення. Відповідно до Норм радіаційної безпеки межею безпечних доз є доза не вище 0,25 Зв. Однак слід зазначити, що за століття, протягом якого людина має справи з джерелами іонізуючих випромінювань, кілька разів різко знижували рівні межі доз, які вважались безпечними для людини. Наприклад, за часів М. Кюрі в якості безпечної була прийнята еритемна доза (доза, при отриманні якої виникає еритема шкіри у людини). Ця доза на пару порядків перевищувала нинішнє значення допустимої дози опромінення.

Проблема малих доз у разі хронічного опромінення трансформується в проблему «малих потужностей» доз, коли необхідно враховувати кумулятивність дози, відносну біологічну ефективність хронічного

опромінення і ряд інших особливостей реакції організму на хронічне опромінення.

Вочевидь, існує два реалістичних підходи до визначення малих доз іонізуючої радіації. Відповідно до одного з них, малої є така доза, нижче якої немає можливості виявити шкідливий вплив на здоров'я. Цей рівень був встановлений МКРЗ як 20 рад або 200 мГр. Однак, багато дослідників вважають, що межа рівню малих доз має бути значно нижчою - до 1 рад (10 мГр). Інше визначення малих доз опромінення полягає в їх ототожненні з природним фоном радіоактивності. При цьому вважається, що всі існуючі види живих істот «призвичаїлись» до цього рівню опромінення, що, до речі, експериментально не доведено. Хоча а території з підвищеним рівнем природного фону населення переважно складається з нащадків тих, хто багато поколінь проживав в умовах підвищених доз опромінення, і за тривалий період міг статися відбір на підвищену радіостійкість (на ВУРС за 60 років радіостійкість гризунів підвищилася). Проте природній фон радіоактивності істотно розрізняється в різних районах землі, тому, навряд чи можна використовувати його кількісний вимір як граничну межу малих доз.

Узагальнюючи викладене вище, можна відзначити наступне:

1. Грунтуючись на отриманих в експериментах і спостереженнях численних кривих «доза-ефект», можна припустити в якості нижньої межі «малих доз» радіації те значення дози, при якому досліджуваний ефект стає нульовим;
2. Не існує чисельно однакового значення інтервалу доз іонізуючого опромінення, яке можна було б назвати малими для всіх живих істот;
3. Для різних видів тварин, рослин, грибів і мікроорганізмів рівні малих доз варіюють в дуже широких межах. Ці рівні залежать, насамперед, від еволюційно сформованій радіостійкості конкретних видів та радіаційного ефекту, обраного для дослідження дозової залежності;
4. Радіочутливість організму залежить від стадії його розвитку і ступеня повноти раціону його харчування;
5. Результати радіобіологічних досліджень, проведених на особливо чутливих видах організмів при необмежено великих вибірках, дають підстави стверджувати, що радіобіологічні ефекти можуть реєструватися при дозах, менших 1 сГр.
6. Для детерміністичних (клінічних) ефектів опромінення вважається, що верхня межа малих доз може бути до 50 сЗв для людини;
7. Для стохастичних ефектів опромінення (виникнення ракових пухлин і лейкозів) у людини, які виявляються епідеміологічними методами, верхня межа малих доз не перевищує 20 мЗв;
8. Для виникнення ризиків, зумовлених радіаційно індукованим мікроеволюційними процесами в середовищі мікроорганізмів та інших організмів з швидким оновленням поколінь межі інтервалу малих доз можуть виявитись дуже низькими.

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

URINARY CELL-FREE DNA OF RATS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

S.A.Abdullaev, G.M.Minkabirova, A.I.Gaziev

*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics RAS, Pushchino, Russia,
saabdullaev@gmail.com*

Studies to identify molecular biomarkers in body fluids are important for noninvasive diagnostics of various pathologies and require active development. A large number of studies have shown that quantitative and structural alterations of circulating cell-free DNA (cf-DNA) in plasma/serum can be considered as prognostic and diagnostic biomarkers for a variety of human pathologies. Investigation of circulating cf-DNA in animal and human body fluids as a potential biomarker of organism response to exposure to ionizing radiation is also of great importance. We investigated changes in the contents of cell-free mitochondrial DNA (cf-mtDNA) and cell-free nuclear DNA (cf-nDNA) in the urine of X-ray exposed rats. Assays of cf-mtDNA and cf-nDNA were performed by a real-time PCR in the urine of rats collected before and after their irradiation with doses of 3 and 5 Gy. We also determined the presence of mutations in urine cf-mtDNA, as recognized by Surveyor nuclease. A sharp increase in cf-mtDNA and cf-nDNA in urine of irradiated rats was demonstrated within 24 hrs after exposure, followed by a decrease to normal levels. In all cases, the contents of cf-mtDNA fragments copies (estimated by gene *tRNA*) is significantly more as compared with the cf-nDNA (by gene *GAPDH*) in urine of rats. A certain portion of mutant cf-mtDNA fragments was detected in the urine of exposed rats, whereas they were absent in the urine of the same animals before irradiation. So, the data suggest that in the urine of rats subjected to ionizing radiation, the content of cf-mtDNA and cf-nDNA increases in the post-radiation period. The contents of cf-mtDNA and cf-nDNA in rat urine changed significantly depending on radiation dose and time after exposure. A portion of cf-mtDNA fragments in the urine of irradiated rats is presented by mutant copies, as revealed by the Surveyor nuclease assay. Thus, our study have shown that after exposure of mammals to ionizing radiation a certain number of cf-mtDNA and cf-nDNA fragments, while entering the bloodstream as a result of tissue cell death, can overcome the renal barrier and get into the urine. Such an increase in cf-DNA in the urine can be regarded as one of the potential noninvasive biomarkers to evaluate response to radiation.

This work has been supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant 12-04-31070).

**DOWNREGULATION OF CYCLIN D1 EXPRESSION
IN CLEAN-UP WORKERS OF CHORNOBYL ACCIDENT
IN REMOTE PERIOD AFTER IRRADIATION**

D.Bazyka, A.Kubashko, I.Ilyenko

*SI «National Research Center for Radiation Medicine», NAMS of Ukraine, Kyiv,
skygull11@yahoo.com*

Ionizing radiation (IR) can induce a various types of DNA instability via direct exposure or oxidative burst that disrupts the cell cycle checkpoint control and results in aberrant overexpression of cell-cycle regulator Cyclin D1. High level of Cyclin D1 contributes to deregulation of the apoptotic, GSK3 β degradation and DNA reparation pathways in exposed cells which in turn provides the cell cycle impairment thereby encouraging malignant tissue processes. Long maintenance of such metabolic disturbances can form the background for genome instability, that are observed in clean-up workers of Chornobyl accident in remote postradiation period, might be a trigger of carcinogenesis that leads to deterioration of their life quality and length.

The expression level of intracellular Cyclin D1 protein was evaluated through determination of Cyclin D1 positive cells relative number (CRN) in peripheral blood mononuclear cells by flow cytometry (FACSCalibur, BD) using FITC Mouse Anti-Human Cyclin D1 monoclonal antibody (G124-336). 26 clean-up workers 1986-1987, males, with average age ($M \pm m$) 59.1 ± 1.1 years with dose (D) of external exposure ($M \pm m$) 0.39 ± 0.10 Gy (from 0.01 to 1.80 Gy) were examined. There are chronical diseases of digestive, cardiovascular and nervous systems without tumorogenesis predominantly present in the polymorbid structure of these patients. All examinees were ranked into two groups according to the dose rage: I – (0.01-0.20) Gy; II – (0.21-1.80) Gy, which included 10 and 16 persons respectively.

It was revealed that Cyclin D1 expression was positive correlated with dose of irradiation ($r_s=0.480$; $p=0.023$). CRN of Cyclin D1+ was higher on 50.7 % ($p=0.016$) in group of patients exposed in $D>0.2$ Gy higher in compare to persons with lower dose.

Statistical significant higher CRN of Cyclin D1+ in clean-up workers of Chornobyl accident exposed in $D>0.20$ Gy that correlated with dose of irradiation may be a sign of DNA replication perturbation which associates with double-strain breaks and cell cycle impairment that can increase a risk of early preneoplastic lymphoid cells damage and cancer development in remote period. These preliminary results need further investigation of genetic evidence linking with overexpression of Cyclin D1.

ПОЄДНАНА ДІЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ ТА ЕТОПОЗИДУ НА СФІНГОМІЄЛІНОВИЙ ЦИКЛ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ-ПУХЛИНОНОСІЇВ

Т.С.Бакай, Н.А.Мітряєва, Т.В.Рубльова, Л.В.Гребіник

*Державна Установа «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва
Національної Академії медичних наук України», Харків, endokrin_lab@mail.ru*

Однією з основних причин радіорезистентності пухлин вважають порушення регуляції апоптозу. З огляду на важливу роль сфінголіпідів у апоптозі метою даного дослідження було вивчення поєднаної дії іонізуючого випромінювання та протипухлинного препарату етопозиду як радіосенсибілізатора на сфінгомієліновий цикл у сироватці крові щурів з перещепленою карциномою Герена. Експеримент проведено на щурах популяції Вістар з перещепленою карциномою Герена (54 тварини). Зону росту пухлини опромінювали фракційно на апараті РУМ-17 (рентгенівське випромінювання) та на лінійному прискорювачі Clinac 600 C (високоенергетичне фотонне випромінювання) з інтервалом між фракціями 24 години (поглинута доза на фракцію складала 5 Гр, сумарна доза – 10 Гр). Етопозид фірми «Тева» вводили внутріочеревинно за 24 години до першого сеансу опромінювання у дозі 8 мг/кг маси тіла. Декапітацію здійснювали через 24 год. після останнього сеансу опромінювання. Для визначення активності кислої Zn^{2+} -залежної сфінгомієлінази було використано [холін-метил - ^{14}C] СФМ з питомою радіоактивністю 1924 МБк/ммоль (PerkinElmer, USA). Радіоактивність зразків вимірювали за допомогою лічильників БЕТА-1. Екстракцію ліпідів із сироватки крові проводили методом Фолча. Для ідентифікації ліпідів (сфінгомієліну, цераміду) використовували стандарти цераміду та сфінгомієліну (Sigma).

Показано, що при поєднанні дії рентгенівського або високоенергетичного фотонного випромінювання та етопозиду активність кислої Zn^{2+} -залежної сфінгомієлінази зростала на 81 та 96%, відповідно, при цьому рівень проапоптозного ліпиду цераміду підвищувався у 4,4 і 4,7 разу. Таким чином, накопичення цераміду в сироватці крові щурів-пухлиноносіїв при поєднаній дії радіації та етопозиду в результаті активації кислої Zn^{2+} -залежної сфінгомієлінази може сприяти регресії пухлин шляхом індукції апоптозу клітин мікроваскулярного ендотелію.

ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ М. ЖОВТІ ВОДИ НА ЙОГО ЖИТЕЛІВ

Л.К.Бездробна¹, Л.В.Тарасенко¹, Т.В.Циганок¹, Т.В.Мельник¹, В.А.Курочкіна¹,
Н.М.Тарасьєва²

¹Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, lbezdrob@ukr.net;

²Спеціалізована медико-санітарна частина № 9, м. Жовті Води,
smsch9@ukrpost.ua

Місто Жовті Води Дніпропетровської області – єдине в Україні місто, де проводиться переробка та первинне збагачення уранової руди. Внаслідок цього жителі міста проживають в зоні довготривалого техногенного забруднення. На території міста накопичено близько 50 млн. тон радіоактивних відходів, утворені локальні ділянки з радіаційним фоном на рівні 40 – 500 мкР/год, виявлено забруднення ґрунту, води, атмосферного повітря такими радіонуклідами як ^{238}U , ^{236}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po .

Найбільш адекватним підходом для оцінки впливу радіоекологічного стану на людину є дослідження рівня хромосомного мутагенезу в лімфоцитах периферійної крові. До того ж відомо, що підвищення частоти певних хромосомних аберацій лежить в основі виникнення захворювань із генетичною компонентою. Виходячи з викладеного, *метою роботи* було дослідження частоти цитогенетичних пошкоджень у лімфоцитах крові жителів м. Жовті Води.

Обстежено 35 умовно здорових осіб віком 19 - 59 років, які не мали професійних контактів з радіаційним чинником. Використано класичний метод аналізу рівномірно забарвлених хромосом. Проаналізовано 16 755 метафазних пластинок.

Виявлено, що у жителів м. Жовті Води середня частота структурних аберацій хромосом становить: сумарних – 5,13%; хромосомного типу, характерних для дії радіаційного чинника – 1,90%, у тому числі, дицентриків+центричних кілець, найбільш специфічних нестабільних маркерів опромінення – 0,26%, з яких 0,12% зі супровідними фрагментами (відносно недавнього опромінення) і 0,14% без фрагментів (опромінення клітин у кістковому мозку); атипових моноцентриків, стабільних маркерів опромінення – 0,24%; вільних ацентричних фрагментів – 1,41%; аберацій хроматидного типу, що відображають загальну нестабільність геному – 3,22%. Дицентрики + центричні кільця виявлені у 71% обстежених осіб, при цьому центричні кільця – у 17%. Нестабільні міжхромосомні обміни зі супровідними фрагментами були в клітинах 43% осіб. Виявлені мультиаберантні клітини та клітини, що містили фрагментований хромосомний матеріал і також міжхромосомні обміни. Отримані результати вказують на значний вплив радіоекологічної ситуації у м. Жовті Води на його жителів.

ЦИТОГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОПРОМІНЕННЯ ПЕРСОНАЛУ, ЯКИЙ ВИКОНУЄ РОБОТИ З БУДІВНИЦТВА НОВОГО КОНФАЙМЕНТУ «АРКА» В ЗОНІ ДСП ЧАЕС

Л.К.Бездробна¹, Л.В.Тарасенко¹, Т.В.Циганок¹, Т.В.Мельник¹,
В.О.Сушко², С.Ю.Нечаєв², Л.І.Швайко²

¹*Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ lbezdrob@ukr.net;*

²*Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини
НАМН України”, м.Київ, pulmorad@i.ua*

З метою цитогенетичної індикації та біодозиметрії можливого радіаційного впливу на персонал, який виконує роботи з будівництва Нового безпечного конфайменту «Арка», проведено цитогенетичне обстеження двох груп осіб підрядних організацій ДСП ЧАЕС в рамках програми спеціального медико-біофізичного контролю.

Обстежено групи осіб, які виконували роботи з підготовки котлованів для нового конфайменту (22 особи – група 1) і з демонтажу вентиляційної труби об'єкту «Укриття» (12 осіб – група 2). Паралельно були обстежені групи осіб порівняння, які не мали професійних контактів із радіаційним чинником. Використано класичний метод аналізу рівномірно забарвлених хромосом. Всього проаналізовано 30 333 метафазні пластинки.

Виявлено, що середня частота найбільш специфічних маркерів відносно недавнього опромінення – дицентриків із супровідними фрагментами у групі 1 вірогідно не відрізнялася від такої у відповідній групі порівняння ($0,14 \pm 0,04\%$ проти $0,07 \pm 0,03\%$), а у групі 2 – вірогідно перевищувала контрольний рівень ($0,22 \pm 0,06\%$ проти $0,03 \pm 0,02\%$), що свідчило про більше радіаційне навантаження на останніх. За значеннями індивідуальної частоти дицентриків із фрагментами були виявлені окремі особи з персоналу, які, з великою долею ймовірності, отримали наднормативне опромінення (хоча це не слідувало з наданих даних фізичної дозиметрії) і розраховані відповідно до рекомендацій МАГАТЕ орієнтовні середні «біологічні» дози їх опромінення. Для розрахунків скористалися калібрувальною дозовою залежністю частоти дицентричних хромосом отриманою Мазнік Н.О. і Вінніковим В.А. (2004). Розрахункові дози складали: для однієї особи із групи 1 – 168 мГр і двох із групи 2 – 102,5 мГр і 299 мГр хронічного опромінення. У окремих осіб із персоналу були виявлені мультиаберантні клітини, що не виключає можливості їх внутрішнього опромінення за рахунок інкорпорації радіонуклідів.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА И ДОЛГОВРЕМЕННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОМАРКЕРОВ

В.Г.Безлепкин¹, М.Г.Ломаева¹, Л.А.Фоменко¹, Л.В.Малахова¹, М.Л.Захарова²,
Е.Н.Кириллова², А.И.Газиев¹

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской Академии наук, Россия, Пущино, bezlepin@iteb.ru*

² *Федеральное государственное унитарное предприятие Южно-Уральский институт биофизики Федерального Медико-биологического Агентства, Россия, Озерск, zakharova@subi.su*

Проведена оценка уровня полиморфизма микросателлит-ассоциированных повторов ДНК периферической крови у женщин и мужчин – работников ПО «Маяк» (г. Озерск), – подвергавшихся в период профессиональной деятельности внешнему пролонгированному воздействию ионизирующей радиации (ИР). Образцы ДНК были получены из Радиобиологического Репозитория Тканей Человека в ЮУрИБФ ФМБА и использованы при проведении ПЦР «со случайно-выбранным праймером» (AP-PCR). Анализ спектров амплифицированных фрагментов ДНК выявляет статистически значимое увеличение количества полиморфных фрагментов ДНК у лиц, подвергшихся воздействию ИР по сравнению с группой людей, не имевших контакта с источниками излучения. Пропорциональной зависимости уровня полиморфизма ДНК от суммарной дозы ИР в анализируемой выборке (более 100 работников) выявлено не было. Это может быть обусловлено: условиями воздействия ИР, перерывами в работе с источниками излучения, индивидуальными особенностями компенсаторных механизмов, элиминацией кроветворных клеток, несущих генетические изменения. Последнее обстоятельство представляется существенным с учетом разных временных интервалов (годы и десятилетия) между окончанием воздействия ИР и временем отбора крови для анализа у профессионалов. Несомненный интерес представляет сопоставление итогов общих медико-биологических оценок состояния здоровья обследованных лиц и результатов генетических анализов. Выявлен более высокий уровень полиморфизма амплифицированных фрагментов ДНК у работников–женщин ПО «Маяк», не подвергавшихся воздействию радиации в сравнении с такими же работниками–мужчинами. Есть основания полагать, что определение уровня полиморфизма микросателлит-ассоциированных повторов ДНК может быть средством выявления повышенной индуцированной генетической изменчивости, но не мерой ее количественной оценки в отдаленные сроки после облучения.

ВОДИ З НИЖНІХ ВІДМІТОК ОБ'ЄКТУ «УКРИТТЯ» ЯК СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

В.Бережна², О.Одінцов¹, О.Сенюк³, В.Хан¹, В.Ковальов¹, М.Круль¹, Л.Паламар¹, Г.Петелін¹, Н.Рашидов²

¹*Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України*

²*Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України*

³*ООО «Мікотон», e-mail:olga.seniuk@yahoo.com*

На нижніх відмітках об'єкту «Укриття» існують постійні водні скупчення, загальний об'єм яких коливається від 320 до 340 м³. Вони утворились завдяки наявності у легкій покрівлі отворів і дефектів, через які постійно проникають атмосферні осаді. Потрапляючи всередину, дощова вода і сніг, що розтанув, рухаються вниз, взаємодіючи з бетоном, а також зі скупченнями паливовмісних матеріалів, руйнують паливну матрицю і вилужнюють розчинні форми радіонуклідів і компоненти матеріалів будівельних конструкцій. Інші джерела поповнення водних скупчень – вода, що подається для бурових робіт, а також для здійснення пилопригнічення і дезактивації. Плюсові температури і висока вологість всередині «Укриття» сприяють формуванню специфічних біоценозів.

Проведено мікроскопічне дослідження зразків води, отриманих з 10 стаціонарних точок в об'єкті «Укриття» за допомогою мікроскопа «JENAVAL», Carl Zeiss. Для аналізу використовували методи висячої краплини, роздавленої краплі, вітальне фарбування та фарбування фіксованих препаратів барвником метиленовим синім. Цими ж методами вивчали осад, що утворився після центрифугування зразків 5 хв. Фактично це були лужні розчини з діапазоном значень рН від 9,0 до 10,2, утворені високими концентраціями карбонат- (від 20 до 630 мг/дм³) і гідрокарбонат-іонів (від 160 до 1570 мг/дм³). Сумарна активність водних скупчень залежить від розчинених ізотопів цезію, яка в зібраних зразках коливалась від $1,6 \cdot 10^4$ до $3,1 \cdot 10^7$ Бк/л, ⁹⁰Sr, що визначалась у межах від $7,4 \cdot 10^2$ до $7,3 \cdot 10^7$ Бк/л, альфа-випромінюючих трансуранових елементів (²³⁸Pu + ²³⁹⁻²⁴⁰Pu + ²⁴¹Am + ²⁴⁴Cm + ²⁴²Cm), що змінюється від $1,7 \cdot 10^6$ до $8,3 \cdot 10^7$ Бк/м³, при цьому внесок ²⁴¹Am становить 80 %. Частинки твердої фази утворюють доні відкладення, які лише у приміщенні 001/3 містять понад 50 кг урану і не менше 10^{14} Бк біологічно небезпечних радіонуклідів.

Незважаючи на несприятливі умови у водних скупченнях всередині «Укриття» існує велике різноманіття мікроорганізмів. Бактерії і найпростіші виявляються у всіх зразках, проте їх кількість і видовий склад відрізняється. В одних зразках присутні в основному бактерії великого розміру, що є рухливими паличками, які попарно розміщені в желеподібній речовині, оточеній спільною капсулою. Спостерігаються також окремі палички менших розмірів і групи бактерій у вигляді різноманітних ниток. У всіх зразках можна виявити найпростіших з поглинутими бактеріями. Є екземпляри круглої і овальної форми, покриті війками, очевидно інфузорії, іноді зустрічаються екземпляри менших розмірів зіркоподібної форми, які окрім війок мають один довгий джгутик. Відомо, що бактерії здатні інтенсивно накопичувати радіонукліди,

впливаючи на їх міграційні властивості. На противагу їм найпростіші організми в результаті перетравлення бактерій вивільняють радіонукліди у вигляді більш рухливих сполук. В свою чергу виділення найпростіших стимулюють розвиток і бактерій.

Отже, наявність, прогресивний розвиток і зміна біологічних властивостей мікробіоти у внутрішніх приміщеннях може впливати на стан радіаційної і екологічної безпеки «Укриття».

ТРАНСГЕНЕРАЦІЙНІ ЗМІНИ У КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН, ВИРОЩУВАНИХ В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ

В.В.Бережна, В.І.Сакада, М.М. Данченко, С.В.Літвінов, О.Г.Нестеренко,
Л.Д.Нестеренко, Н.К.Куцоконь, Н.М.Рашидов

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Починаючи з 2007 року вирощували сою та льон на радіоактивно забрудненій ділянці в Чистогалівці та відносно чистій ділянці в Чорнобилі, використовуючи щорічно зібране насіння для посіву в наступному році. При цьому проводили вимірювання радіоактивності оточуючого середовища, забруднення ґрунту радіонуклідами, досліджували перехід радіонуклідів з ґрунту в рослини, а також проводили моніторинг радіоактивного осаду на поверхні рослин. Отримані дані свідчать, що більш ніж 90% дози у рослин накопичується від зовнішнього оточення, доза ж від внутрішньо накопичених радіонуклідів зазвичай становить менш ніж 10% від загальної дози. Дозу від радіонуклідних осадів складно розраховувати, але нехтувати нею не можна, оскільки до складу цих осадів входять радіонукліди, при розпаді яких утворюються щільні треки з альфа- та бета- частинок, безпосередньо діючих на апекси рослин. Семирічний експеримент з культурними рослинами в Чорнобильській зоні показав поступове погіршення якості насіння, зниження продуктивності рослин, підвищення їх чутливості до різних патогенів, затримку в розвитку рослин, в тому числі і початку та часу цвітіння, збільшення частки стерильного насіння. При провокаційному опроміненні насіння сої в лабораторних умовах гострим опроміненням в дозах від 50 до 300 Гр було виявлено значні відміни у насіння сої з Чистогалівки по відношенню до контролю як по проростанню так і по виходу хромосомних аберацій, що свідчить про накопичення в генетичному матеріалі насіння численних прихованих, нерепарованих пошкоджень, які переходять від покоління до покоління. Таким чином, відмінності в радіобіологічних ефектах у насіння з забрудненої радіонуклідами ділянки по відношенню до контрольного говорять про значні генетичні та епігенетичні зміни у рослин, які виростили за умов трансгенераційного впливу хронічного опромінення.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАБОЛІЧНИХ ЗМІН У РОСЛИН СОЇ ТА ЛЬОНУ ДРУГОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЗА УМОВ ХРОНІЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛІВ СИНТЕЗУ БІЛКІВ В НАСІННІ

В.Бережна¹, В.Сакада¹, М.Данченко¹, М.Хайдук², Н.Рашидов¹

¹*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,*

²*Інститут генетики рослин і біотехнології Словацької Академії Наук, Нітра*

Експерименти, проведені в Чорнобильській зоні з 2007 по 2014 гг. з культурними рослинами сої та льону, показали поступове погіршення насіннєвого матеріалу, зменшення продуктивності рослин. Для дослідження метаболічних змін, які відбуваються за умов дії хронічного опромінення, визначали та порівнювали профілі накопичення білків, які входять до різних функціональних груп і задіяні як ключові білки у метаболізмі клітин, вивчали зміни профілю синтезу білків у насінні другого покоління рослин сої та льону, вирощених на ділянках в Чорнобильській зоні з різними рівнями радіоактивного забруднення, в фазах 2-х, 4-х і 6-ти тижнів після цвітіння, а також в зрілому насінні. Кількісний протеомний аналіз проводили з використанням двомірного електрофорезу (2-DE) та тандемного мас-спектрометра.

Спостерігали за профілем розвитку по 199 протеїнах, 79 з яких були достовірно визначені. На основі отриманих даних було статистично достовірно доведено, що підвищується ізоморфність білків, пов'язаних з піруват-біосинтезом і задіяних в цитоплазматичному гліколізі L-малатдегідрогенази, ізоцитратдегідрогенази, і в окисленні етанолу до ацетальдегіду в початкових фазах розвитку насіння. За допомогою статистичного аналізу достовірно показано, що ці процеси активуються, слідує за збільшенням ізоформ кетоцилсинтетази I (ацил-зв'язаний протеїн), пов'язаної з конденсацією малоніл-АСР, з елонгацією ланцюгів жирних кислот.

На основі даних, отриманих для насіння першого і другого поколінь сої та льону, зібраного на ділянках з високим рівнем забруднення радіонуклідами в зоні Чорнобильської АЕС, була запропонована модель адаптації рослин до антропогенного фактору. Одне з основних положень цієї моделі – зміна в метаболічному біохімічному шляху асиміляції CO₂ і біосинтезу жирних кислот, що є інтегральною частиною трансгенераційної відповіді рослин сої та льону на дію хронічного опромінення.

РОЛЬ ^{137}Cs У ФОРМУВАННІ РІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ ДОЗИ МОЛОДОГО НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Ю.О. Бондар

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
bondar_yuliya@i.ua*

Річна ефективна доза опромінення населення України, зокрема молоді, формується під впливом багатьох факторів. Від щільності забруднення радіонуклідами території проживання, гранулометричного та агрохімічного складу ґрунту, видів сільськогосподарських культур, які вирощуються на досліджуваній території, а також соціально-економічних переваг у виборі харчових продуктів населенням залежить, головним чином, кількість радіонуклідів, що надходить в організм людини. Хоча, основним постачальником ^{137}Cs в організм людини є молоко і м'ясо.

Наші дослідження проводились на базі навчальних лабораторій кафедри радіобіології та радіоекології НУБіП України. Експериментальні дані були отримані і опрацьовані впродовж чотирьох років, з 2011 року по 2014 рік, у молодого населення України, студентів університету, віком від 17 до 22 років. Наукові дослідження проводили за допомогою радіометричного приладу спеціального призначення РУБ-01-П6 та стандартної методики, описаної у його паспорті.

Рекомендований рівень річної ефективної еквівалентної дози для осіб категорії В, до якої входить оглянута група осіб, згідно НРБУ-97, складає $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Наші дослідження показали, що вміст ^{137}Cs в організмах молодих людей коливався у широких межах і сформована цим радіонуклідом річна ефективна доза складала від $1,00 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ до $0,29 \text{ сЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Максимальний усереднений рівень цього показника був відмічений у 2011 році і складав $0,42 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, у наступні два роки середня річна доза була дещо нижчою, а у 2014 році знову виросла до показника 0,39.

Не зважаючи на те, що випадки перевищення річної ефективної дози зустрічались вкрай рідко, а у більшості осіб цей показник складав третину норми, він був розрахований на основі вмісту лише ^{137}Cs . І, якщо врахувати внесок інших джерел іонізуючого випромінювання, як природного, так і штучного походження, у переважної більшості досліджуваних осіб річна норма буде перевищена. Звичайно, доза у декілька мілізівертів на рік не призведе до появи ніяких соматичних ефектів, проте генетичні, особливо при комбінованому впливі «малих» доз та токсичних речовин, дуже імовірні. Це пояснюється тим, що при низьких рівнях опромінення клітина не відчуває загрози і тому не застосовує систему захисту, що призводить до ураження молекули ДНК та накопичення у поколіннях генетичного «сміття».

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕПАРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДНК В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРАЙМИРОВАНИЯ СЕМЯН

И.И.Бубряк¹, А.И.Дяченко², О.А.Бубряк¹, Д.М.Гродзинский²

¹*Оксфордский университет, Оксфорд, Великобритания,*

olga.boubriak@dpag.ox.ac.uk

²*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины,
Киев*

Стимулирующие обработки семян осмотиками (праймирование) приводят к активации в них биохимических процессов, дают возможность клеткам зародышей восстановиться от повреждений и завершить необходимые этапы подготовки к прорастанию, что повышает качество посевного материала. Вопрос оптимизации процесса праймирования для разного генетического материала до сих пор не решен. Поэтому поиск молекулярного маркера, который указывал бы на оптимальный уровень праймирования, является очень актуальным.

Цель работы $\ncong$ изучение молекулярных и клеточных процессов, которые происходят во время праймирования в зародышах семян сахарной и кормовой свеклы.

Проанализировано влияние различных режимов праймирования на состояние ДНК в зародышах семян. Установлено, что стимулирующие обработки приводят к повышению содержания высокомолекулярной ДНК в клетках за счет репарации ДНК. В ходе высушивания праймированных семян происходит накопление низкомолекулярной ДНК, содержание которой пропорционально интенсивности праймирования. Оказалось, что репаративный синтез ДНК в первые часы прорастания семян свеклы отражает интенсивность репарации повреждений ДНК, накопленных во время праймирования.

Эффективность репарации обработанных семян тестировали внесением дополнительных повреждений в ДНК клеток зародышей гамма-облучением. Оказалось, что потенциальная способность репаративных систем к восстановлению от таких дополнительных повреждений ДНК вместе с уровнем индукции фермента ДНК-лигазы I может служить достаточно надежным маркером оптимальности праймирования.

Проведен анализ влияния различных режимов праймирования на фрагментацию ДНК в зародышах семян. У перепраймированных семян происходит накопление упорядоченной по размерам нуклеосомной ДНК, что указывает на процесс апоптоза у некоторых клеток зародышей. Однако, такое накопление происходит только у существенно перепраймированных семян и не может служить молекулярным маркером оптимальности процесса праймирования.

Показано, что апоптотная гибель некоторого числа клеток зародышей и, как результат, накопление нуклеосом в образцах, происходит у перепраймированных семян еще до этапа их высушивания и, следовательно, может быть использована для анализа процесса праймирования.

Обнаружена положительная корреляция между уровнем накопления нуклеосом в образцах зародышей сахарной свеклы и их жизнеспособностью при длительном хранении семян, что позволяет оценивать качество праймированных семян при хранении по содержанию в них нуклеосом.

Дальнейшие исследования динамики накопления нуклеосом непосредственно в процессе праймирования семян позволят разработать надежный (и простой для использования в производстве) маркер оптимальности их праймирования и минимизировать риски, связанные с их перепраймированием.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЕФЕКТІВ У ПОПУЛЯЦІЯХ *CLETHRIONOMUS GLAREOLUS* З РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

О.О.Бурдо, А.І.Липська, О.А.Сова, Н.К.Родіонова

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, lypska@kinr.kiev.ua
Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології НАН України,
Київ*

В роботі дана оцінка цитогенетичних, гематологічних та морфологічних показників рудої нориці (*C. glareolus*) з радіаційно забруднених територій ЗВ ЧАЕС.

Потужність експозиційної дози γ - випромінювання в місцях відлову тварин була в межах від 600 до 3000 мкР/год. Щільність забруднення території ^{137}Cs була 13ч62 МБк/м²; а ^{90}Sr - 2,7ч15,6 МБк/м². Вміст радіонуклідів у тілі мишоподібних гризунів змінювався в широких межах : ^{137}Cs -200-1450 кБк/кг, ^{90}Sr – 100-1700 кБк /кг.

Встановлено, що в клітинах кісткового мозку (ККМ) мишоподібних гризунів у ряді поколінь, що мешкали на радіаційно забруднених територіях, все ще зберігається підвищений, порівняно з контрольною групою, мутаційний процес. Аналіз результатів цитогенетичних досліджень ККМ рудих нориць з ЗВ ЧАЕС виявив підвищений рівень апоптичних, двоядерних, клітин з мікроядрами (МЯ) та передчасною конденсацією хромосом, у порівнянні з контрольною групою. При цьому спостерігали появу клітин з множинними МЯ. Аналіз багаторічних досліджень цитогенетичних порушень в ККМ нориць виявив тенденцію до зменшення кількості клітин з МЯ з часом, що ймовірно зумовлено зниженням дозового навантаження, а також більш високою радіорезистентністю тварин у наступних поколіннях.

За даними гематологічних досліджень встановлено, що при відсутності статистично достовірної різниці між кількісними показниками периферичної крові у тварин з забруднених територій та контрольної групи, спостерігали якісні зміни в системі кровотворення: порушення процесів дозрівання клітин еритроїдного ряду, формування осередків кровотворення в печінці та селезінці.

Дослідження морфофізіологічних параметрів виявило зміни морфологічних характеристик у тварин з ЗВ ЧАЕС внаслідок порушення метаболічних та енергетичних процесів в організмі хронічно опромінюваних тварин.

Таким чином, сукупність отриманих результатів та даних літератури вказує на складні пристосувально-адаптаційні процеси, що відбуваються в популяціях тварин у зоні радіоактивного забруднення за дії комплексу радіоекологічних факторів. Результати досліджень можуть бути використані для науково-обґрунтованого прогнозу наслідків тривалого опромінення природних популяцій.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКОЙ СВАРКИ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ И НАНОСТРУКТУРНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

А.А.Вазина¹, А.А.Васильева¹, А.В.Забелин^{1,2}, А.Ю.Грузинов², В.Н.Корнеев³,
С.Е.Подпрятков^{4,5}, С.С.Подпрятков^{4,5}, Г.С.Маринский⁴, С.Г.Гичка⁵, А.В.Чернец⁴,
В.А.Ткаченко⁴

¹ *ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
Россия,
vazina@mail.ru*

² *НИЦ «Курчатовский институт», Россия*

³ *ФГБУН Институт биофизики клетки РАН, Россия*

⁴ *Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины*

⁵ *Киевская городская клиническая больница № 1, Украина*

Выяснение структурного механизма функциональной активности биологических систем является центральным вопросом современной биофизики. Концептуальная революция в области изучения наноструктурированных систем, в свою очередь, обусловлена инструментальной революцией, связанной с развитием структурных методов на основе использования синхротронного излучения. В последние годы в медицине по инициативе академика Б.Е. Патона широкое применение нашла высокочастотная электросварочная хирургия. Целью данной работы является исследования влияния электромагнитных полей и других физических воздействий высокочастотной электрохирургической сварки на молекулярную и наноструктурную динамику биологических тканей. Структурные исследования методами рентгеновской дифракции под малыми и большими углами с использованием синхротронного излучения накопителя «Сибирь-2» проводили на разработанной нами станции ДИКСИ в НИЦ «Курчатовский институт», Москва. В экспериментах использовался разработанный в Институте электросварки им. Е.О. Патона НАНУ аппарат ПАТОНМЕД ЕКВЗ-300. В докладе приводятся экспериментальные данные по изменению

молекулярной и нано-структуры различных биологических тканей: артерий, вен, лимфатической, нервной, желудка и кишечника, скелетной мышцы, кокона шелкопряда *Antheraea mylitta* и других. Предлагается оригинальная концепция, постулирующая роль силовых полей различной природы в формировании гетерофазных функционирующих структур с когерентными границами в гигантских мультидоменных линейных наноструктурах, упорядоченных не обязательно по кристаллографическому закону.

Работы выполняются при поддержке гранта РФФИ № 14-44-03667 р_центр_a

ФІЗИКО-МОЛЕКУЛЯРНИЙ (НЕФЕРМЕНТАТИВНИЙ) МЕХАНІЗМ РАДІАЦІЙНОГО АНТАГОНІЗМУ ТА ГОРМЕЗИСУ ПРИ КОМБІНОВАНІЙ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА ВІЛЬНИХ РАДИКАЛІВ НА ДНК

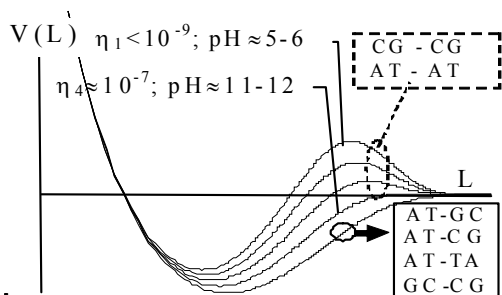
В.І.Висоцький¹, А.А.Корнілова²

¹Київський національний університет імені Т. Шевченка, vivysotskii@gmail.com

²Московський державний університет імені М.В.Ломоносова

Розглядається проблема радіаційної стійкості ДНК і **умова саморепарації подвійних розривів ланцюгів ДНК** (які не репаруються легазою), **викликаних дією іонізуючого опромінення**. Аналіз показує, що енергія $V(L)$ взаємодії між двома парами нуклеотидів на протилежних сторонах подвійного розриву ДНК шириною L визначається двома механізмами: 1) кулонівською взаємодією екранованих зарядів нуклеотидів q_n ;

2) силами Казіміра, які залежать від діелектричної проникності нуклеотидів (A, T, G, C) та міжмолекулярної рідини. При малій (природній) концентрації гідратованих електронів η і важких іонів в рідині енергія взаємодії двох кінцевих пар ($AT-AT$, $CG-CG$) відповідає антирепараційному бар'єру висотою $V(L_0) = (2-3) kT$, розташованому при $L_0 = 6-8$ А. При збільшенні η бар'єр зменшується і зникає



(рис.). Для інших можливих кінцевих пар ($AT-TA, AT-GC, CG-GC, AT-CG$) бар'єр відсутній і після початкового розриву ДНК іде його **спонтанна саморепарація**.

Дія іонізуючого опромінення веде до формування додаткових іонів, які, змінюючи діелектричну проникність рідини $\varepsilon(\omega)$ та екрануючи заряди нуклеотидів q_n , зменшують антирепараційний бар'єр $V(L_0)$ і водночас формують нові розриви. Таким чином, наслідком опромінення ДНК є два протилежні процеси: **а) формування додаткових парних розривів, б) зниження антирепараційного бар'єру і ліквідація парних розривів ланцюгів (саморепарація ДНК).**

На основі цих процесів проведено дослідження динаміки деполімеризації

(деградації) та саморепарації ДНК при наявності різних типів іонізуючого опромінення та дії вільних радикалів нерадіаційного походження. **Основні результати аналізу цієї динаміки:**

* **Малій тривалості** опромінення Δt відповідає **лінійний (адитивний) ефект** – кількість парних розривів пропорційна сумі доз опромінення $Q_{Rad}=J_{Rad}\Delta t$ і дії вільних радикалів Q_{FR} .

* **Малоінтенсивному опроміненню** (при $J_{Rad} < Q_{FR}/\Delta t$) відповідає явище **гормезису**: зменшення кількості N_2 парних розривів ДНК (викликаних дією вільних радикалів) при зростанні інтенсивності J_{Rad} опромінення, яке стимулює саморепарацію ДНК.

* У разі **спільної дії двох різних видів опромінення** ($X, \gamma, n, \beta^\pm, \dots$) можливе явище **радіаційного антагонізму**: кількість парних розривів ДНК, викликаних одним видом опромінення, зменшується зі збільшенням інтенсивності іншого виду опромінення.

* Порівняння дії **хронічного та гострого опромінення** визначає **ефект радіаційної інверсії**: при **середній дозі** найбільша деградація ДНК відповідає **хронічному опроміненню**, а при **великій дозі** – **гострому (короткотривалому) опроміненню**.

Ці сценарії добре узгоджуються з результатами відомих радіобіологічних експериментів.

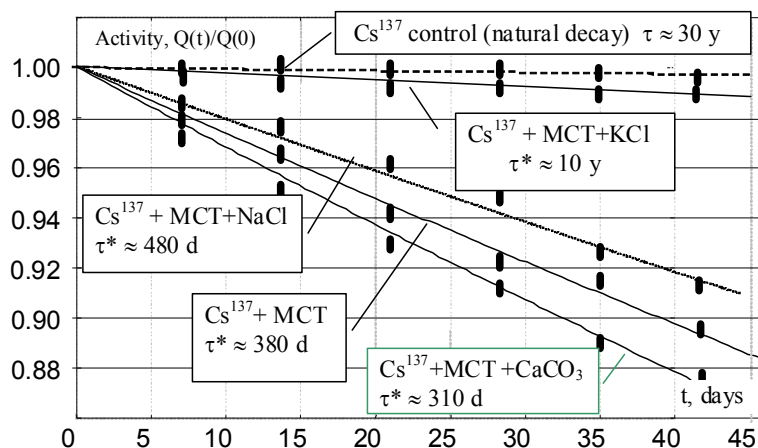
ЯДЕРНА ТРАНСМУТАЦІЯ ІЗОТОПІВ ТА САМОУТИЛІЗАЦІЯ РАДІОНУКЛІДІВ В МІКРОБІОЛОГІЧНИХ КУЛЬТУРАХ І ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

В.І.Висоцький¹, А.А.Корнілова²

¹Київський національний університет імені Т. Шевченка, vivysotskii@gmail.com

²Московський державний університет імені М.В.Ломоносова

Представлені результати досліджень керованих **ядерних реакцій в живих біологічних системах** [1-4] і застосування цих ефектів в радіоекології. Приведені експериментальні дані по **трансмутації стабільних ізотопів** (зокрема в реакціях $Mn^{55} + d^2 = Fe^{57}$ в D_2O та $Cs^{133} + p^1 = Ba^{134}$ в H_2O [1]) в зростаючих мікрокультурах. Визначена швидкість трансмутації ізотопів:



$\eta \approx 10^{-8} \text{ c}^{-1}$ (синтезованих ядер Fe^{57} або Ba^{134} на кожну пару ядер (Mn^{55}, d^2) або (Cs^{133}, p^1) за 1 сек для **чистих культур** *Escherichia coli* і *Deinococcus Radiodurans* та $\eta \approx 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ для **синтрофних мікробіологічних асоціацій** (“MCT compound”).

На основі “MCT” проведені експерименти і

досліджена ефективність **трансмутації і деактивації реакторних радіоізоотопів**. Результати експериментів по трансмутації (прискореній утилізації) і перетворенню **реакторного радіоізотопу** Cs^{137} в **стабільний ізотоп** Ba^{138} за рахунок реакції низькоенергетичного ядерного синтезу $Cs^{137} + p = Ba^{138}$ в процесі зростання синтрофних асоціацій з супутнім швидким зменшенням (утилізацією) концентрації Cs^{137} представлені на рисунку. Показано, що процес керованого метаболізму і наявність в рідинному середовищі з радіонуклідами різних хімічних елементів дуже суттєво впливає на ефективність ядерних реакцій в живих організмах. При оптимальному (з досліджених) хімічному складі середовища ефективний час утилізації Cs^{137} **зменшується в 35 разів** від «природного» часу життя Cs^{137} за рахунок спонтанного розпаду $\tau \approx 30$ років до «періоду оптимальної трансмутації» $\tau^* \approx 310$ днів. Розглянуті біологічні передумови та фізичні механізми ядерних перетворень в біологічних об'єктах. Ефект «**біоутилізації**» **радіонуклідів** може бути використаний для деактивації радіоактивної води та оточуючого середовища при аваріях на АЕС (Чорнобиль, Фокусіма).

РОЗРОБКА ПРИКЛАДНИХ ПРОГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИТОГЕНЕТИЧНИХ МАРКЕРІВ ДЛЯ ПАЦІЄНТІВ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ

В.А.Вінніков

*ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», Харків
vlad.vinnikov@mail.ru; imr.nauka@ukr.net*

В реальних умовах променевої терапії (ПТ), навіть при використанні сучасних технологій планування і підведення радіаційної дози до пухлини, у нормальних тканинах і органах виникають променеві реакції та ускладнення, що перешкоджають проведенню ПТ у повному обсязі, викликають позапланові перерви курсу опромінення, істотно знижують якість життя хворих і загальну ефективність протипухлинного лікування. Тому проблема прогнозування ускладнень ПТ має постійну актуальність в царині клінічної радіобіології. Привабливим методом для створення прикладних рішень у цій галузі є цитогенетичний аналіз, заснований на кількісному обліку аберацій хромосом у лімфоцитах крові людини.

На підґрунті результатів комплексного дослідження цитогенетичних ефектів *in vivo* у поєднанні із клініко-катамнестичним аналізом у репрезентативних вибірках хворих на рак грудної залози і раки жіночих статевих органів під час стандартних курсів ПТ було розроблено й апробовано два підходи до використання цитогенетичних даних у практиці радіобіологічного моніторингу небажаних наслідків терапевтичного опромінення.

Перший підхід полягає у впровадженні нової моделі динаміки накопичення хромосомних пошкоджень у лімфоцитах хворих під час ПТ, яка

зв'язує радіаційну індукцію аберацій хромосом та інтерфазної загибелі лімфоцитів, кінетику циркуляції лімфоцитів і темпи оновлення їх резидентного екстравакулярного пулу із конкретною схемою розподілу дози за сеансами ПТ. Модель дозволяє визначати, серед іншого, порушення мікроциркуляції та розвиток лімфостазу в опромінюваній ділянці тіла, спустошення резервного пулу лімфоцитів і помилкові зміни режиму опромінення.

Другий підхід засновано на обробці об'єднаних цитогенетичних і катамнестичних даних методом головних компонент і побудові множинних лінійних регресій (МЛР), в яких комбінація цитогенетичних і клінічних параметрів вможливорює прогностичну оцінку променевих ускладнень. Більшість таких МЛР дає >75% вірних прогнозів у вибірці.

Пропонується подальше удосконалення обох підходів шляхом введення параметрів розподілу аберацій по клітинах до відповідних математичних алгоритмів.

Дослідження виконано в межах НДР шифр НАМН 01.11 і шифр НАМН 06.14.

NEW MATHEMATICAL INTERVENTIONS FOR INCREASING THE ACCURACY OF RADIATION BIODOSIMETRY BY CHROMOSOMAL ANALYSIS

V.A.Vinnikov

*SO «Grigoriev Institute for Medical Radiology of the NAMS of Ukraine», Kharkiv,
vlad.vinnikov@mail.ru, imr.nauka@ukr.net*

Current methodology of chromosomal biodosimetry provides the dose estimates, which are sufficient for many radiological scenarios. However, serious difficulties in the interpretation of cytogenetic data and large uncertainties in dose estimates occurred in numerous 'real life' situations, especially if they included partial body irradiation (PBI), gradient dose distribution (GDD) and radiation exposure to tissue/organ damaging or life threatening doses.

In trying to overcome this problem a specific research was carried out and several mathematical solutions were developed and tested against appropriate sets of experimental data. The list of addressed questions included: (1) Limits of the applicability of the linear quadratic (LQ) model for fitting the dose response for chromosome damage yield in the extended range of radiation doses; (2) The dose dependent "see-saw" effect for linear and quadratic terms of the LQ model; (3) Alternative formalisms for the deviation of cytogenetic dose response from classic LQ model; (4) The possibility of "tailoring" the dose-response to the specific scenario of radiation exposure, considering dose range and the degree of exposure heterogeneity; (5) The ratio between desired/possible levels of accuracy of dose estimates and the time required/available for cytogenetic analysis; (6) The optimum time schedule for provision the emergency/expertise biodosimetry service, depending on the overall workload; (7) The impact of *in vivo* factors, such as the localization of

irradiated area, the compensation of the lymphocyte interphase death and the background formed by past PBI; (8) The differential identification of PBI / GDD scenarios from the profile of the simultaneous fits of the aberration-per-cell distribution to several statistical models. Taken together, these developments allowed the remarkable increase of the accuracy of radiation biodosimetry in complicated exposure scenarios.

These novel approaches and lines of research were explored in the framework of classic statistical methodology. The alternative is Bayesian analysis, which combines the measured data and relevant uncertainties with prior knowledge about radiation dose or aberration yield. Recent developments in this area applied to practical radiation biodosimetry, including various scenarios of PBI, are briefly reviewed.

This study was supported by the IAEA Coordinated Research Project 3.50.08, RC 17079.

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЮВАННЯ ЛЮДИНИ ВІД ПРИРОДНИХ ТА ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

В.М.Войцицький, О.А.Лапоша

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
ElenaLaposha@bigmir.net*

Для визначення еквівалентної дози опромінювання людей від природних та штучних джерел іонізуючої радіації існує декілька підходів:

1. На основі визначення усередненого природного фону, можливої медичної діагностики з використанням іонізуючих випромінювань або радіоізотопів, радіоактивних опадів унаслідок ядерних вибухів, аерозольних викидів ядерних реакторів (без урахування радіаційних аварій), опромінення від споживчих товарів, які є джерелами іонізуючого випромінювання оцінка дози опромінювання наведена в табл.1:

Таблиця 1 – Джерела опромінення та середньорічні еквівалентні дози опромінення людини

Джерело опромінення	Еквівалентна доза, мЗв/рік	Відсоток у сумарну дозу, %
Природний радіаційний фон з урахуванням випромінювання від будівельних матеріалів, авіатранспорту, викидів теплових електростанцій	1,7	69,5
Медична діагностика	0,72	29,2
Радіоактивні опади внаслідок ядерних вибухів	$2 \cdot 10^{-2}$	0,8
Споживчі товари (телевізори, годинники та ін.)	$1,2 \cdot 10^{-2}$	0,4
Радіоактивні газоаерозольні викиди ядерних реакторів (без урахування аварій)	$1 \cdot 10^{-5}$	0,001
Всього (округлено)	2,4	99,9

2. Оцінка доз опромінення від земного і космічного випромінювання, інкорпорованих в організмі радіоізотопів з урахуванням родону (табл.2):

Таблиця 2 – Еквівалентні дози опромінення людини від природних джерел радіоактивності

Джерело опромінення	Еквівалентна доза, мЗв/рік	Відсоток у сумарну дозу, %
Земне γ -випромінювання	0,46	19,2
Космічне випромінювання	0,39	16,2
Інкорпоровані радіоізотопи (за винятком родону)	0,23	9,6
Родон та продукти його розпаду	1,32	55,0
Всього	2,4	100

У цих підходах середньорічна еквівалентна доза опромінювання людини відповідає близько 2,4 мЗв/рік.

Більша частина еквівалентної дози опромінення, яку людина отримує від природних джерел іонізуючої радіації, утворюється саме за рахунок джерел земного походження.

Згідно чинного НРБУ – 97/Д – 2000 ліміт еквівалентної дози переопромінення, встановлено 1 мЗв/рік (категорія В, все населення, що зазнає опромінення), тобто менше, ніж еквівалентні дози опромінення від природних і штучних джерел.

РОЗРОБКА БАЗИ ДАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЦИТОГЕНЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ В ІНСТИТУТІ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

О.В.Гайдар, Л.К.Бездробна, Т.В.Мельник

Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, gaidar@kinr.kiev.ua

З метою підвищення ефективності аналізів результатів цитогенетичних обстежень різних категорій населення України, що протягом тривалого часу проводяться в ІЯД НАН України, було створено пілотний проект бази даних цитогенетичних показників у культурі лімфоцитів периферійної крові людини. База побудована на основі традиційного підходу до створення реляційних баз даних з використанням СУБД MS ACCESS. Вона включає в себе 7 таблиць, що пов'язані між собою: табл.№1 – дані про обстежену особу (кодовий номер, рік народження, контактна інформація, місце проживання, шкідливі звички); таблиця №2 – результати цитогенетичного аналізу (кодовий номер, дата обстеження, кількість проаналізованих метафаз, спектр, кількість і частота хромосомних аберацій); таблиця №3 – розподілення клітин за кількістю аберацій в них (з 0, 1, 2, 3 та більше); таблиця №4 – спектр аберацій в клітинах з множинними пошкодженнями; таблиця №5 – характеристики територій проживання обстежених осіб (зонування територій); таблиця №6 – місце роботи і виробничі контакти з мутагенними чинниками (хімічні, радіаційні); таблиця №7 – дози опромінення за даними фізичної дозиметрії. На теперішній час база містить результати цитогенетичного обстеження 345 осіб.

Зведення результатів спостережень у єдину структуровану базу даних дає змогу значно підвищити як надійність їх збереження, так і ефективність аналітичної обробки їх вибірок та достовірність отриманих результатів їх аналізу.

У доповіді будуть продемонстровані можливості використання бази даних для аналізу кількісних закономірностей хромосомного мутагенезу у різних контингентів населення України та їх зв'язку з впливом різноманітних факторів.

**ВТРАТИ НАДЗЕМНОЇ БІОМАСИ
PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD
В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО РАДІАЦІЙНОГО ОПРОМІНЕННЯ**

Д.Д.Ганжа¹, Х.Д.Ганжа², Д.І.Гудков², О.Б.Назаров³

¹Івано-Франківське відділення Українського географічного товариства, Івано-Франківськ *gandyber@gmail.com*

²Інститут гідробіології НАН України, Київ *krisgan@rambler.ru*

³Державне спеціалізоване підприємство “Чорнобильський спецкомбінат”,
Чорнобиль *nazarov42t@gmail.com*

Метою цих досліджень є оцінка впливу хронічного радіаційного опромінення ⁹⁰S та ¹³⁷Cs на продукцію надземної біомаси очерету звичайного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) у водних екосистемах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ).

У шести водних екосистемах ЧЗВ з 2011 по 2013 рр. (у липні) кількісно відібрали, надземну біомасу очерету звичайного. Відібрані проби висушували та визначали надземну питому біомасу у місцях спостережень (кг/м²). Відбирали також листки очерету, з яких виділяли фізико-хімічні форми ⁹⁰S та ¹³⁷Cs. За результатами вимірювань обчислено дозу внутрішнього опромінення листків очерету (Handbook for assessment of the exposure of biota to ionising radiation..., 2003). У водних витяжках, крім радіонуклідів, вимірювали вміст іонів калію, нітратного та амонійного азоту.

Доза внутрішнього опромінення листків очерету від форм ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr локалізованими всередині клітин складає у межах цього дослідження від 0,003 мкГр/год. до 1,07 мкГр/год. та 0,003 мкГр/год. до 0,68 мкГр/год., відповідно. Надземна питома біомаса очерету звичайного у перерахунку на суху речовину у місцях спостережень складає від 1,0 кг/м² до 4,5 кг/м².

Оцінка зв'язку питомої біомаси очерету із накопиченими листками калієм та формами азоту за коефіцієнтом детермінації (R^2) показала середньої сили лінійну залежність із коефіцієнтами $R^2 = 0,4$ та $0,7$, відповідно. Натомість, із дозами опромінювання обчисленими за відповідними внутрішньоклітинними формами ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, надземна питома біомаса очерету перебуває у зворотному лінійному зв'язку із коефіцієнтами $R^2 = 0,6$ та $0,3$, відповідно. Спостереження показали втрати надземної біомаси очерету звичайного під впливом внутрішнього опромінювання.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗЧИНЕННЯ АЕРОЗОЛЬНИХ «ГАРЯЧИХ» ЧАСТИНОК З ОБ'ЄКТУ «УКРИТТЯ» У ЛЕГЕНЕВІЙ РІДИНІ – ДОСЛІДЖЕННЯ *IN VITRO*

Є.К.Гаргер¹, А.А.Одинцов², В.К.Шинкаренко³, Дж.Чирш⁴

¹ Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України,
egarger@mail.ru;

² Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України,
aaodin@mail.ru

³ Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України,
shvk@ua.fm

⁴ *Helholtz Zentrum Munchen Deutsches Forschungszentrum fir Gesundheit und
Umweit (GmbH) Ingolstadter Landstr, Neuherberg, Deutschland,
tschiersch@helmholtz-muenchen.de.*

Досліджено кінетику розчинення радіоактивних аерозольних часток, відібраних в локальній зоні об'єкта «Укриття» в імітаторах легеневої рідини різного складу. Показано, що на одних і тих же фільтрах поряд з відносно нечисленними високоактивними паливними частинками присутня велика кількість малоактивних пилових частинок, збагачених ¹³⁷Cs. Ізотопний склад, зокрема співвідношення ¹³⁷Cs/²³⁹⁺²⁴⁰Pu, а також частка фракції радіонуклідів, що перейшла в розчин, для обох типів частинок істотно відрізняються. Для збагачених ¹³⁷Cs частинок спостерігається більш швидке і більш повне розчинення не лише ¹³⁷Cs, а й інших ізотопів - ⁹⁰Sr і ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Найбільша поверхнева щільність таких частинок спостерігається на фільтрах, експонованих на виході з простору під покрівлею машинного залу. Характерною відмінністю даних фільтрів є високі рівні вмісту цинку і титану, що може бути пов'язане з процесами деструкції лакофарбових покриттів стін машинного залу. Висловлено припущення, що під впливом вологи атмосферного конденсату, відбулась сепарація по розчинності матеріалу «гарячих» частинок відкладених на пофарбованих поверхнях. Аналогічні відмінності були зареєстровані також при дослідженнях «гарячих» частинок, викинутих під час обвалу фрагменту даху машинного залу в 2013 році. Для фільтрів, що були експоновані поблизу м. Прип'яті, вміст вищезазначених металів відповідав їхньому вмісту в ґрунті.

Кінетика розчинення радіонуклідів добре описується моделлю з двох експонент, параметри моделі дозволяють віднести радіонукліди паливних частинок до класу розчинності S (повільне розчинення) та віднести розчинність ¹³⁷Cs в малоактивних цезієвих частинках до класу F (швидке розчинення). Не виявлено достовірних відмінностей параметрів розчинення в імітаторах легеневої рідини різного складу.

**ОСОБЛИВОСТІ АЛЕЛЬНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА РЕПАРАЦІЇ
ДНК XRCC1 У ХВОРИХ НА РАК ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ, ЯКІ
ЗАЗНАЛИ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ
ВНАСЛІДОК АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС**

С.О.Геник-Березовська¹, В.М.Шкарупа², Л.В.Неумержицька², С.В.Клименко²

¹ДУ «Інститут спадкової патології НАМНУ», м. Львів 79000, вул.

Лисенка 31а, berezovska.s@gmail.com

²ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМНУ», м.

Київ 04050, вул. Мельникова, 53

Метою роботи було визначити та порівняти особливості поліморфізму гена репарації XRCC1 Arg399Gln у хворих на рак щитоподібної залози (РЩЗ), які зазнали дії іонізуючої радіації внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС та у хворих без впливу іонізуючого випромінювання (ІВ) в анамнезі. Матеріали і методи. Визначення поліморфізму гену XRCC1 Arg399Gln проводилось шляхом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у 102 хворих на РЩЗ: 38 осіб, які зазнали дії іонізуючої радіації внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС (учасники ліквідації наслідків аварії, евакуйовані та мешканці контрольованих територій, забруднених радіонуклідами) та 64 особи без впливу іонізуючого випромінювання в анамнезі. Для порівняння отриманих даних щодо спонтанного та радіаційно-асоційованого РЩЗ та розрахунків відмінностей частот алелей і ризику виникнення онкопатології використовували дані літератури щодо контрольних груп популяцій Російської Федерації та Білорусії. Результати. Частота мінорного алелю гена XRCC1 Arg399Gln та гомозиготних носіїв цього алелю у хворих на РЩЗ, які зазнали дії іонізуючої радіації внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, достовірно більша, ніж у хворих без впливу іонізуючого випромінювання в анамнезі (0,57 і 0,37, $p = 0,006$ та 34,21% і 7,81% $p = 0,001$ відповідно). При порівнянні з даними літератури щодо поліморфізму XRCC1 Arg399Gln у радіаційно-експонованих осіб без онкопатології, ризик розвитку РЩЗ у гомозиготних носіїв мінорного алелю XRCC1 Gln399Gln у осіб, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання, виявився достовірно підвищеним: OR = 4,14, $p = 0,001$ (CI95% 1,72–9,93). Разом з тим, при порівнянні з даними осіб без онкопатології, що проживають на умовно чистих територіях, наведеними в тій же роботі, у гомозиготних носіїв мінорних алелей гена XRCC1 Gln399Gln, які не зазнавали впливу ІВ, в нашому дослідженні не виявлено збільшення ризику розвитку РЩЗ: OR = 0,63, $p = 0,47$ (CI95% 0,21–1,75). Висновки. Отримані в роботі дані свідчать про підвищений рівень частоти мінорного алеля та носіїв гомозиготних мінорних алелей гена XRCC1 Gln399Gln серед хворих на РЩЗ, які зазнали впливу ІВ. Носійство гомозиготних мінорних алелей гена репарації ДНК XRCC1 Gln399Gln є фактором ризику розвитку РЩЗ за умов впливу іонізуючого випромінювання в дослідженій групі української популяції.

ПРОБЛЕМЫ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГРУЗИИ

М.Э.Гогебашвили, Н.И.Иванишвили, Г.Л.Ормоцадзе

*Лаборатория проблем радиационной безопасности
научного центра экспериментальной биомедицины им.И.Бериташвили, Грузия,
gogebashvili@gmail.com*

Реформы последних десятилетий в системе высшего образования и ее коммерциализация создали новые проблемы в деле подготовки научных кадров для различных отраслей науки. Особенно остро встал вопрос научной специализации, в частности на фоне перенасыщения подготавливаемых специалистов одних, и острый дефицит других специальностей создал дисбаланс научных кадров для некоторых научных центров страны. Так изъятие из списка подготавливаемых специалистов шифра научной специальности – радиобиология привела не только к острой нехватки специалистов этой области, но и расформированию ряда научных центров работающих в этом направлении. Этот процесс приобрел еще более негативный характер при недостаточности кадров по специальности радиобиология. В результате отсутствия специалистов-радиобиологов привело к снижению в некоторых НИИ количества ученых по титульным специальностям до 5-7%. В результате были расформирован ряд научных учреждений, в том числе и институт радиологии и экологии, занимающийся проблемами радиобиологии и экологии, в частности вопросами мониторинга радиационного загрязнения территории Грузии, и рисков при техногенных авариях. Актуальность данных исследований продиктована процессами, в странах, граничащих с Грузией. Так запуск 2-х энергоблоков Ростовский АЭС в России, продление эксплуатации устаревшей Армянской АЭС и строительство комплекса атомных АЭС в Турции создает острую необходимость проведения мониторинговых исследований и разработки научно обоснованных действий в условиях повышенного риска техногенных аварий. Вместе с тем экспорт готовых зарубежных научных разработок без поправок на специфичность биогеоценозов, сортового и видового состава природных и хозяйственных ресурсов оказались малоэффективными. Таким образом, вопрос контроля над квотами по шифрам научной специализации в ВУЗах имеет первостепенное значение не только для дальнейшего развития конкретных научных дисциплин, но и для ряда стратегических направлений, связанных с экологической безопасностью страны.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЗНИХ ВИДІВ БОЛОТНИХ ВОД МЕЗОТРОФНИХ ТА ОЛІГОТРОФНИХ БОЛІТ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

О.В.Головко

*Національний природний парк "Дермансько-Острозький", Острог,
oksana_golovko@ukr.net*

Вода відіграє важливу роль у геохімії боліт, в тому числі, у міграції поживних речовин, а також радіонуклідів, при цьому формується специфічний ланцюг «субстрат (торф) – порова вода – рослинний покрив». Саме тому головні геохімічні та гідрохімічні особливості боліт слід розглядати з урахуванням усіх перерахованих компонентів. Результати аналізу концентрації ^{137}Cs у воді досліджених болотних екосистем дозволяють зробити загальний висновок, що в умовах нормального обводнення вміст згаданого радіонукліду в різних типах води мезотрофних і оліготрофних боліт є подібним, що пов'язане з наявністю розвиненого сфагнового покриву та специфікою гідрохімічних та біогеохімічних процесів у даних болотах. На абсолютній більшості досліджених болотних екосистем концентрація ^{137}Cs у різних видах болотних вод утворювала такий ранжований ряд (в порядку зменшення): вода імпрегнована - вода торфова (порова) - вода поверхнева - вода дренажна (стокова). Різниця вмісту радіонукліду в поверхневій та торфовій воді в більшості випадків невелика. Найбільш істотна різниця (1,3-8,0 разів) у концентрації ^{137}Cs спостерігалася між імпрегнованою та поровою (торфовою) водою, що зумовлене переважно значною гідрохімічною активністю живих сфагнових мохів, які мають високу сорбційну ємність по відношенню до одновалентних катіонів K^+ та $^{137}\text{Cs}^+$, в той же час, поверхнева вода значною мірою очищена сфагнами від згаданих вище катіонів та трансформується згодом у торфову. Вміст ^{137}Cs у дренажній воді в наявних поблизу досліджених ділянок боліт меліоративних каналів, є значно меншим, ніж в інших типах води. Різниця між вмістом радіонукліду в імпрегнованій та дренажній воді коливається від 2,5 до 10 разів. Таким чином, дренажна вода з цих болотних екосистем, яка потрапляє до меліоративних систем та згодом до річкової мережі, є фактично очищеною від згаданого радіонукліду.

Отримані нами дані демонструють, що рівні вмісту радіонукліду у воді боліт визначаються щільністю радіоактивного забруднення території в цілому. Найвищі концентрації ^{137}Cs у воді відмічені в Карасинському лісництві Рівненського природного заповідника (14,4 Бк/л у торфовій воді, 17,0 Бк/л в імпрегнованій та 26,3 Бк/л в поверхневій), де були найвищі показники щільності забруднення – $8,07 \text{ Кі/км}^2$. В той час, як на інших ділянках цей показник був в межах від $0,23 \text{ Кі/км}^2$ до $2,77 \text{ Кі/км}^2$, відповідно, концентрація ^{137}Cs у поверхневих водах на досліджених оліготрофних болотах коливалася у межах 0,5-2,01 Бк/л; у воді торфовій згаданий показник знаходився у діапазоні значень 0,67-5,56 Бк/л. Для мезотрофних боліт концентрація ^{137}Cs у поверхневій воді знаходилась в межах 0,36-4,43 Бк/л, у торфовій воді – 0,56-5,64 Бк/л. Таким

чином, нами показано, що досліджені болота можуть слугувати джерелами радіоактивного забруднення річок, які гідрологічно з ними з'єднані. При цьому протягом вегетації при середньому зволоженні боліт відбувається значне утримання радіонуклідів компонентами болотних екосистем, як рослинністю, так і торфовою товщею. Проте під час холодного періоду, особливо протягом осіннього та весняного гідрологічних піків, зі сфагнових боліт відбувається міграція ^{137}Cs до гідрологічно пов'язаних з ними річок, переважно з підземним стоком.

РЕЗУЛЬТАТИ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ БІОГЕОЦЕНОЗІВ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

С.М.Голуб, В.О.Голуб, Г.С.Голуб

*Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м.
Луцьк, golub_2006@ukr.net*

Внаслідок Чорнобильської катастрофи радіоактивного забруднення зазнала в основному територія Поліської зони України. З метою визначення показників щільності забруднення території Волинської області і було проведено комплекс радіологічних досліджень. Оскільки інтенсивність радіоактивних викидів має плямистий характер, Волинським обласним радіологічним центром в 1993 - 1994 роках проводилось уточнення радіаційної ситуації на території Шацького національного природного парку на площі 32,5 тисячі гектарів. У 403 точках показники гамма-фону як на поверхні ґрунту, так і в повітрі, були у межах 3-12 мкР/ год. Також було відібрано 136 проб ґрунту з сільськогосподарських угідь, у лісових масивах - 428 проб ґрунту, грибів, ягід, лікарської сировини. Одержані результати спектрометричного аналізу проб із сільськогосподарських угідь показали, що щільність забруднення ґрунту знаходиться в межах 0,03 - 0,4 Кі/км². При аналізі проб ґрунту, відібраних у лісових масивах, 5,8% їх мали щільність забруднення від 0,5 до 1,0, а 3,5% - відповідно 1,0 - 2,4 Кі/км². Найвищий показник - 2,4 Кі/км² виявлено на території Пульмівського лісництва в урочищі Макошин. На даній ділянці було виявлено також високий вміст радіонуклідів у грибах 2640 та 4766 Бк/кг. Лісова підстилка мала активність радіоцезію від 147 до 680 Бк/кг, папороть - 890 -1763 Бк/кг, листя різних порід дерев - 80 -780 Бк/кг. Найбільш забрудненим виявилось листя ліщини.

У 2010 році в результаті повторного радіологічного обстеження лісових масивів та заболочених ділянок Шацького НПП встановлено, що в усіх досліджуваних точках значення гама – фону було в межах 11 – 16 мкР/год. Щільність забруднення ґрунту була максимальною в урочищах Кримно та Бужня – відповідно 0,38 та 0,46 Кі/км²; середньою в урочищі Ялиник біля озера Острів'янське та в урочищі Залиси – 0,35 та 0,28 Кі/км² і не перевищує доаварійні показники в районі осушувального каналу північно – східного

узбережжя озера Пулемицьке – 0,03 – 0,07 Кі/км². Вміст радіоцезію у досліджуваних пробах грибів складав 397 – 2020 Бк/кг, що перевищує допустимі рівні в 4,02 рази, але ці значення майже в 2 рази менші, ніж у 1994 році. Проте при перерахунку коефіцієнтів переходу встановлено, що опеньок осінній справжній (*Armillariella mellea*) згідно класифікації Булавик М. і Переволоцького А. мігрував із групи слабого накопичення в групу акумуляторів ($K_p > 50$) – $K_p = 118,7$. В цю групу також увійшов моховик тріщинуватий (*Xerocomus chrysenteron*) – $K_p = 51,34$. Решта грибів із різних урочищ мали коефіцієнти переходу в межах 30,6 – 34,4. Потребує детального вивчення міграція радіонуклідів у гриби – симбіотрофи, зокрема білі. Встановлено позитивні тенденції щодо забрудненості лікарської сировини. Якщо у 1993 році вміст радіоцезію в траві папороті (*Dryopteris Adans*) складав 1763 Бк/кг, то в 2010 році в урочищі Залиси ця рослина містила даний радіонуклід у 7 разів менше – 247 Бк/кг. Проте кількісний показник міграційної здатності цезію – 137 залишається високим – $K_p = 27,8$. Такі лісові рослини, як верес звичайний (*Calluna salisb.*), чорниця (*Vaccinium myrtillillus L.*), брусниця (*Rhodococum vitis-idaea L.*) в урочищах Кримно та Ялиник акумулювали радіоактивний цезій в кількості 56 – 119 БК/кг ($K_p = 3,9 – 8,5$).

В результаті моніторингових досліджень встановлено, що радіологічне забруднення лісових масивів Шацького НПП перевищує доаварійні показники в 10-23 рази і складає 0,35-0,46 Кі/км².

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ СПЕРМАТОГЕННОГО ЕПІТЕЛІУ В ТЕСТИКУЛАХ ЩУРІВ ПІСЛЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОПРОМІНЕННЯ

Л.В.Горбань, А.В.Клепко, О.С.Ватліцова, С.В.Андрейченко

*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
НАМН України», Київ, kallav@mail.ru*

Клітини сперматогенного епітелію відрізняються здатністю до прискореної проліферації та диференціації, що робить їх достатньо вразливою мішенню при дії зовнішнього іонізуючого випромінення. В цьому зв'язку досліджено перебіг відновлювальних процесів в тестикулах щурів за умов дії тотального і локального рентгенівського опромінення в гострому та фракціонованому режимі.

Тварин опромінювали на рентгенівській установці РУМ-17 з потужністю дози 34сГр/хв одноразово або двома напівдозами із затримкою від 1 год до 24 год. В післярадіаційний період оцінювали зміну ваги тестикул, життєздатність та рухливість сперматозоїдів, а також клоногенні властивості окремих гермінальних клітин на поперечних зрізах яєчок, що були пофарбовані гематоксиліном та еозином.

Проведені дослідження показали, що опромінення в дозах більше 1 Гр зумовлює загибель інтермедіальних та В-сперматогоніїв, тоді як сперматокити здатні витримувати 3-5 Гр. Сперматиди проявляють ще більшу

радіорезистентність. Однак дози вище 10 Гр при локальному опроміненні яєчок спричиняли появу різноманітних морфологічних порушень в сперматозоїдах та їх рухову інактивацію. Загалом це призводило до виникнення спочатку олігозооспермії, а згодом і тимчасової азооспермії. Відновлення спермапродукуючої функції відбувалось за рахунок A_s -сперматогоніїв, котрі виявили підвищену радіорезистентність, а також схильність до прискорення клітинного циклу та швидкого розмноження. При фракціонованому опроміненні показано, що репопуляційні властивості A_s -сперматогоніїв поступово посилюються при тривалості затримки до 5 год, а потім починають зменшуватись, хоча і залишаються на більш високому функціональному рівні порівняно з контролем.

Збільшення виживання сперматогоніїв при фракціонованому опроміненні відбувалося за рахунок ліквідації сублетальних пошкоджень, котре стимулювалось адаптивною відповіддю в діапазоні низьких доз, а в помірному та сублетальному діапазоні – завдяки уповільненню клітинного циклу та накопичення клітин в найбільш радіорезистентній фазі на момент другого опромінення. Тому при збільшенні тривалості затримки за межі 5 год перед повторним опроміненням, зменшення виживання слід пояснити розсинхронізацією загальної популяції гермінальних клітин.

Таким чином, проведені дослідження встановили, що клітини сперматогенного епітелію завдяки притаманній їм чітко окресленій функціональній та морфологічній різноманітності, проявляють неоднозначні радіорезистентні властивості та здатність до ліквідації сублетальних пошкоджень, що зрештою зумовлює відновлення проліферації і диференціації статевих клітин та спермоутворення.

INFLUENCE OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION ON *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* LUMINESCENCE

I.A.Gretsky, E.N.Gromozova

*D.K.Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU, Kyiv,
igorgretsky@gmail.com*

Widely use of wireless communication systems has caused a growing public concern about possible health effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR). Normative documents of limits for maximum permissible exposure developed on the basis of technical studies of RF-EMR thermal effects do not consider biological effects caused by low intensive radiation. Evaluation the biological effects requires a simple biological test systems with high sensitivity and suitable for mass analysis. One of the perspective directions for the assessing the degree of biological action of RF-EMR is use of bacterial luminescence.

Luminous bacterium *Photobacterium phosphoreum* was used as biological indicator for description of RF-EMR status. High sensitivity and response speed, simplicity and efficiency of bioassays based on luminescent bacteria cause their

application in our research for rapid monitoring of RF-EMR effects. The aim of our research was studying the RF-EMR irradiation effect on *Photobacterium phosphoreum* IMV B-7071 luminescence.

Centimeter wave therapy apparatus “Ray-11” we used as a source of RF-EMR. The distance between the emissivity antenna and object of influence was 5 cm. Bacterial cells from a log-phase culture were exposed to RF-EMR with a wavelength of 12.6 cm (corresponding to a frequency of 2450 MHz) and power of 15 W, in the regime of continuous generation.

The results of the impact of RF-EMR on bacteria luminescence showed the nonlinear dependence of the luminescence intensity on the power and duration of exposure. During the 5 min influence of RF-EMR with average power flux density of 520 W/m^2 on bacterial cell led to an increase in luminescence intensity by 45% in comparison with control. Upon further RF-EMR irradiation after 15 minutes from the start, it was observed a decrease in bioluminescence by 67% in comparison with control. The marked dependence demonstrated the effects of stimulation during the adsorption RF-EMR energy of 3.6 kJ and inhibition of luminescence intensity at a higher dose under RF-EMR influence on bacteria. Thus, as shown by our studies, luminescence intensity of *P. phosphoreum* IMV B-7071 bacterial cells is an indicator of the RF-EMR biotropic impact.

КОМПЛЕКСНО-РЕГІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ПРИ РАДІОЕКОЛОГІЧНІЙ ОЦІНЦІ ЯКОСТІ ЗРОШУВАНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

Л.І.Григор'єва¹, Ю.А.Томілін²

¹Кафедра якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки,
Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв,
larani@mail.ru;

²Науковий Інститут радіаційної та техногенно-екологічної безпеки,
Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Одним з дієвих заходів щодо збільшення врожайності сільськогосподарських культур та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, прийнятих Кабінетом Міністрів України в останні часи (Розпорядження КМ України №975 від 20.11.2013), є розширення площ зрошуваних земель у південних областях України (Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області) та забезпечення їх ефективного використання. Зрозуміло, що радіоекологічна якість та безпека продукції, яку отримують при зрошуваному землеробстві, залежить від багатьох радіоекологічних факторів території зрошування. У період з 1985 по 2004 рр. нами проведені масштабні радіоекологічні та радіаційно-гігієнічні дослідження на зрошуваних масивах (Південно-Бузький, Білоусівський) Південно-Бузької річкової системи та зрошуваних масивах (Каховський, Краснознаменський, Інгулецький) Дніпровсько-Інгулецької річкової системи, результати висвітлено у монографіях. Цими факторами є наявність різноманітних шляхів надходження радіонуклідів у зрошувальну воду: вплив

скидів Южно-Української та Запорізької АЕС, надходження до р. Інгулець забруднених вод Жовтководно-Криворізького басейну, певні наслідки Чорнобильської аварії, а також місцеві особливості ведення агропромислового виробництва. Показано, що величина дозового навантаження на людину “через зрошення” визначається не лише змінами вмісту радіонуклідів у річковій, зрошувальній воді, а також особливостями міграційних процесів радіонуклідів в водоймищах та в біоценозі конкретного зрошуваного масиву; що неврахування особливостей біологічних та фізико-хімічних процесів, які відбуваються у водоймищах конкретної зрошувальної системи, може призводити до неврахування підвищення величини дозового навантаження на людину за рахунок зрошення до 4-8 разів.

Тому має проводитися радіоекологічна оцінка якості зрошуваних масивів, яка в тому числі повинна враховувати: 1) різноманіття природничо-кліматичних факторів впливу на процеси накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами у сукупності з регіональними особливостями ведення зрошення у кожній місцевості; 2) наявність численних особливостей міграційних властивостей радіонуклідів у водному середовищі та індивідуальних шляхів надходження радіонуклідів для кожного водного об’єкту, 3) врахування того, що водосховища зрошувальної системи виступають проміжними об’єктами акумулювання радіоактивності, у разі чого, за рахунок переходу радіонуклідів, сорбованих раніше органічними з’єднаннями водосховищ (водорості, мули), можливо вторинне радіоактивне забруднення зрошувальної води.

ВПЛИВ СТАБІЛЬНОГО ЙОДУ НА ПЕРЕКИСНІ ПРОЦЕСИ У КРОВІ ЩУРІВ ЗА ЧАСТКОВОГО БЛОКУВАННЯ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ

Ю.П.Гриневич, І.П.Дрозд, А.І.Липська, С.В.Телецька

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, telets@kinr.kiev.ua

В біологічних об’єктах перебіг перекисних процесів супроводжується хемілюмінесценцією (ХЛ), що надає об’єктивну інтегральну оцінку їх стану та перебігу зокрема, і на стадії утворення радикалів та їх рекомбінації. Перекисні процеси у крові щурів - самців лінії Вістар досліджували методом H_2O_2 -індукованої ХЛ за разового перорального надходження до організму ^{131}I активністю 56 кБк/тварину за умов часткового блокування щитоподібної залози (ЩПЗ) стабільним йодом. Експериментальні дослідження виконували на статевозрілих щурах-самцях лінії Вістар масою 180-220 г, які перебували на стандартному утриманні та стандартному харчовому раціоні. Розчин натрію йодиду (Na^{131}I) у дистильованій воді активністю 56 кБк/тварину вводили разового перорально через зонд. Визначали амплітуду швидкого спалаху (I_{max}); інтенсивність світіння через 300 сек; – ($I_{\text{кінц}}$); час індукції швидкого спалаху (τ_{max} , сек); швидкість утворення вільних радикалів; загальну світлосуму (Σ_{300})

ХЛ-реакції. Показано, що введена активність ^{131}I , як і часткове блокування ЩПЗ стабільним йодом, не призводять до суттєвих змін перебігу ВРП. Їх динаміка, як за блокування ЩПЗ, так і без односпрямована впродовж всього терміну спостереження. Фіксується однакова масштабність змін величин Σ_{300} та $I_{\max}$ до 3-ї доби експерименту. На 6-у добу амплітуда показників Σ_{300} та $I_{\max}$ за блокування ЩПЗ дещо менша. Не відмічається також суттєвих змін у швидкості утворення вільних радикалів та $\tau_{\max}$. Відновлення основних параметрів (Σ_{300} та $I_{\max}$) ХЛ у крові щурів, яким вводили ^{131}I (група тварин без часткового блокування ЩПЗ), відбувається дещо швидше, ніж у групі щурів, ЩПЗ яких була частково заблокована стабільним йодом. Активність каталази у крові змінюється не суттєво. Динаміка її активності і перекисних процесів у цих двох групах тварин протилежно спрямована. Такий перебіг перекисних процесів у крові дозволяє припустити, що в механізмі фізико-хімічних реакцій, що лежать в основі ланцюгових вільнорадикальних, індукованих радіоактивним йодом, значна роль належить стабільному йоду.

КОРИГУВАННЯ СТРУКТУРНОГО СТАНУ КЛІТИННИХ МЕМБРАН В УМОВАХ ДІЇ НА ОРГАНІЗМ ЩУРІВ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

В.А.Грищенко, С.В.Хижняк

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, viktoriya_004@ukr.net*

Розвиток багатьох патологічних станів організму опосередковується змінами структурних і функціональних властивостей клітинних мембран у відповідь на дію ушкоджуючих чинників, у т. ч. іонізуючої радіації. Морфологічні та функціональні порушення клітинних мембран іонізуючим випромінюванням виявляються фактично відразу після опромінення, навіть, у відносно низьких дозах. Мета роботи – оцінити структурний стан внутрішньої мембрани мітохондрій еритроцитів тонкої кишки та гепатоцитів за тотального опромінення щурів рентгенівськими променями в дозі 2,0 Гр (потужність дози 0,17 Гр/хв) та застосуванні ліпосомальної форми біологічно активної добавки (БАД) FLP-MD (упродовж 5 діб до опромінення).

Встановлено незначне зниження інтенсивності флуоресценції зонду 1-анілінонафталін-8-сульфонату (АНС) при зв'язуванні з мембранними препаратами мітохондрій еритроцитів в умовах опромінення. Величина константи зв'язування зонду ($K_{\text{АНС}}$) збільшується у середньому на 11 % відносно контрольних значень. Проте величина кількості місць зв'язування зонду ($N_{\text{АНС}}$) зменшується на 37 % за цих умов. Попереднє (до опромінення) ведення БАД FLP-MD не призводить до змін досліджуваних показників. Подібні дослідження проведено для мембранних препаратів мітохондрій гепатоцитів, які свідчать про незначне зниження інтенсивності флуоресценції зонда за умов опромінення. Крім того, величина показника $N_{\text{АНС}}$ знижується на 21%. Застосування БАД FLP-MD не впливає на досліджувані показники.

Отже, за дії на організм щурів іонізуючої радіації встановлено зміну поверхневих ділянок внутрішньої мембрани мітохондрій ентероцитів тонкої кишки та гепатоцитів, що може виникати внаслідок модифікації як ліпідної компоненти в зоні полярних голівок гліцеринових залишків фосфоліпідів, так і мембранних протеїнів. Стабілізація структури поверхневих ділянок зазначених мембран за використання до опромінення ліпосомальної форми БАД FLP-MD зумовлена її складом, що являє собою суміш ліпідів, переважно фосфоліпідів, моно- і поліненасичених жирних кислот, α -токоферолу і ретинолу ацетат.

ГОЛОВНІ СКЛАДОВІ ВІДПОВІДІ КЛІТИНИ І БАГАТОКЛІТИННОГО ОРГАНІЗМУ НА ДІЮ ІОНІЗУВАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ

Д.М. Гродзинський

*Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, Київ
dmgrod@gmail.com*

Реакція клітини і багатоклітинного організму на дію іонізуючого опромінення проявляється як відразу після поглинання енергії радіації, так і через тривалий час, котрий може охоплювати кілька поколінь. У розвитку цієї радіобіологічної реакції можна виділити принаймні два різних за походження і природою процеси, які логічно розглядати як компоненти системної відповіді біологічного об'єкту на опромінення. Один із зазначених процесів розпочинається з появи молекулярних пошкоджень унікальних ультраструктур клітини, котрі є основними мішенями прямої і непрямой дії радіації. Достеменно відомо, що мішенями для радіації є хроматин, мембранна система та надмолекулярні асоціати, які відіграють роль молекулярних машин клітини. Ушкодженням цих мішеней розпочинається розвиток молекулярно-біологічних і біохімічних подій, які супроводжуються проявом на клітинному рівні таких радіобіологічних реакцій, як проліферативна загибель, поява хромосомних аберацій, точкових мутацій, розлад мембранних структур, зміни ефективності обмінних процесів тощо. На рівні багатоклітинних систем радіобіологічна реакція проявляється змінами темпів клітинних поділів, формування біомаси та росту, спотворення морфогенезу, прояву стерильності. Всі згадані вище явища об'єднуються в складову радіобіологічної відповіді на опромінення, яку є підстави називати пасивною, бо їх здійснення є наслідком появи в клітинах хибних молекул і надмолекулярних структур.

Водночас з пасивною складовою радіобіологічної відповіді на опромінення знаходить свій прояв група явищ, які слід розглядати як активну складову цієї відповіді, бо їх розвиток є наслідком активної реакції клітин і багатоклітинного організму на дію радіації, коли опромінення сприймається організмом як сигнал тривоги, що попереджає про появу в місцеперебуванні організму цитогенетичної небезпеки. Відповідно до цього сигналу в клітинах і тканинах опроміненого організму розпочинаються складні за своєю природою реакції. В клітинах це – активація різних форм репарації ДНК, прискорення

мембранних потоків, підвищення вмісту антиоксидантів та інших компонентів природного фону радіорезистентності. В цілому зростає ступінь специфічної та неспецифічної адаптаційної спроможності організму. В багатоклітинних системах опромінення індукує процеси клітинного гаплонтного і диплонтного добору і репопуляційне відновлення популяцій стовбурових клітин різних органів. Всі ці явища можна розглядати як засіб пристосування організму до появи в середовищі нового чинника – іонізуючої радіації. При цьому реалізується дві стратегії адаптації організмів: онтогенетична, що виявляється в формі радіоадаптації, і філогенетична, при якій внаслідок зростання гетерогенності популяції урізноманітнюються особини нових поколінь, що може підвищити роль природного добору у формуванні більш радіо стійких видових популяцій.

В процесах, які належать до активної складової радіобіологічної відповіді організму на дію радіації, задіяні чисельні сигнальні і регуляторні системи клітин і тканин, і при цьому провідну роль відіграють цілеспрямовані зміни експресії певних генів за участю епігенетичних процесів та чинників безпосереднього впливу на генетичний апарат клітин. Такі явища, як радіаційна індукція генетичної нестабільності геному, ефект свідку, зростання мінливості в популяції тощо відносяться саме до активної складової радіобіологічної відповіді організму. Співвідношення між пасивною і активною складовою радіобіологічної відповіді організму істотно залежить від дози: особливу виразність активна складова має за умов малих доз хронічного опромінення.

ПРОБЛЕМИ РАДІОБІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

І.М.Гудков

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
ingudkov@ukr.net*

В більшості вищих навчальних закладів природничого спрямування радіобіологія як окрема дисципліна була введена наприкінці п'ятдесятих років минулого століття в період масових випробувань атомної зброї. Одними з перших, що ввели цю дисципліну під різними назвами, були вищі аграрного профілю. Вже тоді було зрозуміло, що головною сферою, яка найбільш страждатиме від радіоактивних речовин і стане відповідальною за формування дози опромінення населення, є аграрна сфера. Радіобіологія була введена на факультетах агрохімії та ґрунтознавства і на ветеринарних факультетах. Вважалося, що агрохіміки забезпечать радіологічний супровід рослинництва, а ветеринарні лікарі – тваринництва. У перші роки після аварії на Чорнобильській АЕС перелік спеціальностей, де були введені радіологічні дисципліни значно зріс. Проте в останні роки спостерігається тенденція до різкого скорочення курсів радіобіології у деяких університетах, на деяких факультетах, у тому числі і НУБіП України. Зменшується кількість годин, що відводиться на дисципліну, екзамен замінюється заліком, з планів виводиться

виконання курсових робіт, навчальна практика, зрештою, дисципліни взагалі виводяться з навчального плану.

Україна – ядерна держава. І хоча у свій час країна недалекоглядно позбавилися ядерної зброї, вона залишається ядерною державою. Адже в Україні працюють чотири атомних електростанції, на котрих задіяні 15 ядерних реакторів, низка підприємств по їх обслуговуванню. За запасами урану Україна займає перше місце в Європі. Три десятиліття тому Україна пережила радіаційну катастрофу. І хоча радіаційна обстановка з роками після неї покращується, вона ще далека до доаварійної. В усьому світі зростає кількість технологій, які використовують іонізуючу радіацію, а разом з тим кількість джерел випромінювань, що підвищує імовірність їх виходу з під контролю. З'явилися ознаки загрози ядерного тероризму. Аварія на АЕС Фукусіма у Японії в 2011 р. показала, що великомасштабні аварії на підприємствах ядерної енергетики – це не випадковість. І спеціалісти різних напрямів мають знати особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань на живий організм, елементарні відомості захисту від неї. Саме тому радіологічні дисципліни мають бути в ряду обов'язкових дисциплін вищих навчальних закладів.

ДЕЯКІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ФЛОРИ, ФАУНИ І МІКРОФЛОРИ В ЗОНІ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

І.М.Гудков, О.Ю.Паренюк, К.Є.Шаванова, В.В.Ілленко

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
ingudkov@ukr.net*

На тлі багатогранної діяльності людини важко виділити вплив певного чинника на прояв окремих біологічних ефектів. І навпаки, практично повне припинення господарчої діяльності, як це сталося в зонах відчуження і обов'язкового відселення аварії на Чорнобильській АЕС, котре супроводжувалося масовою евакуацією населення і вивезенням великого поголів'я свійських тварин, спричинило у досить короткий строк до інтенсивних змін характеру рослинності, кількісного і якісного складу диких тварин не тільки в колишніх агроценозах, але й природних ценозах і біоценозі в цілому. Проте не викликає сумнівів, що одним з основних діючих чинників на біоту у близькій зоні аварії слід вважати іонізуючу радіацію. Саме тому дуже важливо оцінити в цих умовах вплив на суцесійні процеси безпосередньо радіобіологічних ефектів, які могли зумовити певні зміни у складі рослинності, тваринного світу, мікробоценозів, що відбулися майже за тридцять років.

У фітоценозах зони відчуження до тепер спостерігаються певні порушення на всіх рівнях: від біохімічних змін і порушень поділу клітин у твірних тканинах до збіднення угруповань і повної деградації. Описані різноманітні морфологічні зміни органів рослин практично в усі роки після аварії. Спостерігається послаблення позицій деяких видів рослин аж до повного їх випадіння на деяких ділянках.

У зооценозах тільки у перші роки після аварії реєстрували зниження чисельності ґрунтових безхребетних тварин, деяких видів мишоподібних гризунів. Описано ураження ембріонів деяких видів диких водоплавних тварин. Але буквально з другого після аварії року спостерігалось зростання чисельності популяцій більшості видів диких тварин. Проте на тлі видимого благополуччя на біохімічному, цитологічному і цитогенетичному рівнях у тварин реєструються певні зміни, які свідчать про відхилення від норми і прояв негативних явищ.

Деякі відміни спостерігаються у мікробоценозах ґрунтових бактерій при їх порівнянні з аналогічними умовами поза зоною. Можливо вони не є прямим наслідком дії іонізуючої радіації, а вторинних процесів, пов'язаних зі зміною у стані флористично-фауністичних комплексів.

ТРАНСГЕНЕРАЦІЙНА ПЕРЕДАЧА АДАПТИВНИХ ЕФЕКТІВ У РОСЛИН *Arabidopsis thaliana* ДО УФ-В ОПРОМІНЕННЯ

М.І.Гуща, Ю.В.Шиліна, О.П.Дмитрієв

*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ,
m.guscha@gmail.com*

Метою роботи було дослідити можливість існування трансгенераційної передачі адаптивних ефектів до УФ-В опромінення у рослин *A. thaliana* різних генотипів.

Об'єктом досліджень були рослини *A. thaliana* дикого типу (Col-0), трансгенні рослини, нездатні накопичувати саліцилову кислоту (NahG) і мутант, нечутливий до дії жасмонової кислоти (jin1).

Стерильне насіння, висіяне в чашки Петрі на поживне середовище, стратифікували 3 доби (2–4°C) і пророщували у вегетаційній камері. 3-5-денні проростки опромінювали УФ-В. Ефект оцінювали за довжиною коренів проростків через 3-5 діб після опромінення.

В іншій серії дослідів рослини *A. thaliana*, які вирощували на ґрунті, опромінювали в дозах 0,1–0,5 кДж/м², починаючи з триденного віку і до початку генеративної фази, один раз на добу щодня або з інтервалом у 2-3 доби. Через три доби після останнього адаптуючого опромінення рослини опромінювали ушкоджуючою дозою 6 кДж/м². Вплив опромінення оцінювали за кількістю стручків, що утворилися в F₀, та за довжиною коренів проростків в F₁.

Встановлено, що опромінення 3–5-денних проростків *A. thaliana* (Col-0) в дозі 170 Дж/м² призводило до істотного зменшення швидкості росту кореня протягом наступних трьох діб. Попереднє опромінення проростків малою дозою (35 Дж/м²) викликало адаптивну відповідь вже після трьох годин. При цьому ушкоджуючий вплив наступного опромінення (170 Дж/м²) істотно зменшувався.

Виявилось, що періодичне багаторазове опромінення рослин *A. thaliana* малими дозами УФ-В до початку генеративної фази призводить до

горметичних ефектів і формування адаптивної відповіді в залежності від дози та генотипу рослин. Стимуляція росту і адаптивний ефект у рослин зменшувались зі зростанням їх віку. В діапазоні доз 0,1–0,5 кДж/м² спостерігали, переважно, зростання генеративного потенціалу.

Показано, що адаптуюче опромінення рослин F₀ всіх трьох генотипів викликає стимуляцію росту коренів у проростків наступного (F₁) неопроміненого покоління. Вираженість такого трансгенеративного ефекту залежала від дози опромінення, віку і генотипу опромінених рослин. Опромінення у великій дозі 10 кДж/м² справляло менший ушкоджуючий вплив на проростки F₁, які сформувалися з насіння у варіантах, що зазнали адаптуючого опромінення в F₀ у всіх трьох генотипів. Рослини дикого типу і NahG виявились більш стійкими до великих доз УФ-В опромінення порівняно з мутантом jin1.

Одержані дані свідчать, що УФ-В опромінення рослин *A. thaliana* у малих дозах протягом вегетації приводить до формування і трансгенераційної передачі гормезису і адаптивної відповіді. Опромінення малими дозами рослин в F₀ приводить до формування адаптивної відповіді у рослин F₁ дикого типу і дефектних по саліцилатній сигнальній системі. У рослин дефектних по жасмонатній сигнальній системі адаптивна відповідь не формується.

СУЧАСНИЙ РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

А.І.Дворецький¹, А.С.Білоконь¹, О.М.Маренков², Л.А.Байдак¹,
Ю.І.Присяник², В.О.Сапронова¹

¹Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
dvoretsk@list.ru

²Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
gidrobs@yandex.ru

Радіоекологічні проблеми Дніпровського водосховища пов'язані з радіонуклідним забрудненням внаслідок роботи підприємств ядерно-паливного циклу та наслідками аварії на ЧАЕС. Комплексні радіоекологічні дослідження Дніпровського водосховища розпочалися у 60-ті рр. ХХ ст. та продовжуються по сьогоднішній день. Результати досліджень останніх років показали, що середній вміст природних радіонуклідів у воді складає: ²³⁸U – 0,006 – 0,912 Бк/л, ²²⁶Ra – 1,05 Бк/л, ²³²Th – 0,47 Бк/л, ⁴⁰K – 4,89 Бк/л. Вміст ⁹⁰Sr в 1987 році сягнув 0,34 Бк/л, починаючи з 1988 року його вміст поступово знижувався та на сьогоднішній день стабілізувався в межах від 0,04 до 0,06 Бк/л. Вміст ¹³⁷Cs знаходиться в межах від 0,037 до 0,09 Бк/л. Найбільші показники радіонуклідного забруднення спостерігаються поблизу хвостосховища «Дніпровське» в гирлі р. Коноплянка. Вміст радіонуклідів у донних відкладеннях складає: ²²⁶Ra – 4,0 – 32,4 Бк/кг, ²³⁸U – 3,0 – 35,0 Бк/кг, ²³²Th – 2,94 – 58,0 Бк/кг, ⁴⁰K – 21,6 – 220,0 Бк/кг, ¹³⁷Cs – 2,1 – 32,0 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 0,9 – 15,2 Бк/кг. Моніторинг вмісту радіонуклідів у фітопланктоні показав наступні рівні

радіонуклідного забруднення: ^{226}Ra – 359,72 Бк/кг, ^{232}Th – 159,4 Бк/кг, ^{40}K – 1889,1 Бк/кг, ^{137}Cs – 78,13 Бк/кг, ^{90}Sr – 30,02 Бк/кг. Вища водна рослинність також виступає накопичувачем радіонуклідів: ^{226}Ra – 158,1 Бк/кг, ^{232}Th – 107,96 Бк/кг, ^{40}K – 586,44 Бк/кг, ^{137}Cs – 36,17 Бк/кг, ^{90}Sr – 5,91 Бк/кг. Дослідження вмісту радіонуклідів в органах риб показали, що найбільші показники накопичення ^{137}Cs відмічені в м'язах риб, а ^{90}Sr в кістках. Коефіцієнти накопичення ^{137}Cs в рибах Запорізького водосховища та його притоках знаходились в межах від 35,0 до 1424, ^{90}Sr в межах від 74 до 1426. Коефіцієнти накопичення радіонуклідів по ^{137}Cs становили наступний ряд: сазан > лящ > судак > білий товстолобик > карась сріблястий > плітка > плоскирка > окунь, в свою чергу, по ^{137}Cs сформувався наступний ряд: лящ > плітка > сазан > судак > карась > плоскирка > окунь > білий товстолобик. Визначені показники радіонуклідного забруднення дозволяють оцінити рівні накопичення радіонуклідів в рибах та відгук риби як останньої з ланок трофічного ланцюга водойм на підвищення радіоактивного забруднення.

К РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ ХИМИОЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Э.А.Дёмина, Е.П.Пилипчук

*Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии
им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины, edjolina@ukr.net*

Основным фактором, ограничивающим эффективность лучевой терапии онкологических больных, является радиорезистентность опухолевых клеток. Знание локализации и продолжительности отдельных периодов клеточного цикла в связи с их дифференциальной радиочувствительностью является одним из путей преодоления указанной резистентности. Модель лимфоцитов крови человека с метафазным анализом аберраций хромосом и регрессионный анализ полученных данных объективизируют оценку биологической эффективности (ОБЭ) ионизирующего излучения (ИИ) в зависимости от дозы. Нами исследован уровень радиационно-индуцированных аберраций хромосом в наиболее радиорезистентных G_0 - и S-периодах клеточного цикла. При облучении в G_0 -периоде частота аберраций возрастает квадратично с дозой облучения и аппроксимируется регрессионным уравнением, в котором превалирует значение α - квадратичного члена. При облучении в наиболее радиорезистентном S-периоде частота повреждений возрастает линейно с дозой. В интервале доз 0,1-2,0 Гр отмечается удовлетворительное соответствие радиобиологических данных теоретическому распределению Пуассона, что доказывает равномерность облучения культуры клеток. Данные моделируют состояние радиорезистентных клеток опухолей и являются основой для расчета значений ОБЭ терапевтических источников ИИ нового поколения. В качестве противоопухолевой терапии дополнительно назначают препараты, например, 5-фторурацил – для подавления синтеза ДНК и репарации S-клеток,

доксорубицин – индукции разрывов ДНК, таксол – для подавления образования митотического веретена и др. Вследствие избирательной токсичности химиопрепаратов, связанной с периодами клеточного цикла, выжившие опухолевые клетки представляют синхронизированную популяцию, облучение которой в G₂-периоде потенцирует противоопухолевый эффект. Чтобы такая стратегия терапии оказалась успешной, необходимо использовать препараты, обладающие тропностью к определенному виду опухолей.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ РАДИОБИОЛОГИИ

Э.А.Дёмина, Е.П.Пилипчук

*Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии
им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины, edjomina@ukr.net*

Начало XXI века ознаменовалось эволюцией технического обеспечения радиационной онкологии благодаря внедрению в клиническую практику ускорителей нового поколения, позволяющих фокусировать пучки ионизирующих излучений с точностью до миллиметра и облучать опухоли в режиме пространственно-временной модуляции. Однако повышение эффективности терапевтического облучения онкологических больных (ОБ) нельзя рассматривать исключительно в плоскости внедрения новых технологий. Лимитирующими факторами повышения эффективности лучевой терапии остаются: преодоление радиорезистентности стволовых опухолей (stem-like) или опухоль-индуцирующих клеток (tumor initiating cells), их способность избегать иммунологический надзор и глубокие изменения в системе иммунитета, лучевые осложнения I-IV степени со стороны здоровых тканей, попадающих в зону облучения, что может обусловить развитие вторичных опухолей радиационного генеза и др. Подавляющее большинство вторичных опухолей развивается в тканях и органах, которые за частую не экранируются (например, головной мозг), но характеризуются высоким риском развития радиационного канцерогенеза. Изучению генетических изменений в немалигнизированных клетках ОБ как до, так и после лучевого лечения уделяется недостаточно внимания. Недавно нами получены радиобиологические факты, отражающие особенности формирования генетической нестабильности в облученных клетках крови ОБ под воздействием медицинских препаратов с ко-мутагенными свойствами. Действие таких препаратов в зависимости от дозы в процессе лучевой терапии может служить промотором развития вторичных опухолей в отдаленные сроки. Методы геномики только начинают использоваться для разработки показателей неблагоприятного прогноза при осуществлении лучевой терапии. Обозначенные проблемы радиационной онкологии аргументируют актуальность и приоритетность соответствующих направлений современной клинической радиобиологии, а также создание в Украине более мощной радиобиологической базы.

DOSE DEPENDENT POTENTIATION OF RADIATION-INDUCED CHROMOSOME DAMAGES BY ASCORBIC ACID AND VERAPAMIL IN HUMAN CELLS

E.A.Domina, O.P.Pylypchuk, V.M.Mikhailenko

*R.E. Kavetsky Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology Institute,
NAS of Ukraine, edjomina@ukr.net*

There is some uncertainty in the assessment of the impact of physical and chemical factors on human cells. This concerns primarily the co-mutagens, since their impact on the human genome is one of the important components of primary cancer prevention. The chemical agents include co-mutagens, which have no own mutagenic properties, can essentially intensify effects of known mutagens, including ionizing radiation (IR). The aim of this study was to examine the influence of the drugs verapamil (Vp) and ascorbic acid (AA) on the frequency of radiation-induced chromosomal aberrations (ChA) in the culture of peripheral blood lymphocytes (PBL) of healthy donors. We used the test system of human PBL and metaphase analysis of ChA. PBL culture was exposed to x-ray radiation in G₀- and G₂- phases of cell cycle in the dose range (0,3-2,0 Gy) and treated with Vp (1,5-4,0 µg/ml of blood) and AA (20,0-80,0 µg/ml of blood). Combined treatment with IR (0,3 Gy) and AA in the therapeutic concentration (20,0 µg/ml), caused decrease in the total frequency of ChA by 1,5 times as compared to the effect of irradiation. An additional AA in concentrations of 40,0 and 80,0 µg/ml increased the overall frequency of ChA in 1,2-1,4 times when compared to the effect of irradiation with 0,3 Gy, respectively. Irradiation of PBL in relatively high doses (2,0 Gy) followed by treatment with AA irrespective of concentration led to increase in the total frequency of ChA in 1,4. Co-mutagenic effect of AA in the G₂-period appears earlier starting from the dose of 1,0 Gy in comparison with the G₀-period increased the frequency of ChA in 1,5 times. PBL irradiation in the range of 0,3-2,0 Gy and additional treatment with Vp in different concentrations led to an increase in overall frequency of ChA compared to radiation alone. Vp in the concentration of 4,0 µg/ml enhanced the overall frequency of ChA in about 1,5 times in comparison with 0,3 Gy. Irradiation of cultured PBL in a dose of 1,0 Gy G₂-period of the cell cycle followed by treatment with Vp in a concentration of 4,0 µg/ml increased 2,4 times damage as compared to the effect of irradiation. Formation of co-mutagenic effects of AA and Vp in irradiated human cells depended on the concentration of the drugs, the absorbed dose of IR and the extent of cell radiosensitivity. High concentrations of co-mutagens potentiated the damaging effect of low doses of radiation.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОМОДИФІКУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ N-СТЕАРОЇЛЕТАНОЛАМІНУ ЗА РІЗНИХ УМОВ ОПРОМІНЕННЯ

Л.П.Дерев'янка¹, Н.П.Атаманюк¹, Н.О.Фролова¹, Є.М.Прохорова¹,
Г.В.Косякова², О.Ф.Меґедь², А.Г.Бердишев², Н.М.Гула², А.А.Чумак¹,
В.В.Тально¹

¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
НАМН України», Київ, derevyanko-luda@ukr.net;

²Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України, Київ

N-стеароїлетаноламін (NSE) рекомендований для застосування як лікарський засіб, що має протипухлинні властивості. Він не впливає на цитостатичну дію цисплатину, проявляє антитоксичну дію в супроводжуючій протипухлинній терапії. У зв'язку з наявністю радіомодифікуючого ефекту у деяких протипухлинних засобів, в експериментальному дослідженні, проведеному з визначення впливу NSE на стан про-антиоксидантної системи опромінених щурів, встановлена його здатність гальмувати процеси перекисного окислення ліпідів, ініціювати підвищення ефективності антиоксидантного захисту. Враховуючи різнобічну дію препарату NSE, доцільним уявляється виявлення його радіомодифікуючих властивостей.

Мету роботи склало визначення змін про- та антиоксидантної систем і функціонального стану гонадної системи самців щурів за різних умов застосування N-стеароїлетаноламіну та опромінення.

Об'єкт дослідження — прооксидантна та антиоксидантна системи, функціональний стан гонадної системи, нітрит-аніон, гематологічні показники периферичної крові лабораторних статевозрілих самців щурів масою 180–200 г (120 особин).

Методи дослідження — біохімічні, гематологічні, імуноферментні, статистичні.

Результати досліджень: В експериментальному дослідженні на лабораторних щурах за комплексом біохімічних, гормональних та гематологічних показників встановлені радіомодифікуючі (радіозахисні та радіосенсибілізуючі) властивості NSE, які залежали від застосованих доз препарату та величини дози іонізуючого випромінювання. При застосуванні NSE в дозі 50 мг/кг як до, так після одноразового загального опромінення в дозі 2,0 Гр встановлені радіозахисні властивості препарату. При застосуванні NSE в дозі 10 мг/кг як до, так після одноразового опромінення в дозі 6,0 Гр встановлені радіосенсибілізуючі властивості препарату. Пріоритет, авторство та право власності на корисну модель «Застосування N-стеароїлетаноламіну як радіомодифікуючого засобу» захищено патентом України.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КІНЕТИКИ РАДІОНУКЛІДІВ ^{137}Cs ТА ^{90}Sr В ОРГАНІЗМІ ДРІБНИХ ГРИЗУНІВ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ НАДХОДЖЕННЯ.

І.П.Дрозд, А.І.Липська, В.І.Пастушенко, М.В.Найчук

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, shepherd2108@gmail.com

Запропоновано концептуальну математичну модель метаболізму ^{137}Cs та ^{90}Sr для моделювання процесів обміну ізотопів в організмі за різних режимів їх надходження до організму. За результатами експериментальних досліджень з одноразовим та тривалим надходженням радіонуклідів цезію та стронцію до організму лабораторних щурів визначені біокінетичні константи, наведені їх числові значення для кожного ізотопу та різних експериментальних умов. Параметризація моделі була проведена за експериментальними даними.

Для створення програмно-математичного комплексу використовували пакет програм для числового аналізу MATLAB R2009b в середовищі якого створено спеціальні функції: `difeqs`, `difeqs_chron` для випадків одноразового та хронічного надходження ізотопів. Процедура реалізації даного програмного продукту проводилась в такій послідовності:

- написання функцій для опису системи диференціальних рівнянь;
- застосування вбудованої функції `ode45` в середовищі MATLAB;
- написання функції для розрахунку активності ^{137}Cs та ^{90}Sr в органах і тканинах за різних режимів надходження до організму.
- створення бібліотек змінних параметрів;
- розрахунок середньоінтегральної маси тварин;
- розрахунок поглинених доз для різних відділів шлунково-кишкового тракту щурів
- написання функції для розрахунку поглинених доз в окремих органах і тканинах організму з урахуванням вікових змін тварин та особливостей формування дозового навантаження;
- розробка графічного інтерфейсу програми;
- створення блок-схеми коду програми для випадків одноразового та тривалого надходження різних радіонуклідів.

Створено зручний в користуванні програмний продукт для експрес-ідентифікації параметрів кінетики та розрахунку доз опромінення за одноразового та тривалого надходження ^{137}Cs та ^{90}Sr .

ГЕМАТОЛОГІЧНІ ЕФЕКТИ ЗА ТРИВАЛОГО ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ ЩУРІВ ІЗОТОПОМ ^{131}I

І.П.Дрозд, А.І.Липська, О.А.Сова

Інститут ядерних досліджень НАН України, olenasova.ua@gmail.com

Досліджували вплив ^{131}I на гематологічні показники периферичної крові у щурів за тривалого надходження до організму на 2-х групах тварин: 1 група - щоденне надходження 29,3 кБк/тварину впродовж 15 діб (стале надходження);

2 група – надходження впродовж 14 діб ізотопу з початковою активністю 32,33 кБк/тварину (тривале надходження). Надалі активність зменшувалась у відповідності з фізичним розпадом ізотопу. Кров брали з хвостової вени. Підрахунок лейкоцитарної формули проводився в фарбованих за Папенгеймом мазках периферійної крові. У якості контролю брали вихідні дані по крові та кров контрольної групи.

Спостерігали лабільність вмісту нейтрофільних лейкоцитів з тенденцією до нейтрофілезу на 15 добу експерименту за сталого надходження ізотопу і з 3 до 14 доби за тривалого надходження ізотопу. На 3 добу в обох групах відмічено зсув лейкоцитарної формули ліворуч зі збільшенням вмісту паличкоядерних нейтрофілів, яке при тривалому надходженні було достовірним, що свідчить про подразнення кісткового мозку. Очевидно, загибель лімфоцитів зумовлена опроміненням тимуса, у якому поглинена доза майже на 2 порядки величини перевищує таку у кров'яному руслі та кістковому мозку. Підтвердженням цього можна вважати зменшення у кров'яному руслі кількості малих лімфоцитів (МЛ), що залежить від дози опромінення тимуса, і відповідне дозозалежне зменшення маси тимуса. Зміна маси тимуса в обох експериментах була однонаправлена, але достовірне дозозалежне зменшення маси тимуса, що корелює з достовірним зменшенням кількості МЛ у крові, встановлено лише у експерименті з тривалим надходженням. На першу та другу доби після введення ізотопу кількість МЛ зростає до 36 % понад контроль, а, починаючи з 3-ї доби, коли доза опромінення тимуса досягає 0,03-0,04 Гр, зменшується зі зростанням дози за ступеневою залежністю. Наприкінці терміну опромінення, коли поглинена в тимусі доза становить 0,25-0,35 Гр, кількість МЛ у крові зменшилась майже на 60 %, порівняно з контролем. Незважаючи на різницю вихідних даних щодо вмісту лейкоцитів в крові, що залежить від сезону проведення експериментів, виявлено однонаправлені зміни гематологічних показників.

ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ ^{131}I ТА ФОРМУВАННЯ ПОГЛИНЕНИХ ДОЗ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ПЕРОРАЛЬНОГО НАДХОДЖЕННЯ ДО ОРГАНІЗМУ ЩУРІВ

І.П.Дрозд, О.А.Сова, А.І.Липська

Інститут ядерних досліджень НАН України, radiobiology@kinr.kiev.ua

Досліджували особливості кінетики ^{131}I та дозоутворення в органах і тканинах лабораторних щурів лінії Вістар за двох режимів тривалого перорального надходження до організму: а) стале надходження (щоденно надходила одна і та ж активність); б) надходження, що імітує результати “залпового” аварійного викиду ізотопу у довкілля. У другому випадку активність, що надходила до організму, щоденно зменшувалась на величину добового радіоактивного розпаду йоду. В обох випадках (за тривалого надходження ^{131}I до організму) процес накопичення ізотопу в щитоподібній

залозі (ЩЗ) описується трьома змінними взаємопов'язаними дозозалежними параметрами: ефективним періодом напіввиведення, коефіцієнтом депонування у ЩЗ та масою останньої. Запропоновано методичні підходи до ідентифікації та оптимізації цих параметрів. Виявлено, що у випадку імітації аварійного викиду ізотопу доза, яка накопичується у ЩЗ до досягнення значення 350 Гр, лінійно співвідноситься зі значенням добової активності, що надійшла до організму у початковий післяаварійний період. За досягнення поглиненої у ЩЗ дози понад 350 Гр лінійність втрачається, а отриману криву можна описати поліномом високого порядку. Встановлено граничну поглинену дозу, за якої ЩЗ перестає функціонувати і відбувається майже повна деструкція тироїдної тканини. Величина цієї дози становить 1600 ± 35 Гр. Залишкова маса тканини ЩЗ після радіаційного руйнування органу і повної втрати ним функціональної здатності складає приблизно 1 % від маси неушкодженої тканини.

Досліджено процеси накопичення радію та дозоутворення в інших органах і тканинах. Накопичення ізотопу характеризується, переважно, логарифмічною чи показниковою (експоненційною) залежністю від терміну надходження до органу. При цьому доза опромінення тимуса на 2, шлунку та гіподерми на 3, інших органів – на 4, а м'язової тканини – на 5 порядків величини менші, ніж щитоподібної залози. Розкрито особливості формування поглинених доз з урахуванням безпосереднього опромінення радіонуклідами, що надходять до органу чи тканини та додаткового γ -опромінення радіонуклідами, що містяться у критичних органах: ЩЗ і гіподермі. Показано, що доза додаткового опромінення деяких органів, які безпосередньо прилягають до ЩЗ (наприклад, тимус), може на 1 – 2 порядки величини перевищувати таку від безпосереднього внутрішнього опромінення і впливати на функціонування кровотворної та імунної систем.

СТАБИЛЬНОСТЬ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА В ПОЛЕ β-ИЗЛУЧЕНИЯ ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$) МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В.В.Жирнов¹, И.Н.Яковенко¹, В.М.Войцицкий², С.В.Хижняк²

¹*Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев,
vic@bpci.kiev.ua;*

²*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев*

Ранее установлено, что в поле β -излучения малой мощности (ПИММ) не развивается оксидативный стресс, но изменяется структурная организация мембран эритроцитов (МЭ) человека [Zhirnov et al., 2000, 2005]. Известно, что стабильность МЭ контролируется цитоскелет-мембранными взаимодействиями, и структурные перестройки в МЭ оказывают значительное влияние на их осмотическую резистентность (ОРЭ), в механизме развития которой ведущую роль отводят ионам Ca^{2+} [Baines, 2009]. Целью данной работы было изучение стабильности клеточных мембран в ПИММ, оцениваемую по изменению ОРЭ на фоне модификации трансмембранного обмена Ca^{2+} ионофором A23187 и

нитрендипином. Исследования проводили на эритроцитах, выделенных из крови доноров. В клеточные суспензии, до создания гипоосмотических условий, вносили исследуемые вещества и аликвоты раствора $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$. После инкубации (1 ч) ЭР осаждали и измеряли в супернатанте поглощение гемоглобина при 416 нм. Показано достоверное, дозозависимое и обратимое снижение стабильности МЭ в ПИММ 1,5 и 15 мкГр/ч на 24%. Ионифор А23187, напротив, дозозависимо увеличивал ОРЭ на 16 – 28%. Эффективная доза β -излучения (1,5 мкГр) не только не снижала, как можно было ожидать, повышение ОРЭ, вызванное кальцимицином, но, напротив, достоверно усиливало его действие в диапазоне концентраций 0,1 – 10 мкМ еще на 43 – 26%. Однако при минимальной концентрации А23187 (10 нМ) не наблюдалось потенцирования его действия β -излучением, а отмечалось снижение эффективности действия А23187 на 16%. Нитрендипин в концентрации 0,1 мМ снижал ОРЭ на 18%, которая не изменялась в ПИММ. При меньших дозах нитрендипин действовал аналогично А23187. Полученные данные свидетельствуют, что ПИММ модифицирует как Ca^{2+} -опосредованную, так и Ca^{2+} -независимую клеточную сигнализацию, регулирующую стабильность МЭ. Направленность этой модификации, по-видимому, зависит от исходной структуры МЭ и, вероятно, определяется качественными и количественными параметрами изменений мембранной структуры, вызываемых конкретными соединениями.

АДАПТАЦИЯ К ПОВЫШЕННОМУ ЕСТЕСТВЕННОМУ РАДИАЦИОННОМУ ФОНУ И РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ

А.Н.Журавская

*Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, jan43@mail.ru*

Изучены физиологические и биохимические адаптации растений Якутии, длительное время произрастающих в условиях разных мощностей экспозиционных доз (МЭД) повышенного естественного радиационного (ПЕРФ) γ -фона и их влияние на радиочувствительность. На примере ольховника кустарникового, выявлен ряд механизмов биохимических адаптаций к разным МЭД ПЕРФ и их влияние на радиочувствительность его семенного потомства. Установлено, что при значениях ПЕРФ от 3.6 до 35.8 пКл/(кг·с) сохранение (и даже повышение) жизнеспособности и радиоустойчивости проростков к дозам острого γ -облучения обеспечивается за счет повышения суммарной антиоксидантной защиты, сформированной как адаптация к ПЕРФ, с максимумом при МЭД ПЕРФ 21.0 пКл/(кг·с). Длительное существование растений в условиях ПЕРФ в области МЭД 10.7-21.0 пКл/(кг·с) приводит к наложению антиоксидантной радиоадаптации и радиационной стимуляции внутриклеточных метаболических процессов на фоне увеличения

степени диспергированности и уязвимости хроматина. Повышение жизнеспособности проростков и сохранение высокой радиоустойчивости обеспечивается за счет активации систем репарации генома. Дальнейшее увеличение МЭД ПЕРФ до 35,8 пКл/(кг·с) и выше инактивирует репарацию, снижает активность антиоксидантных систем, сохраняет высокую активность генома клеток, что приводит к резкому уменьшению жизнеспособности растительных организмов и их радиоустойчивости к острому дополнительному γ -облучению. При МЭД ПЕРФ более 72,0 пКл/(кг·с) растительные организмы сохраняют свою популяцию за счет уменьшения степени уязвимости генома и увеличения скорости деления клеток. Таким образом показано, что произрастание растительных организмов в условиях хронического воздействия радиационного стресс-фактора среды может привести к изменениям их неспецифического адаптивного потенциала, что отражается на их радиоустойчивости в различных интервалах доз острого дополнительного γ -облучения и зависит от интенсивности действующего раздражителя.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНВЕРСИИ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

О.Л.Зарубин, Н.Е.Зарубина

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина,
oleg.zarubin2011@mail.ru*

Для сравнительной оценки динамики удельной активности ^{137}Cs у гидробионтов, которая представляет собой нелинейный процесс, вместо не совсем подходящего по нашему мнению для этих целей термина «скорость» (снижения или увеличения), авторы предлагают использовать коэффициент инверсии: $K_{\text{инв}} = A_0 / A_t$, где A_0 – удельная активность радионуклида в нулевой момент времени; A_t – активность радионуклида в момент времени t . По сути $K_{\text{инв}}$ отражает кратность изменения (инверсии) удельной активности радионуклидов за любой произвольный отрезок времени. То есть во сколько раз снизилась (или увеличилась) удельная активность в любой выбранный для изучения отрезок времени. Если $K_{\text{инв}} > 1$ – удельная активность радионуклида снижается; Если $K_{\text{инв}} < 1$ – удельная активность радионуклида увеличивается.

Например, снижение удельной активности ^{137}Cs у рыб водоема-охладителя ЧАЭС происходит значительно быстрее по сравнению с рыбами Каневского водохранилища, что особенно ярко проявляется у рыб-бентофагов в первые годы после аварии. Но в отдельные периоды вместо снижения удельной активности ^{137}Cs у рыб Каневского водохранилища наблюдается ее увеличение у плотвы и густеры (рис.).

Так, за период 1987-1996 гг. $K_{\text{инв}}^{137}\text{Cs}$ у плотвы в Каневском водохранилище составил 0.57, а в водоеме-охладителе ЧАЭС – 13.33; у густеры соответственно 0.95 и 29.61 (см. рис.). Также $K_{\text{инв}}$ можно использовать для

решения других задач, например для сравнения динамики удельной активности ^{137}Cs в грибах на разных исследуемых полигонах (и т.п.).

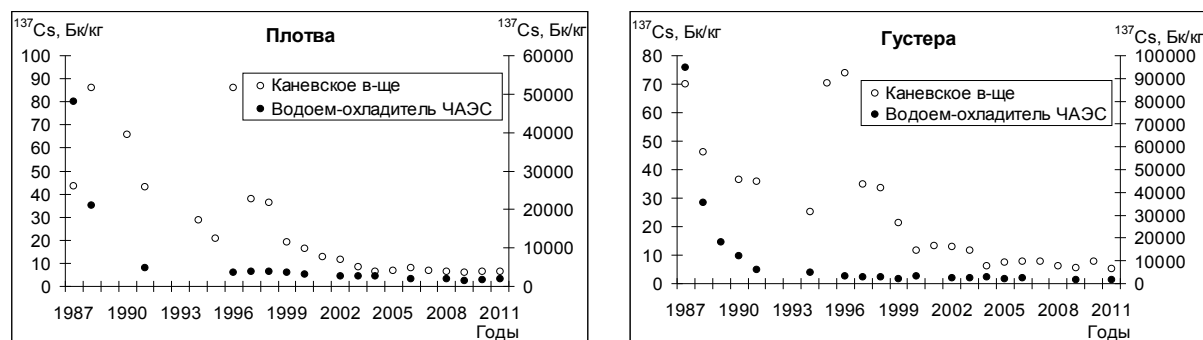


Рис. Динамика удельной активности ^{137}Cs у рыб Каневского водохранилища и водоема-охладителя ЧАЭС (Бк/кг).

Таким образом, этот универсальный и простой $K_{инв}$ можно использовать для решения широкого круга задач, связанных с предварительной оценкой и сравнением динамики одинаковых процессов за любой, произвольно выбранный отрезок времени.

ДИНАМИКА УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ^{137}Cs В БИОТЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧАЭС НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ (2011 – МАЙ 2015 ГГ.)

О.Л.Зарубин, Н.Е.Зарубина, И.А.Малюк, В.А.Костюк

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина,
oleg.zarubin2011@mail.ru

С 2012 г. снижают уровень воды водоема-охладителя ЧАЭС (ВО). Проводились гидроинженерные работы. Происходит трансформация экосистемы ВО. К маю 2015 г. уровень воды ВО по вертикали снизился $\approx$ на 150-200 см. Оголилась часть донных отложений. Происходит отмирание прикрепленных моллюсков (дрейссена) и водной растительности.

На отдельных участках ВО периодически повышалась мутность воды, очевидно, обусловленная добавлением новых и механическим подъемом автохтонных взвесей при гидроинженерных работах. По данным «Экоцентра» (г. Чернобыль) в этот период максимальные уровни удельной активности ^{137}Cs во взвешях ВО увеличились в 2 раза. Это совпадает с началом гидроинженерных работ на акватории ВО, которые привели к значительному повышению мутности воды и, вероятно, к локальному перераспределению ^{137}Cs по некоторым компонентам водоема.

В 2013-2014 гг., по сравнению с 2011-2012 гг. удельная активность ^{137}Cs в водной растительности ВО значительно увеличилась. В отдельных пробах ассоциации рдестов она достигала 94000 Бк/кг, в тростнике – до 77000 Бк/кг, в обрастаниях – до 15000 Бк/кг сухой массы.

Уровни удельной активности ^{137}Cs у тростника «холодной» части водоема значительно выше по сравнению растительностью «теплой» части, что совпадает с картой загрязнения донных отложений ВО.

Максимум удельной активности ^{137}Cs в растительности приходится на май и июнь, что, вероятно, связано с пиком вегетационной активности.

Уровни удельной активности ^{137}Cs у рыб за последние 5 лет практически не изменились. Возможно, это связано с определенной задержкой процессов накопления и выведения ^{137}Cs рыбами по сравнению с водной растительностью.

По данным многолетних исследований регистрируется сезонная динамика удельного содержания ^{137}Cs у дрейссены с понижением в летние месяцы.

Мертвые раковины моллюсков накапливают радионуклиды в большем количестве, чем живые. Береговые отложения раковин отмершей дрейссены являются временным буфером миграции радионуклидов Sr и Cs в трансформируемой экосистеме ВО. Но через несколько лет, в результате естественных процессов деструкции раковин, априори, эти радионуклиды будут поступать в ВО. Кроме того, в результате деструкции раковин возможен сценарий ветрового переноса сорбированных ими радионуклидов.

Реальный, точный прогноз экологического и радиационного состояния ВО невозможен. Ведь такой, «полу-контролируемый» сброс воды в послеаварийном радиационно-загрязненном водоеме-охладителе АЭС проводится впервые в мире.

Очевидно, что с дальнейшим снижением уровня воды в ВО следует ожидать увеличение удельной активности ^{137}Cs во всех компонентах данной экосистемы.

Коллектив авторов продолжает проводить радиоэкологический мониторинг экосистемы ВО.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Н.Е.Зарубина

Институт ядерных исследований НАН Украины, nataliia.zarubina@gmail.com

Целью работы является исследование сезонных изменений уровней удельной активности ^{137}Cs в различных объектах лесных экосистем после аварии на ЧАЭС. Работы проводились на территории Чернобыльской зоны отчуждения. Измерения содержания ^{137}Cs в исследованных объектах (плодовые тела грибов разных видов, почва (послойно), хвоя, побеги сосны обыкновенной 1-го и 2-го годов) проводились с помощью методов гамма-спектрометрии по стандартным методикам. Полученные данные были пересчитаны на 26 апреля 1986. В результате проведенных исследований было установлено, что величина удельной активности ^{137}Cs во всех исследованных объектах изменяется на протяжении календарного года. В почвах не было обнаружено явно выраженной сезонной зависимости: максимумы удельной активности ^{137}Cs

отмечаются на протяжении всего года. В растительности максимальные уровни содержания ^{137}Cs отмечены в летний период, в грибах с максимальный продолжительностью периода плодоношения – в середине осени. Расчет коэффициентов корреляции позволил установить существование слабой связи между содержанием ^{137}Cs в грибах и в том слое почв, в котором находится мицелий каждого вида ($|0,3| < r < |0,5|$). Линейной зависимости между колебаниями уровней удельной активности этого радионуклида в других объектах леса не было обнаружено ($r < |0,3|$). Зависимости между колебаниями уровней удельной активности ^{137}Cs во всех исследованных объектах и метеорологическими условиями (количеством осадков за разные промежутки времени, температурой воздуха) не было установлено ($r < |0,3|$). Анализируя полученные данные можно предположить, что до настоящего времени (2014) ^{137}Cs в лесных экосистемах не находится в квазиравновесном состоянии, а постоянно циркулирует в пределах этих систем.

ОСОБЛИВОСТІ БАКТЕРІАЛЬНОЇ МІКРОФЛОРИ РОСЛИН ІЗ ЗОНІ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

П.Зелена², Ю.Шевченко², В.Бережна¹, Ю.Шиліна¹, М.Гуша¹, О.Моложава²

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
j.shilina@gmail.com

²ІНЦ «Інститут біології» Київського національного університету ім. Тараса
Шевченка

В результаті радіонуклідного забруднення територій радіаційного впливу зазнають всі компоненти екосистем, включаючи мікроорганізми. Метою роботи було виділення та ідентифікація домінантних форм бактерій з рослинних зразків, зібраних в зоні радіонуклідного забруднення, порівняння їх якісного складу, фізіолого-біохімічних та патогенних властивостей з бактеріями, виділеними з рослинних зразків, зібраних поза зоною радіонуклідного забруднення.

Виділення ізолятів бактерій проводили із зразків рослин, зібраних в 10-кілометровій зоні відчуження ЧАЕС (полігон Чистогалівка, 20650 ± 1050 Бк/кг по ^{137}Cs та 5180 ± 550 Бк/кг по ^{90}Sr) та на ділянці з низьким рівнем радіонуклідного забруднення (1414 ± 71 Бк/кг по ^{137}Cs and 550 ± 55 Бк/кг по ^{90}Sr).

В результаті проведеного скринінгу, ізоляти, виділені з насіння льону, вирощеного за відсутності радіонуклідного забруднення, були попередньо ідентифіковані як *Pseudomonas fluorescens* та грам-варіабельна *Paenibacillus sp.* Ізоляти, виділені з насіння льону, який ріс в умовах радіонуклідного забруднення, були попередньо визначені як *Enterobacter spp.* та *Cupriavidus pauculus*. З суцвіття енотери були виділені ізоляти, визначені як *Pantoea spp.* та *Acinetobacter baumannii*.

Особливістю бактерій з радіонуклідзабруднених рослинних зразків було утворення великої кількості слизу та дуже розвинуті капсули. Було

встановлено, що всі виділені ізоляти мали каталазу, тобто були стійкими до окислювального стресу.

Результати проведених тестів на фітопатогенність свідчать, що більшість ізолятів бактерій, виділених з рослинних зразків, зібраних на території з радіонуклідним забрудненням, за рівнем патогенності перевищували ізоляти, виділені з рослинних зразків без радіонуклідного забруднення. Найвищу вірулентність та агресивність виявили ізоляти *Enterobacter sp.* та *Cupriavidus pauculus*, виділені з насіння льону, які проявили патогенні властивості в усіх досліджених тест-системах (льон, кукурудза, арабідопсис).

Отже, в рослин із зони радіаційного забруднення виявлена тенденція до домінування в їх мікрофлорі бактерій з ентерогрупи, близьких до умовно-патогенних форм (полібіотрофів, збудників опортуністичних інфекцій).

EVALUATION OF THE EFFECTS OF ULTRAHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION USING *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* AS A MODEL ORGANISM

L.B.Zelena, T.L.Kachur, I.A.Gretsky

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology NAS of Ukraine, Kyiv,
zelenalyubov@hotmail.com

The various physiological effects of electromagnetic radiation (EMR) on living organisms have been studied and described in a number of publications. These bioeffects are used in medical practice as therapeutic applications of non-thermal and non-ionizing EMR to bone repair, tissue regeneration, wound healing, immune system stimulation and other treatments. Since the mechanisms of EMR influence are not ascertained and some results obtained are contradictory the detailed studies of EMR exposure on individual organisms should be performed.

In our study the cell suspensions of three *Saccharomyces cerevisiae* strains were exposed to ultrahigh frequency (UHF) EMR at wavelength of 12,5 cm (2,45 GHz) and power of 15 W, in the regime of continuous generation, for 5, 10, 15 and 30 min. Samples for morphological and genetic analyses were collected immediately after the treatment.

Results of yeast morphological analysis showed no visible changes in colonies shape and morphometric parameters after irradiation although the slight decreasing of colony diameter after 5 min of exposure and the increasing of this parameter after 10 min was detected in two of three strains. The decreasing by factor 10 of the cell survival rate after exposure for 10 min was revealed among two *S.cerevisiae* strains whereas no difference of this index between control and irradiated samples was observed for the other. Ubiquitin-dependent proteolysis plays a pivotal role in stress responses. The semi-quantitative RT-PCR analysis of ubiquitin-conjugating enzyme was carried out in our study to assess level of *ubc6* gene activity after exposure of yeast cells. There were no changes of gene expression caused by UHF EMR in yeast cells but different strains displayed different level of *ubc6* mRNA abundance. It

should be noted that the yeast strain with the least gene activity was characterized no variability in colony diameter and the cell survival rate caused by irradiation.

Thus, results of the present study revealed that there were no significant morphological and genetic changes in *S.cerevisiae* strains determined by irradiation to power of 15 W with a frequency of 2,45 GHZ. However, some strain-specific peculiarities of morphological characteristics and gene expression were observed and it seems reasonable to consider individual features of the organism using EMR for therapeutic purposes.

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ БАКТЕРІАЛЬНИМИ ПРЕПАРАТАМИ НА НАКОПИЧЕННЯ ^{137}Cs В ЗЕЛЕНІЙ МАСІ РОСЛИН ВИКИ ПОСІВНОЇ

В.В.Ілленко, О.Ю.Паренюк, І.М.Гудков

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
voffchuk33@gmail.com*

Зменшення накопичення радіонуклідів рослинами на забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територіях є важливою проблемою одержання продукції рослинництва, яка б відповідала санітарно-гігієнічним нормативам. Раніше в лабораторних дослідженнях нами було встановлено, що мікроорганізми деяких штамів можуть впливати на надходження ^{137}Cs в рослини, як посилюючи, так і уповільнюючи цей процес. Тому найбільш перспективні штами були випробувані в умовах польового дослідю.

Експерименти проводили на дослідній ділянці в с. Ноздрище Народицького району Житомирської області, яке відноситься до Зони безумовного (обов'язкового) відселення. Об'єктами досліджень були штами мікроорганізмів з колекції Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України: *Azotobacter chroococcum* УКМ В-6003, *A. chroococcum* УКМ В-6082, *Bacillus megaterium* УКМ В-5724, *Agrobacterium radiobacter* ІМВ В-7246 та бульбочкові бактерії роду *Rizobium*. Штами використовували для інокуляції насіння рослин ярої вики посівної, які вирощували в умовах мікроділяночного польового дослідю.

Оцінка питомої радіоактивності рослин свідчить, що варіант з інокуляцією насіння *A. chroococcum* УКМ В-6082+*Rizobium* перевищив всі очікувані результати, показавши за даними всіх трьох пробовідборів стійке зменшення K_H . За результатами першого і другого пробовідборів зменшення у два рази, а третього – в 5–6 разів. *Agrobacterium radiobacter* виділяється помітною здатністю до зменшення K_H (у два рази за результатами третього пробовідбору). В той час варіант з інокуляцією насіння бульбочковими бактеріями показав незначне підвищення рівня накопичення радіонукліду $K_H=0,18$, в порівнянні з контролем – $K_H=0,16$.

Безперечно, одержані результати пов'язані зі специфікою взаємовідносин в системі ґрунт-мікроорганізм-рослина, які не завжди можна легко пояснити.

Проте, було відмічено відносно стабільний вплив на зменшення надходження радіонуклідів в рослини вики бактерії *Azotobacter chroococcum* УКМ В-6082 і можливості використання передпосівної інокуляції цим штамом насіння, як додаткового контрзаходу для зменшення накопичення ^{137}Cs на дерново-підзолистому ґрунті.

ДОЗОВІ НАВАНТАЖЕННЯ НА РИБ ВОДОЙМ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

О.Є.Каглян¹, Д.І.Гудков¹, В.Г.Кленус¹, О.Б.Назаров², Л.П.Юрчук¹

¹Інститут гідробіології НАН України, Київ alex_kt983@mail.ru;

²Державне спеціалізоване підприємство "Чорнобильський спецкомбінат",
Чорнобиль

Після аварії на ЧАЕС, поряд з постійно діючими чинниками у функціонування природних водних екосистем був внесений чинник радіонуклідного забруднення, що супроводжується хронічним опроміненням гідробіонтів різних трофічних рівнів. Оскільки біологічні ефекти від іонізуючого випромінювання обумовлені поглинутою дозою, то розрахунок дозових навантажень на живі організми слід розглядати як невід'ємний компонент радіоекологічних досліджень, які пов'язані із вивченням радіаційного впливу на біоту. Метою наших досліджень було оцінити дозові навантаження, що обумовлені загальною, зовнішньою та внутрішніми дозами на представників різних видів риб, які живуть у водоймах різного типу, з різним рівнем радіонуклідного забруднення. Слід зазначити, що у найбільш несприятливих радіоекологічних умовах знаходяться риби, які ведуть придонний спосіб життя, вони отримують, як правило, максимальну дозу зовнішнього опромінення серед інших представників іхтіофауни водойми. Серед таких риб в Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ) ми досліджували: карася звичайного, карася сріблястого, ліна звичайного, плоскирку європейську, ліна звичайного, ляща звичайного, плітку звичайну, судака звичайного, окуня звичайного, сома європейського. У більш сприятливих умовах знаходяться пелагічні риби, що існують у водній товщі. Вони захищені шаром води як від космічного випромінювання, так і від радіонуклідів, які депоновано в донних відкладах. Для таких видів основним дозоутворюючим чинником залишаються ^{137}Cs та ^{90}Sr , що інкорпоровані безпосередньо в риби. Для розрахунків доз, які проводили з допомогою програми ERICA, нами також було врахована мозаїчність радіонуклідного забруднення дна водойм ЧЗВ.

Слід відмітити, що найбільші рівні питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr відмічено в рибі озер Вершина, Глибоке, Далеке, Азбучин – 900–31800 Бк/кг по ^{137}Cs та 1450–81200 Бк/кг по ^{90}Sr . Питома активність радіонуклідів у рибі замкнутих водойм ЧЗВ весь час перевищувала допустимі рівні (ДР), які прийнято в Україні для рибної продукції – в 53–2892 рази по ^{90}Sr і в 6–212 разів по ^{137}Cs . У рибі руслових ділянок р. Прип'ять в межах ЧЗВ нами зареєстровано одиничні випадки перевищення ДР по ^{137}Cs в риб-хижаків.

Розрахунки потужностей поглинутої дози в різних видах риб замкнених водойм ЧЗВ показали, що для пелагічних риб потужність загальної дози була 1,5 (Янівський затон)–82,3 (оз. Азбучин), а для придонних – 1,7 (Янівський затон)–336,0 (оз. Азбучин) мкГр/год. При цьому частка загальної дози, яку отримала риба від ^{137}Cs становить 24,0 (оз. Глибоке) – 98,2% (оз. Азбучин), а від ^{90}Sr – 1,9 (оз. Азбучин) – 76,9% (оз. Глибоке). Потужність внутрішньої дози (від інкорпорованих в рибу ^{137}Cs та ^{90}Sr) знаходилась в межах 0,8 (Янівський затон) – 11,4 (оз. Глибоке) мкГр/год., де на долю інкорпорованого в рибу ^{90}Sr припадає 54,1–88,6%, а ^{137}Cs – 11,4–45,9% всієї внутрішньої дози.

Таким чином, діапазон поглинутої загальної дози у риб озер Глибоке, Вершина, Азбучин, Далеке складає 4,8–336,0 мкГр/год., Яновського затону – 1,5–74,8 мкГр/год., затону "Щепочка" – 0,04–0,12 мкГр/год. та руслової частини р. Прип'яті – 0,01–0,04 мкГр/год. При цьому вклад ^{137}Cs в потужність зовнішньої дози для більшості випадків переважає над вкладом ^{90}Sr , в той час як ^{90}Sr відіграє домінуючу роль у внутрішній дозі, що отримала риба водойм ЧЗВ (крім риб водойми-охолоджувача ЧАЕС та руслової ділянки р. Прип'ять) від інкорпорованих радіонуклідів.

LONG-TERM EFFECTS OF RADIATION ON THE AUTOIMMUNE THYROIDITIS PREVALENCE IN LVIV REGION DURING 2000-2012 YEARS

O.Kasiyan¹, H.Tkachenko²

¹*Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine;
olhakasiyan@gmail.com*

²*Pomeranian University, Slupsk, Poland, tkachenko@apsl.edu.pl*

Since the Chernobyl accident in 1986 new studies have been published that appear to link radiation exposure to an increased risk of autoimmune thyroiditis (AIT) [Pacini et al., 1999; Eheman et al., 2003; Agate et al., 2008; Tronko et al., 2006]. This accident exposed thousands of people to radioactive iodine isotopes, particularly I^{131} . This exposure was followed by a large increase in thyroid cancer among those exposed as children and adolescents, particularly in Belarus, the Russian Federation, and Ukraine [Vermiglio et al., 1999; Tronko et al., 2006]. The thyroid manifestations of radiation exposure vary, likely due to underlying genetic susceptibility, iodine intake, and pattern of radiation exposure. Some individuals have thyroid destruction, others develop nodules and cancer, and others activate thyroid autoantibodies, some of whom, in a specific time frame, develop autoimmune thyroid disease [Brent, 2010]. A subsequent increase in thyroid cancer has been largely attributed to this exposure, but evidence concerning AIT remains inconclusive [Tronko et al., 2006]. The problem of thyroid gland damage by radiation exposure after the Chernobyl accident had aggravated by the fact that radionuclide's exposure observed in iodine deficiency areas [Vermiglio et al., 1999; Tronko et al., 2006]. It was suggested that large increase of AIT caused by radiation-induced thyroid damage

and primary dysfunction of the immune system at endemic goitre areas were occur [Vermiglio et al., 1999]. The incidence of AIT in Ukraine increased by 13.3 times during 1988-1999 years. It was 0.24 in 1988; while in 1999 were 3.2 per 10 thousand populations. However, the actual AIT level in Ukraine so far unknown, fluctuations in incidence, even in neighboring areas, are unnecessarily large. Therefore, the aim of our study was retrospective analysis of AIT prevalence in Lviv endemic region (Western Ukraine) during 2000-2012 years.

We analyzed the radiation situation in the Lviv region during the last decade based on statistic data of State Sanitary and Epidemiological Service. The level of specific activity of Cs^{137} , Sr^{90} and total β -activity of radionuclide in the water from artesian wells and rainfall, as well as Cs^{137} and Sr^{90} level in foods implemented in the region was analyzed. Analysis of data from the Central Statistical Office in Lviv region towards the consumption of basic foodstuffs and specific activity of Cs^{137} and Sr^{90} in products was done. We determined the actual annual Cs^{137} and Sr^{90} intake with food. The AIT prevalence was studied based on archive data of the regional endocrinology clinic. Our data show that the highest AIT prevalence among seven western regions of Ukraine with iodine deficiency (Volyn, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Lviv, Rivne and Ternopil regions) was noted in Lviv region. It increased from 167.5 per 100 thousand populations in 2000 to 267.5 in 2010.

To determine the effect of radiation on the development of AIT prevalence in the Lviv region among different age and gender groups, correlation analysis between the AIT prevalence and radionuclide levels in water, precipitation and food was done. It was found that the Cs^{137} and Sr^{90} levels in the environment during the study period did not exceed permissible levels. Different degree of radionuclides influence in food, drinking water and precipitation on the AIT prevalence among the population was observed. Total β -activity of radionuclide in drinking water is one of the risk factors of thyroiditis among the population. Correlation between β -activity of radionuclides and AIT prevalence was high ($r=0.48$; $p<0.01$). Correlation between Cs^{137} activity in drinking water and AIT prevalence for females and children was 0.57 ($p<0.05$) and 0.17 ($p<0.05$), respectively. Correlation between thyroiditis prevalence and specific Cs^{137} activity in food among adults population of Lviv region, as well as between the specific Sr^{90} activity in food and AIT prevalence among teenagers and children was done. The relationships between the specific activity of radionuclides in food and the AIT prevalence among the population of Lviv region, as well as between total β -activity in drinking water and the AIT prevalence among adults were demonstrated.

Thus, we noted the different degree of radionuclides influence in food, drinking water and precipitation on the AIT prevalence among the population of Lviv region during 2000-2012 years. Long-term effects of the Chernobyl accident caused by environmental pollution in the Ukraine require further delineation problems of risk groups, prognosis of AIT and its correction.

БИОГЕОХИМИЯ ^{90}Sr И ^{137}Cs В ТИПИЧНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

В.А.Кашпаров, С.Е.Левчук, В.П.Процак, Д.М.Голяка, А.М.Билоус, М.А.Журба
Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии НУБиП Украины, Киев,
vak@uiar.org.ua

Опыт ликвидации Чернобыльской аварии и аварии на АЭС Фукусима-1 показал, что лесные экосистемы играют большую роль с точки зрения воздействия ионизирующего излучения на человека и окружающую среду. За 29 лет после аварии на ЧАЭС радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции уменьшилось в десятки и сотни раз, но при этом загрязнение грибов и мяса диких животных уменьшилось только в разы. В настоящее время в Украине регистрируются превышения допустимого содержащей ^{137}Cs , в основном, в продукции леса.

Для измерения содержания и потоков радионуклидов, параметризации динамических моделей миграции радионуклидов в лесных экосистемах в 2014 году на «цезиевом пятне» были заложены две экспериментальные площадки размером 50х50 м в Повчанском (кв. 50, сосна возраста 60-65 лет) и Лугинском (кв. 102, береза возрастом 50-60 лет) лесничествах Житомирской области. В 2015 году для изучения поведения ^{90}Sr в сосновых и березовых лесах было заложено 7 площадок в Иванковском районе Киевской области и зоне отчуждения ЧАЭС.

С шагом 5 м были проведены детальные измерения МЭД и плотности загрязнения территории ^{137}Cs на каждой площадке, получены вертикальные распределения радионуклидов в подстилке и минеральной части почвы до глубины 1 м. Измерены размеры всех деревьев на площадках и получены картосхемы их распределений. С помощью метода модельных деревьев и пробных площадей определены запасы различных компонентов биомассы и их удельная активность на площадках. Для оценки потоком радионуклидов ежемесячно отбирались пробы отпада, кронных и стволовых вод.

В настоящее время в зрелых сосновых лесах ВЗ (бонитет 1, густота 0,7, возраст 60- 65 лет) до 10 % радиоцезия может находиться в биомассе и до 50% - в подстилке. При этом основной вклад в нисходящий и восходящий поток ^{137}Cs (менее 5% за год от содержания в экосистеме) вносит прирост хвои/коры и отпад.

Наблюдается значительное обеднение ^{90}Sr корнеобитаемого 20-см слоя почв лесов за счет его биогенной и вертикальной миграции.

РАДІОЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОПУСТИМИХ РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ ^{137}Cs ҐРУНТУ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ПІДСОБНОГО ГОСПОДАРСТВА НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД

Н.О.Кимаковська

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Київ,

kimakovskaya@ukr.net

Досвід ліквідації наслідків найбільш масштабних радіаційних аварій показав, що однією з найважливіших складових утворення дози опромінення населення, яке мешкає на радіоактивно забруднених територіях, є внутрішня доза, сформована за рахунок споживання місцевих продуктів харчування.

На сьогодні, після майже 30 років після аварії, існують населені пункти, де реєструється перевищення дози опромінення населення. Перевищення зумовлені вирощуванням продукції на території, де поширені «критичні», з радіологічної точки зору, типи ґрунтів: торфово-болотні, дерново-підзолисті.

Кількісні параметри надходження ^{137}Cs в урожай сільськогосподарських культур з основних типів ґрунтів України у віддалений період після Чорнобильської аварії можуть бути основою для прогнозування забруднення продукції при веденні сільського господарства на радіоактивно забруднених угіддях та розподілу ^{137}Cs у продуктах переробки.

Отримані результати використані при розробці проекту «Комплексна науково-обґрунтована програма заходів щодо забезпечення відповідності чинним державним гігієнічним нормативам продукції місцевого виробництва, якою харчуються діти критичних населених пунктів, віднесених до зон радіоактивного забруднення» та пам'ятки «Рациональне використання радіоактивно забруднених лучних угідь».

Визначені допустимі рівні забруднення ^{137}Cs ґрунтів сільськогосподарських угідь України для віддаленого періоду після аварії на ЧАЕС, можуть бути використані при розробці технологій раціонального використання угідь і при оптимізації проведення контрзаходів, що дозволить отримувати вміст радіонукліду в продуктах у межах гігієнічних нормативів ДР-2006.

ДОЗИМЕТРІЯ ТЕРИТОРІЙ, ЯКІ ЗАЗНАЮТЬ ВПЛИВУ АЕС, ЗА ТЕХНОГЕННИМ ТРИТІЄМ

А.О.Кльосова, Л.І.Григор'єва

Кафедра якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки,

Чорноморський державний університет імені Петра Могили,

anna_alekseeva.9@mail.ru

Тритій (^3H) за рядом причин займає особливе місце в питаннях забезпечення радіаційної безпеки АЕС. Завданням системи контролю є визначення тритію, який може міститися в об'єктах довкілля у вигляді: оксиду

трیتیю (НТО – ^3HNO), органічно зв'язаного трیتیю (ОЗТ – $^{14(12)}\text{C}_x^3\text{H}_y\text{O}_z^1\text{H}$), газу трیتیю ($^3\text{H}_2$); аерозолей, що містять тритій. Нами вже були проведені дослідження з дозиметрії за ^3HNO територій у зоні впливу викидів та рідких скидів ЮУ АЕС, ЗАЕС, за якими визначено, що 1) одним з мало досліджених шляхів формування навантаження на людину від трیتیю є інгаляція ^3HNO при випаровуванні води з поверхні технологічних водойм АЕС: попередні оцінки інгаляційної дози для рибалок та спортсменів-гребців (критична група) свідчили про рівні $(0,06 - 0,16) \cdot 10^{-6}$ Зврік $^{-1}$; 2) постійна фільтрація вод з технологічних водойм АЕС сприяють підвищенню його рівня у підземних водоносних горизонтах, в результаті дозове навантаження від надходження ^3HNO з питною водою склало $(0,1 - 2,2) \cdot 10^{-6}$ Зврік $^{-1}$; 3) використання для зрошування вод поверхневих водойм, гідробіологічно пов'язаних з технологічними водоймами АЕС, призводить до надходження ^3HNO у сільськогосподарські культури, а для людей, задіяних у зрошуваних роботах (в першу чергу, операторів дощувальних машин), існує також ризик інгаляційного надходження трیتیю до людини: ефективна доза складала $(0,5 - 4,0)$ мкЗврік $^{-1}$).

Ця різноманітність шляхів потрапляння техногенного трیتیю до організму людини обумовлює актуальність та необхідність продовження радіаційно-гігієнічних та дозиметричних досліджень на територіях, які зазнають впливу викидів та скидів АЕС. В першу чергу це стосується дозиметрії від інгаляційного надходження ^3HNO , однак існує проблема у пробовідвірниках конденсату вологи з атмосферного повітря для вимірювання рідинно-сцинтиляційним методом вмісту в ній трیتیю. Також слід враховувати, що у загальноприйнятих дозиметричних методиках, заснованих на вимірах ^3HNO , може значно недооцінюватися небезпека ОЗТ, бо дози опромінення за рахунок зв'язаної в молекулах ДНК фракції трیتیю можуть вносити додатково 60 % і більше до величини дози, обумовленої надходженням ^3HNO . Але саме ці 60 %, за сучасними даними, відповідальні за ті шкідливі наслідки для здоров'я населення, які змушують посилювати нормативи вмісту його у вигляді ^3HNO в екологічних об'єктах.

ФОСФОРНО-СЕРНАЯ ГИПОТЕЗА

В.Г.Книгавко

*Харьковский национальный медицинский университет, пр. Ленина, 4, Харьков,
61022, Украина, vknig@mail.ru*

В рамках этой гипотезы обсуждаются некоторые радиобиологические эффекты, связанные с облучением биологических объектов только рентгеновским или гамма излучениями.

Как известно, для облучаемых химических элементов линейный коэффициент ослабления содержит компоненту, связанную с поглощением излучения, причем экспериментально показано, что эта компонента пропорциональна четвертой степени массового числа (Z) элемента.

Наиболее важные биомакромолекулы – нуклеиновые кислоты и белки – имеют в своем составе элементы с большим значением величины Z . В нуклеиновых кислотах таким элементом является фосфор ($Z = 15$), а в белках – сера ($Z = 16$). Отсюда следует, что для белков в значительной степени, а для нуклеиновых кислот в преобладающей степени действие излучения на эти макромолекулы связано с взаимодействием квантов излучения с указанными элементами.

Расчеты показывают, что для нуклеотидов вероятности взаимодействия кванта излучения именно с атомом фосфора, входящего в состав нуклеотида, принимают значения от 0,505 до 0,538.

Аналогичные расчеты для серосодержащих кислот, встроенных в полипептидную цепь, доказывают, что вероятности взаимодействия кванта излучения с атомом серы в серосодержащих аминокислотах равны 0,863 для цистеина и 0,835 для метионина соответственно.

В пользу ведущей роли атомов с большими значениями величины Z в поглощении излучения свидетельствуют результаты ряда экспериментальных работ. В литературе указывалось, что чрезвычайно высокая способность бромурацила реагировать с радикалами связана с тем, что эти радикалы рождаются вблизи атома брома; растворы хлористого водорода в циклогексане дают на 46% больше радикалов, чем в чистом циклогексане; при облучении белков свободнорадикальные центры образуются при связях S-S.

Поглощение излучения приводит к ионизации атома, поглотившего квант излучения, и появлению электронов (δ -электронов, электронов Оже и др.), которые, взаимодействуя с окружающими атомами, порождают ионы и свободные радикалы. Из гипотезы следует, что при облучении ДНК основная часть ионизаций с образованием электронов, создающих свободные радикалы и ионы, – это ионизации атомов фосфора. Таким образом, излучение в первую очередь повреждает фосфодиэфирную связь, создавая условия для возможного дальнейшего разрыва этой связи, например, при взаимодействии ионизированного фосфора с кислородом. Образующиеся при поглощении кванта электроны должны в этом случае чаще всего взаимодействовать с электронными оболочками атомов, расположенных вблизи места повреждения фосфодиэфирной связи. Подтверждением этому являются следующие результаты исследований: при облучении ДНК и в сухом состоянии, и в растворе происходит разрыв фосфодиэфирных связей. При облучении пуриновых и пиримидиновых рибонуклеотидов образуются неорганический фосфат и фосфорные эфиры.

Из обсуждаемой гипотезы следует, что белки и ферменты должны повреждаться тем сильнее, чем больше в них серы. Такое явление действительно наблюдается.

Предлагаемая гипотеза позволяет также несколько по-новому взглянуть и на соотношение значимостей прямого и непрямого действия излучения на биомакромолекулы.

СТАН ГІПОТАЛАМО-ГІПОФІЗАРНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ ТИРЕОЇДНОЇ ТА РЕПРОДУКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДІТЕЙ, НАРОДЖЕНИХ ВІД ОСІБ, ЯКІ БУЛИ ДІТЬМИ НА МОМЕНТ АВАРІЇ НА ЧАЕС

О.В.Копилова, О.В.Камінський, Д.Є.Афанась'єв

*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
НАМН України», Київ, k 0507773333@gmail.com*

За статистичними даними МОЗ і Державного реєстру України встановлено несприятливі зміни у стані здоров'я дітей 0-14 років, які народилися від опромінених батьків (1, 2 та 3 групи первинного обліку); за цими ж даними показано значне зростання показників захворюваності та поширеності захворювань у дітей, народжених від опромінених батьків (4 група первинного обліку), що відбувається більш швидкими темпами, ніж у дитячого населення України. Експериментальні та клінічні дослідження визначили роль функціональної лабільності гіпоталамо-гіпофізарної системи, яка може бути вродженою та набутою, у формуванні несприятливого преморбідного фону для виникнення різноманітних нейроендокринних синдромів. Як вроджена, так і набута функціональна лабільність гіпоталамо-гіпофізарної системи призводить до зриву механізмів адаптації, які підтримують гомеостаз в організмі, клінічно проявляються різноманітними порушеннями.

Мету дослідження складало визначення стану гіпоталамо-гіпофізарної регуляції тиреоїдної та репродуктивної системи дітей, народжених від осіб, які були дітьми на момент аварії на ЧАЕС.

Обстежені 168 дітей, народжених від опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС батьків, з них 72 – від батьків, евакуйованих із зони відчуження, 32 – від батьків - постійних мешканців Києво-Святошинського району Київської області (4 зона) , 64 – від батьків - одвічних мешканців м. Києва. При введенні даних до системи моніторингу проводилася експертиза історій хвороб, систематизувались та стандартизувались дані клінічних, ультразвукових, лабораторних та гормональних досліджень.

Дослідження, проведені у дітей пубертатного віку, народжених від осіб, які були дітьми на момент аварії на ЧАЕС, показали, що відбуваються зміни в центральних та периферичних ланках нейро-гуморальної регуляції. Клінічно вони проявляються ожирінням, інсуліно- та лептинорезистентністю, порушенням тиреоїдного метаболізму, змінами становлення менструального циклу на тлі відносного зменшення розмірів яєчників, неоднорідністю їх ехоструктур, що призводить до дисфункціональних розладів, які в майбутньому можуть викликати порушення репродуктивної системи у жінок та фертильності у чоловіків.

НОВІ ПІДХОДИ ЩОДО РАДІОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТОРФОВИХ ГРУНТІВ

О.В.Косарчук, М.М.Лазарев

*Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету
біоресурсів і природокористування України, тау_07@i.ua*

Тривалий період ліквідації Чорнобильської радіаційної аварії у сільськогосподарському виробництві наглядно довів, що за рахунок контрзаходів можливо суттєво знизити рівні радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції. В офіційні рекомендації увійшли в основному агрохімічні та агро меліоративні заходи, що спрямовані на інтенсифікацію виробництва. Але навіть через тридцять років після аварії торфові ґрунти залишаються критичними у радіологічному відношенні і саме на цих ґрунтах відмічається перевищення вмісту ^{137}Cs в молоці корів і великої рогатої худоби.

На інтенсивному використанні торфових ґрунтів поряд із радіологічними проблемами існує ще одна важлива проблема. Це проблема деградації органічної речовини торфових ґрунтів. При інтенсивному землеробстві за рік може зникати більше ніж 20 кг з 1м² органічної речовини торфового ґрунту. Тому потрібні нові підходи, що спрямовані на збереження органічної речовини торфових ґрунтів за рахунок її тривалої консервації і, в той же час приводити до зниження надходження радіоактивного цезію у рослини.

У зв'язку з цим, базуючись на попередніх дослідженнях та проаналізованих літературних джерел нами обраний напрямок покращення агротехнічних якостей торфових ґрунтів шляхом внесення місцевих меліорантів, а саме: піску і золи.

У лабораторних умовах було проведено серію дослідів із вивчення впливу піскування та внесення золи на надходження ^{137}Cs із торфових ґрунтів у багаторічні трави. Було випробувано декілька доз піску із розрахунку 200 т/га; 300 т/га та 400 т/га та золи 1,5, 2 та 3 т на га. Пісок і золу рівномірно перемішували у верхньому шарі торффу.

Отримані результати свідчать про високу ефективність застосування піску, як меліоранту, для зниження надходження ^{137}Cs торфового ґрунту у рослини. В залежності від кількості внесеного піску ефект складав від 3 до 8 разів.

У варіантах: пісок 200 т/га + зола 1,5 т/га ; 300 т/га + зола 2,25т/га та 400 т/га + зола 3 т/га - Кн зменшується ще у декілька разів.

Таким чином встановлено, що піскування, як агро меліоративний захід є ефективним для зниження рівнів рослинницької продукції від 3 до 8 разів.

Внесення меліорантів у комплексі (пісок +зола) підвищує ефективність піскування торфових ґрунтів.

ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ *BOS TAURUS* ПО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ СОМАТИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО НИЗКОДОЗОВОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

С.А.Костенко¹, Е.В.Федорова¹, П.П.Джус²

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования*

Украины, svitlanakasijan@ukr.net

²*Институт разведения и генетики животных НААН Украины*

Несмотря на значительный период времени, прошедший после аварии на ЧАЭС, многие вопросы, касающиеся влияния хронического низкодозового облучения на млекопитающих остаются открытыми.

Проведен цитогенетический анализ коров черно-пестрой молочной породы, содержащихся на территориях с повышенным уровнем ионизирующего облучения, которые были загрязнены в результате аварии на ЧАЭС.

Анализ данных цитогенетического анализа свидетельствует о том, что исследованные коровы украинской черно-пестрой породы характеризуются широким спектром изменчивости таких показателей как количество клеток с микроядрами и митотический индекс. Среди геномных нарушений у коров в условиях хронического низкодозового облучения стоит отметить достоверно более высокие ($p < 0,05$) значения процента анеуплоидии по сравнению с животными, содержащимися на территориях неблагополучных по радиоактивного загрязнения. Цитогенетические параметры коров колеблются в следующем диапазоне: частота клеток с микроядрами - от $1,87 \pm 0,51$ до $7,52 \pm 0,35$ ‰, двухъядерных - от $1,07 \pm 0,24$ до $4,0 \pm 2,28$ ‰, митотического индекса - от $1,74 \pm 0,22$ до $8,0 \pm 5,26$ ‰. Частота метафаз с анеуплоидией - от $4,23 \pm 1,28$ до $17,8 \pm 9,22$ ‰, с асинхронной расщепления центромерных районов хроматид - от 1,3 до $3,82 \pm 1,14$ ‰, с полиплоидией - от 0 до $1,25 \pm 0,78$ ‰, с хромосомными aberrациями - от $1,18 \pm 0,73$ до $5,3 \pm 4,82$ ‰.

Таким образом, в условиях хронического низкодозового ионизирующего облучения у коров черно-пестрой молочной породы не происходит повышения уровня структурных aberrаций хромосом. Основной реакцией кариотипа являются количественные изменения видоспецифического набора хромосом соматических клеток по типу анеуплоидии. То есть, радиация низкой мощности не индуцирует новых нарушений генетического материала, а усиливает фоновый уровень цитогенетической нестабильности генома.

МЕХАНІЗМИ ВІДНОВЛЕННЯ АРХІТЕКТОНІКИ АПКАЛЬНОЇ МЕРИСТЕМИ КОРЕНЯ ПІСЛЯ РАДІАЦІЙНОГО УРАЖЕННЯ

О.А.Кравець¹, В.В.Бережна², В.І.Сакада², Н.М.Рашидов², Д.М.Гродзинський²

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАНУ», Київ,
kravetshelen@gmail.com

²Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, Київ

Тканинний гомеостаз меристеми підтримується за рахунок зворотного негативного зв'язку між розмірами проліферативного пулу меристеми та активністю центру спокою (Гродзинский, 1972). Одним з головних механізмів відновлення вважається репопуляція, але структурна складова цього процесу до тепер залишається слабо вивченою (Гродзинский, 1972, 1989; Гудков, 1985). За нашими даними (проростки *Pisum sativum* опромінювались в дозах від 4 до 10 Гр), репопуляція супроводжувалась утворенням в дистальній частині меристеми проліферативних пулів, на основі яких формувалися нові вертикальні ряди клітин. При цьому, просування нерепарованих клітин у зону розтягування може сповільнюватись або блокуватись завдяки перериванню симпластичного росту і заміщенню інактивованих клітин. В результаті частина пошкоджених клітин усувається від участі у побудові спеціалізованих тканин кореня. Інший механізм відновлення пов'язаний з локальною проліферацією клітин перициклу, а також життєздатних клітин основної меристеми. В периблемі він здійснюється за рахунок тангентальних поділів клітин всередині поліцитів, приводячи до вдавнення та заміщення інактивованих клітин у суміжних рядах. При репопуляційному відновленні має місце особливий, подібний до інтрузивного, тип росту клітин і клітинних рядів, які просуваються, розсуваючи інактивовані клітини. Крім того, в пошкодженій меристемі утворюються окремі вертикальні клітинні комплекси клітин, вростання яких відбувається як у бік дистальної, так і базальної частини меристеми. Зазвичай поняття інтрузивного росту характеризуються декількома ключовими елементами і його застосовують для індивідуальної спеціалізованої клітини (Горшкова, 2009). В нашому випадку йдеться про зовсім інше – заміщення загиблених клітин і збереження цілісності, безперервності тканин кореня. Можливість інтрузивного росту обумовлюється, на нашу думку, загибеллю клітин і розривом міжклітинних контактів.

МЕТИЛУВАННЯ ДНК ЯК СКЛАДОВА ЕПІГЕНЕТИЧНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ РАДІОСТІЙКОСТІ РОСЛИН

О.П. Кравець, Д.О.Соколова

Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАНУ, Київ,
kaplibra@gmail.com

У чотирьох серіях експериментів досліджувалась роль метилування ДНК як складової епігенетичної регуляції в формуванні радіоадаптивної реакції при різних режимах іонізуючого та УФ - С опромінення. Показано, що при формуванні радіоадаптивної реакції відбуваються зміни у профілях метилування як сателітної, так і ДНК, що транскрибується. Зміни профілів відбуваються за рахунок як деметилування існуючих, так і метилування нових сайтів, що свідчить про перехід від підтримуючого до метилування *de novo* обох функціональних форм ДНК. Найбільші зміни виявлено у перебудовах профілів метилування сателітної ДНК, що свідчить про значимість цього фактору в визначенні радіостійкості і адаптації цілісного організму.

Встановлено, що переключення метилування ДНК у режим *de novo* відбувається при перевищенні інтервалу між послідовними фракціями УФ-С-опромінення одна година. Показано залежність перебудов профілів метилування функціонально різних послідовностей ДНК від часу між сеансами гострого УФ-С-опромінення та хронічного гамма-опромінення, що свідчить про зв'язок цих ефектів з реалізацією різних за характеристичними часами епігенетичних механізмів, що лежать в основі адаптації.

З використанням біоінформаційних підходів встановлено існування кількісного зв'язку між змінами характеру метилування ДНК та радіорезистентності цілісної рослини за частотою хромосомних аберацій при різних режимах опромінення. Вперше показано зв'язок різної швидкості проростання насіння довільної вибірки з вихідним поліморфізмом профілей метилування функціонально різних послідовностей ДНК проростків та їх радіостійкістю, що дозволяє розглядати характер метилування ДНК як фактор індивідуальної радіостійкості організму, а поліморфізм профілів метилування як фактор популяційної радіостійкості. Встановлено, що адаптивний потенціал рослинного організму пов'язаний із вихідним станом метилування функціонально різних послідовностей ДНК, а адаптивні можливості популяції рослин - з поліморфізмом профілів метилування ДНК.

ПОПУЛЯЦІЙНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ ЕКСТЕР'ЄРНИХ ОЗНАК КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА В АГРОЦЕНОЗАХ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

О.Ю.Крайнюк, В.А.Гайченко

*Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України, Київ,
kriman92@ukr.net*

Однією з актуальних проблем сучасності є вплив техногенної діяльності на об'єкти довкілля, що набуває в останні десятиліття глобальних масштабів. Інформація відносно обмеженого набору морфологічних ознак, дає можливість охарактеризувати рівень стабільності екосистеми в цілому, а також оцінити сумарну дію комплексу техногенних полутантів, що в кінцевому висновку дозволяє дати екологічну оцінку якості оточуючого природного середовища. До таких інтегральних показників відноситься і рівень фенотипічної мінливості певних морфологічних ознак, які, в першу чергу, мають адаптивний характер, але найчастіше детермінуються одним геном. До таких ознак насамперед відносяться асиметрія прояву білатеральності будови деяких комах, а також відмінності в формі і структурі малюнку їх надкрил.

В якості матеріалу для вивчення були взяті імаго колорадського жука *Leptinotarsa decemlineata* (Say) з двох ділянок картоплі, що відрізняються за щільністю радіоактивного забруднення ґрунту – с. Кислівка Таращанського району Київської області (555 кБк/м²) та с. Снітинка Фастівського району Київської області (10 кБк/м²). Об'єм вибірок ентомологічного матеріалу становив при кожному зборі 85 тварин.

Аналіз особливостей малюнка надкрил виявив по 8 окремих морфотипів у кожній з вибірок. Привертає увагу той факт, що окрім даних 8 морф у вибірці з ділянки з високою щільністю забруднення було знайдено додатково 9 морф з асиметричним малюнком надкрил. На обох ділянках з 8 морфотипів малюнка надкрил жуків 4 є класичними (V, W, H), а 4 – новими. Звертає на себе увагу той факт, що всі варіації фенів дуже подібні до фенів, що зустрічались у зоні відчуження ЧАЕС

Частота прояву фенів, відмінних від класичних, на ділянці з високою щільністю радіоактивного забруднення приблизно втричі вища, ніж на ділянці з низькою щільністю. Характерним є те, що всі відмінності в малюнку елітр пов'язані зі збільшенням пігментованих смуг, тобто зі збільшенням вмісту меланіну, що, однозначно, є адаптацією до радіоактивного опромінення. Свідченням цього є відмінності у співвідношенні прояву фенів на ділянках з різною щільністю забруднення ґрунту.

Дослідження, проведені в зоні відчуження ЧАЕС у 1994 р. показали наявність суттєвої частини жуків з асиметричним малюнком на елітрах. Аналогічна ситуація спостерігається і на досліджених нами ділянках. Якщо частота асиметричного прояву фенів у зоні відчуження ЧАЕС була втричі вищою, ніж за її межами, то в нашому випадку колорадські жуки з ділянки «Кислівка» характеризуються вдвічі вищою асиметрією, ніж з ділянки

«Снітинка», що, безумовно, свідчить про певні епігенетичні порушення. Ці порушення обумовлені, скоріш за все, зростаючим онтогенетичним «шумом». Так, загальна фенотипічна дисперсія ознак забарвлення жуків на обох ділянках приблизно однакова, у той час як рівень флуктуючої асиметрії в першому районі вдвічі вищий, ніж у другому.

**PECULIARITIES OF RESPONSES TO CHRONIC IMPACT
OF SMALL DOSES OF IONIZING RADIATION
IN ANIMALS OF NATURAL POPULATIONS**

A.G.Kudyasheva

*Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of
Sciences, Syktyvkar, Russia, kud@ib.komisc.ru*

Functional changes that determine metabolic homeostasis of the organism are one of the mechanisms of adaptation of rodents to radioactive contamination. Researches of natural populations of rodents, living under the technogenic radioactive contaminations, show a challenge of animal's responses to new environmental conditions. Integrated monitoring of cellular regulation systems state has been carried out and the interrelation between the parameters of various elements of lipid peroxidation regulatory system and energy supply in tissues of mouse-like rodents of natural populations from 7 localities with different levels of radioactive pollution from the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant (1987-1991, 2007) and from 4 stationary localities with normal and increased levels of natural radioactivity of the Komi Republic (1981-1984, 2005-2006) has been studied. Rodents from the exclusion zone of Chernobyl have significant changes in processes of dehydration, antioxidation activity and composition of phospholipids comparing with those from the Ukhta station. This fact confirms large imbalance of cell regulation systems of the animals from the exclusion zone especially during the first three years after the accident. Observed biochemical changes largely depended on the level of radioactive contamination, time of radiation exposure, species and age of the animals and investigated tissue. More expressed changes were found in cell regulation systems of the rodents from natural habitats with increased level of radioactivity, where internal α and β -radiation dominates as well as heavy natural radionuclides as toxic elements, comparing with. Peculiarities of responses to chronic impact of small doses of ionizing radiation in animals of natural populations: absence of linear dependence of the investigated parameters from the level of radioactive pollution; expansion of variation limits of indicators or high heterogeneity of responses; essential contribution of intra-population processes; dependence of the value and sign of the effect from the initial condition of parameters; disbalance in intersystem relations in organs of endocrine system; disorder in interrelations between the coordinated in norm parameters of peroxidation of lipids and energy metabolism; change of sensitivity of fibers and organisms to the subsequent influence.

ОСОБЛИВОСТІ ПОСТРАДІАЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДОБОВИХ РИТМІВ ІМУННОЇ СИСТЕМИ ЩУРІВ З РІЗНОЮ РЕАКЦІЄЮ НА СТРЕС

О.В.Кузьменко, М.О.Іваненко

*Державна Установа «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва
національної академії медичних наук України», м. Харків, Україна,
evkuzmenko@mail.ru*

Метою даної роботи є з'ясування індивідуальних особливостей пострадіаційного відновлення добових ритмів функціонування системи імунітету відмінних за реактивністю експериментальних тварин (щурів). Дослідження проведено на 80 щурах-самцях масою 180 – 220 г., опромінених у дозі 6,0 Гр на рентгенівському апараті РУМ-17 (о 20:00). За два тижні до опромінення тварин піддавали стрес-впливу (іммобілізація протягом 3-х годин). Відразу після іммобілізації, а також на 3, 7, 14, 21, 30-ту добу після разового опромінення (о 12:00; 18:00; 24:00; 6:00) визначали фагоцитарну активність нейтрофілів периферичної крові, вміст Ig G, ЦІК.

Реакція білого ростка кровотворення щурів на стресорний вплив дозволила розділити тварин на: гіперреактивних (з середнім значенням коефіцієнту л/н $0,74 \pm 0,01$) та гіпореактивних (коефіцієнт л/н $1,02 \pm 0,08$). Середнє значення коефіцієнта л/н у нормі складало $2,30 \pm 0,09$ (1, 84 – 2,37).

На 3-ту добу після опромінення (о 20:00) зміни циркадних ритмів досліджуваних імунологічних показників як у гіпо-, так і у гіперреактивних тварин були подібними, тобто спостерігали зсув акрофаз з ранкових годин на денний час.

У гіперреактивних тварин на 14-ту добу після радіаційного впливу спостерігали тимчасове відновлення циркадних ритмів імунологічних показників. Для гіпореактивних тварин відновлення добових ритмів даних імунологічних показників спостерігалось на 30-ту добу дослідження.

Така інтенсивна первинна реакція на дію радіації у гіперреактивних тварин може сприяти тому, що відновлення спостерігається в короткий часовий проміжок, а потім настає виснаження й тривала депресія імунної системи. Зазначені розбіжності в часі прояву реакцій імунної системи на радіаційний вплив можуть бути одним з факторів, що визначають радіорезистентність організму.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ З ПАРАМЕТРАМИ ДІАСТОЛІЧНОЇ ФУНКЦІЇ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА У ХВОРИХ З КАРДІОТИРЕОЇДНОЮ ПАТОЛОГІЄЮ ПРИ ХРОНІЧНОМУ ВПЛИВІ РАДІАЦІЙНОГО ЧИННИКА

Г.В.Кулініч¹, М.М.Кочуєва^{1,2}, В.С.Кулініч¹

¹ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України»,

Харків, *imr_ss@ukr.net*;

²Харківська медична академія післядипломної освіти

Мета: дослідити взаємозв'язки рівнів тиреоїдних гормонів та показників, що характеризують діастолічну функцію лівого шлуночка (ЛШ) серця у осіб, що контактують із іонізуючим випромінюванням (ІВ) в професійних умовах, хворих на ішемічну хворобу серця (ІХС) з хронічною серцевою недостатністю (ХСН) та супутнім аутоімунним тиреоїдитом (АІТ) при еу- та гіпотиреозі.

Матеріали та методи. Обстежено 80 осіб, що працюють в сфері дії ІВ, хворих на ІХС з ХСН II функціонального класу за NYHA зі збереженою систолічною функцією лівого шлуночка та супутнім АІТ. Стаж роботи в сфері дії ІВ не менше 15 років (медіана 20,0 [17,5; 24,0] років), доза зовнішнього опромінення не перевищувала 50 мЗв за весь період роботи. Залежно від функціонального стану ЩЗ з 80 хворих було сформовано 2 групи: 1 – 40 осіб (7 чоловіків, 33 жінки) медіана віку – 61,5 року, зі збереженою функціональною активністю щитоподібної залози (ТТГ 2,06 [1,5; 3,2]; Т₄_{вільн} 16,4 [14,8; 17,5]); 2 – 40 осіб (8 чоловіків, 32 жінки) медіана віку – 62 роки, зі зниженою функціональною активністю ЩЗ (ТТГ 7,2 [6,5; 8,9]; Т₄_{вільн} 12,96 [11,2; 14,3]). Структурно-функціональний стан серця визначали за допомогою ультразвукової діагностичної системи Xario SSA-660A (Toshiba Medical Systems Corporation, Японія) за загальноприйнятою методикою. Рівні Т₄_{вільн}, ТТГ у сироватці крові визначали імунохемілюмінесцентним методом із використанням моноклональних антитіл (набір реагентів фірми «Bayer», Німеччина) на автоматичному аналізаторі ADVIA Centaur (Siemens). Статистичний аналіз отриманих даних проводили за допомогою програми Statistica for Windows версії 10.0. Для вивчення взаємозв'язку двох ознак використовувався ранговий кореляційний аналіз за Спірменом.

Результати. В групі 1 не було виявлено взаємозв'язків рівнів ТТГ і Т₄_{вільн} із показниками, що характеризують діастолічну функцію ЛШ. У групі 2 були встановлені статистично значущі взаємозв'язки рівнів ТТГ із співвідношенням Е/А ($r = 0,49$, $p < 0,05$), е/а ($r = -0,48$, $p < 0,05$), Е/е ($r = 0,47$, $p < 0,05$) і рівнями середнього тиску в легеневій артерії (СрТЛА) ($r = 0,44$, $p < 0,05$). Були також виявлені негативні кореляційні зв'язки середньої сили між рівнями Т₄_{вільн} і Е/А ($r = -0,56$, $p < 0,05$), Е / е ($r = -0,43$, $p < 0,05$), СрТЛА ($r = -0,37$, $p < 0,05$).

Висновки. У осіб, що працюють в сфері дії іонізуючого випромінювання, хворих на ІХС з ХСН II ФК з супутнім АІТ виявлені статистично значущі кореляційні зв'язки рівнів гормонів ЩЗ із параметрами діастолічної функції ЛШ при зниженій функціональній активності ЩЗ. Прямі взаємозв'язки рівнів

ТТГ та зворотні зв'язки $T4_{\text{вільн}}$ з показниками трансмітрального кровоплину свідчать про більш тяжку діастолічну дисфункцію ЛШ у хворих з більш вираженими порушеннями функції ЩЗ.

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПО РЕФЕРЕНТНЫМ ВИДАМ БИОТЫ И ПО БИОТЕ С МАКСИМАЛЬНЫМ ДЕПОНИРОВАНИЕМ РАДИОНУКЛИДОВ

Ю.А.Кутлахмедов¹, И.В.Матвеева²

¹*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАНУ*

²*Институт экологической безопасности НАУ, Киев*

Для сравнения используем, описанную нами склоновую экосистему Поместим в эту экосистему некоторые референтные виды: в лесу – сосна и олень, на лугу, террасе и пойме – траву, в озере – рыбу, лягушку и бентосные организмы. В качестве вида использующего данную экосистему – рассмотрим популяцию людей. Природопользование у людей для данной склоновой экосистемы ограничим, потреблением воды для питья и орошения, и продуктами питания – по системе – трава (луг, терраса и пойма) – молоко-мясо.

Допустим, что лес в данной склоновой экосистеме загрязнен радионуклидами цезия -137 на экстремальном уровне в 200 Ки/км². Рассмотрим оценки дозовых нагрузок на некоторые виды биоты, которые предлагается использовать в качестве референтных.

Проведем расчет дозовых нагрузок на выбранные виды биоты в рассматриваемой склоновой экосистеме. Для расчетов, используем наши оценки надежности транспорта радионуклидов на основе разработанных камерных моделей . Используя далее модель расчета дозовых нагрузок Б. Амиро можно оценить конкретно дозовые нагрузки на все выбранные для анализа референтные виды биоты.

Расчет показал, что возможно установить такие дозовые нагрузки и сравнить их с критическими дозами, определенными как доза в 0,4 Гр/год для животных и 4 Гр/год для растений и гифробионтов.

Нами получены данные расчетов дозовых нагрузок на биоту референтных видов. Расчеты по модели Б. Амиро, показали, что сосна не получает критических доз, превышающих предельные 4 Гр/год. Она хотя незначительно превышает критическую. Доза для людей, использующих продукты питания и воду с данной склоновой экосистемы, не превышает 1 мЗв/год, Это совсем не критично. Дозы на лягушек в озере составляют 0,2 Гр/год, что меньше 0,4 Гр/год и тем самым не определяет критичность данной экологической ситуации. А вот доза на бентосные организмы как, минимум составляет 16 Гр/год, что намного превышает критическую дозу в 4 Гр/год. Это грозит отмиранием биоты бентоса, а значит и серьезными экологическими последствиями для всей экосистемы. При этом может произойти подкисление среды обитания, и в результате десорбция радионуклидов, накопленных в илах озера

Очевидно, что в данной экосистеме экологическое нормирование следует проводить именно по критической биоте, получающей самые высокие дозовые нагрузки и определяющей благополучие экосистемы в целом.

Использование для экологического нормирования референтных видов, вероятно можно использовать для грубых оценок, а для контроля благополучия биоты экосистем целесообразно использовать оценки дозовых нагрузок на критическую биоту, где в динамике накопления радионуклидов, происходит наибольшее депонирование поллютантов. Для каждого типа экосистем, такая биота определяется через моделирование. Для реки и озера - это бентос, для моря – это биота в пелагиали, в лесу – биота лесной подстилки и далее через ландшафт, возможно, биота озера или болота и т.д. Заранее выбрать референтные виды и по ним определять критичность загрязнения всей экосистемы, практически невозможно.

СУЧАСНИЙ ВИДОВИЙ СКЛАД РИБ ВОДОЙМ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА (ТРЕТЯ ЗОНА РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ)

Ю.К.Куцоконь¹, Л.І.Кобзар²

¹Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, Київ,
carassius1@ukr.net;

²Поліський природний заповідник, с. Селезівка Житомирської обл.

Поліський природний заповідник розташований на самій півночі Житомирської області, біля кордону з Білоруссю, в Овруцькому та Олевському адміністративних районах. Основні водотоки – річки басейну Прип'яті, а саме Уборть, Перга, Болотниця. Територія заповідника зайнята болотами і лісами.

Після аварії на ЧАЕС територія заповідника увійшла до третьої зони радіаційного забруднення, лише деякі ділянки – до другої зони. В самому заповіднику воно розповсюджене нерівномірно: забруднення ґрунту (цезієм - 137) коливається від майже нульових значень до 10,0 Кі/км², (за даними Поліської АЛДС станом на 1997 р.). Загалом, в усіх трьох лісництвах, які входять до складу заповідника (Селезівському, Копищанському і Перганському) 2 квартали із забрудненням 7,1 – 10,0 Кі/км², 5 кварталів – від 5,1 до 7,0 Кі/км², 85 кварталів – від 2,1 до 5,0 Кі/км², 109 кварталів до 2 Кі/км². Найбільше забруднення спостерігається в районі сіл Перга, Рудня Перганська, а також в лісових кварталах між селами Майдан Копищанський і Хочино. Таким чином, стік річки Перги і частково Уборті забрудненіший, ніж Болотниці.

Сучасне рибне населення річок Поліського заповідника та його околиць включає 27 видів міног і променеперих риб. З них п'ять видів, включених до «Червоної книги України» (2009), а саме: мінога українська *Eudontomyzon mariae*, ялець звичайний *Leuciscus leuciscus*, бистрянга російська *Alburnoides rossicus*, минь річковий *Lota lota*, карась звичайний *Carassius carassius*. Для багатьох водойм Дніпра ці види є зниклими через ряд інших факторів

антропогенного впливу (гідробудівництва, зарегулювання стоку тощо), тому Поліський заповідник, незважаючи на радіаційне забруднення, є їх резерватом. У риб водойм заповідника і околиць за 4 роки моніторингу нами не спостерігалось фенодевіантів у зовнішній і внутрішній будові. Розмірно-вікова структура масових видів свідчить про достатні умови для нересту. Разом з тим, викликає занепокоєння несанкціонований видобуток бурштину в Олевському районі, що може призвести до зміни гідрорежиму річок Уборті та Перги. Крім того, час від часу відбувається зариблення приватних ставків чужорідними видами риб, звідки вони можуть потрапляти до річок.

SPONTANEOUS MUTATION RATE IN LOCI *cinnabar* IN NATURAL POPULATION OF *Drosophila melanogaster* FROM UKRAINE

A.V.Lavrinenko, S.V.Serga, A.V.Procenko, I.A.Kozeretska

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, ESC "Institute of Biology",
laurus.yalta@mail.com*

Spontaneous mutations, as the ultimate source of all genetic variations, are arguably among the most fundamental processes in biology, and the mutation rate is one of the key quantities that describe life [Fyodor A. Kondrashov & Alexey S. Kondrashov]. However, we know relatively little about the molecular nature of this process, i.e., about the rate of different events, like: nucleotide substitutions, deletions, insertions, duplications etc., are among all spontaneous mutations [Yang et al. 2001].

We have studied the frequency of spontaneous mutations in loci *cinnabar* (*cn*: 2-57.5) of *Drosophila melanogaster*. To this end, we analyzed 15050 male and female representatives of natural populations from different environmental conditions localities, namely from: Varva town and Chernobyl exclusion zone, Ukraine.

We registered a relatively high frequency of spontaneous mutations, thus, the frequency in locus *cn* for males and females of Varva town was 6.4×10^{-4} and 27×10^{-4} respectively, which is in several orders higher than those which were described in the literature before [Watanabe et al. 2009, Yang et al. 2001]. In populations from Chernobyl, we did not find any visible mutational phenotypes.

We sequenced mutant strains derived from natural population of Varva town. Sequence analyses have shown that mutant strains contain 17 single nucleotide substitutions and 2 nucleotide deletions. Some of the substitutions lead to the amino acid change. The obtained sequences of *cn* gene demonstrate more similarity with sequences from Yang et al. (*GenBank*: AF317319) than with wild type gene (*GenBank*: U56245).

Thus, we demonstrated that the molecular nature of spontaneous mutations in locus *cn* in natural drosophila population from Ukraine are small nucleotide polymorphisms, but not big indels and MGE insertions as it was shown in recent studies [Yamaguchi et al. 1994, Watanabe et al. 2009].

ПОРІВНЯННЯ ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧЕННЯ ТА ВИВЕДЕННЯ ^{137}Cs У М'ЯСІ ТА ЯЙЦЯХ КУРЕЙ-НЕСУЧОК І ПЕРЕПЕЛІВ

М.М.Лазарєв, Ю.В.Вечтомова

Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ, Lazarev@uiar.org.ua

У сільськогосподарському виробництві птахівництво є однією із важливих і перспективних галузей тваринництва, від якої при невеликих затратах праці і кормів одержують значну кількість цінних дієтичних продуктів харчування для людини. Після аварії на ЧАЕС радіоактивного забруднення зазнали значні площі сільськогосподарських угідь, що призвело до забруднення радіонуклідами рослин, тварин і птиці. Тому на сьогодні є актуальним завдання правильно вирощувати і використовувати продукцію птахівництва, обирати її напрямом з урахуванням умов радіоактивного забруднення місцевості конкретного регіону.

Перепільництво – перспективна галузь птахівництва, що дозволяє розширити асортимент продукції за рахунок виробництва високопоживних дієтичних продуктів харчування – перепелиних яєць і м'яса. Домашні перепела вигідно відрізняються від інших видів с/г птиці скороспілістю, унікальним хімічним складом і смаковими якостями м'яса і яєць, високою яйценосністю, стійкістю до інфекційних захворювань.

З метою порівняння параметрів накопичення та виведення ^{137}Cs у курей-несучок і перепелів були експерименти на цих видах птиці. Для дослідів відбирались молоді кури-несучки і перепілки, яким щоденно протягом 30 днів перорально вводили ^{137}Cs із розрахунку – 60 Бк/добу для перепілок і 100Бк/добу для курей. Для аналізу відбирались яйця, а також продукти забою (м'ясо, шкіра, серце, печінка, легені, ШКТ, пір'я). Отримані експериментальні дані свідчать, що у курей вихід на плато накопичення ^{137}Cs у більшості органах відбувається до 10 діб, у м'язах максимальне плато спостерігали на 20 добу.

У дослідах на перепілках відмічали більш інтенсивне і більш тривале накопичення ^{137}Cs , досягаючи свого максимуму на 28 день. При цьому найбільше коефіцієнт накопичення для м'язів сягав 30 кратного значення.

Питома активність ^{137}Cs у яйцях (меланж) курей-несучок інтенсивно зростає на 3 добу затравки, досягаючи 300 Бк/кг і майже до кінця дослідів тримається на цьому рівні з незначними відхиленнями. На відміну від куриних яєць, активність ^{137}Cs у яйцях перепілок зростає до 20 доби. При аналізі даних також виявили достовірну різницю у параметрах виведення даного радіонукліду із організму курей несучок і перепелів.

ПРИРОДНАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ: ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ В УЧЕБНИКАХ ПО МОРСКОЙ РАДИОЭКОЛОГИИ

Г.Е.Лазоренко

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевського РАН,
Севастополь, g.e.lazorenko@gmail.com*

На протяжении последних 50 лет основная задача морских радиоэкологов состояла в проведении мониторинговых исследований среды и биоты для оценки уровней их загрязнения искусственными радионуклидами, поступающими в моря и океаны вследствие испытаний атомного оружия в атмосфере и аварий на объектах атомной промышленности. Однако все больше радиоэкологических работ отражает результаты исследования поведения природных радионуклидов в морской среде и биоте. Образующиеся в цепи распада трех естественных радиоактивных рядов ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th радионуклиды ^{232}Th , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Pb и ^{210}Po заслуживают особого внимания. В повышенных концентрациях они попадают в морскую среду со сбросными водами химических предприятий по добыче и переработке руд, содержащих уран, торий, редкоземельные элементы и фосфор, а также с отработанными пластовыми водами при добыче нефти и газа на морском шельфе. При вулканических извержениях содержание ^{222}Rn и его дочерних радионуклидов ^{210}Pb , ^{210}Bi и ^{210}Po в атмосфере Земли увеличивается многократно. Образуясь вследствие распада ^{222}Rn в атмосфере, радионуклиды ^{210}Pb и ^{210}Po попадают на поверхность морей с осадками. Поступая в морскую среду, ^{210}Pb связывается взвешенным неорганическим веществом, а ^{210}Po вовлекается в биогеохимические процессы, ассоциируется с органической взвесью и аккумулируется гидробионтами строго в соответствии с трофической сетью. Вклад только одного ^{210}Po в «морскую дозу» облучения биоты и человека вследствие употребления в пищу морепродуктов составляет 50-80% от вклада всех представителей природной радиоактивности. Нами установлено, что уровень дозовых нагрузок, формируемых ^{210}Po в индикаторных видах гидробионтов Черного моря, почти на два порядка превышает их величины от излучения черномыльского радионуклида ^{137}Cs , что соответствует обобщенным результатам исследователей разных морских районов. Несмотря на большое количество монографий и других публикаций, отражающих достижения радиоэкологов в изучении закономерностей поведения естественных радионуклидов в морских экосистемах, их результаты еще довольно скромно отражены в современных учебниках по морской радиоэкологии, что влияет на подготовку специалистов в этой области знаний.

СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ^{137}Cs ТА ^{90}Sr

С.Є.Левчук, В.О.Кашпаров, Л.В.Йощенко, В.В.Павлюченко

*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
НУБіП України, slava@uiar.kiev.ua*

Навіть через майже три десятиліття після Чорнобильської аварії мешканці радіоактивно забруднених територій країни піддаються переважно внутрішньому опроміненню за рахунок споживання забруднених радіонуклідами продуктів харчування місцевого виробництва. Якщо у перші роки після аварії за рахунок надходження в організм продуктів харчування з підвищеним вмістом радіонуклідів воно складало 50-70% загальної дози, то у останні роки зросло до 70-95%.

Вибірковий моніторинг забруднення критичної продукції показав, що впродовж останніх п'яти років загалом по країні суттєвих змін з забрудненням молока в особистих селянських господарствах не відбулося. За даними дозиметричної паспортизації та результатами УкрНДІСГР кількість населених пунктів, в яких середнє значення питомої активності ^{137}Cs у молоці стабільно перевищує допустимий рівень знаходиться на рівні трьох десятків (Рівненська та Житомирська області). В останні роки зафіксовані середні значення рівнів забруднення молока в цих населених пунктах зазнають тільки незначних коливань за рахунок природних факторів (погодні умови, сезонні коливання рівня забруднення та ін.). Виходячи з динаміки останніх років, рівні радіоактивного забруднення місцевих продуктів харчування, а, відповідно, і дози внутрішнього опромінення населення, стабілізувалися і без застосування контрзаходів будуть зменшуватися тільки за рахунок радіоактивного розпаду ^{137}Cs .

Перевищення допустимих рівнів вмісту ^{90}Sr в продуктах харчування в нинішній час в Україні відзначається лише в зерні, яке виробляється на півночі Київської області в Іванківському районі, на угіддях які розташовані на відстані до 20 км від зони відчуження. Тут вміст ^{90}Sr в зерні може досягати 60 Бк/кг при допустимому рівні для продовольчого зерна 20 Бк/кг. За результатами моніторингу 2011-2014 рр. із 53 проб зерна (жито, овес, пшениця) відібраних за цей період 75% не відповідали вимогам ДР-2006. Всі ці угіддя потребують застосування науково-обґрунтованих меліоративних заходів, перш за все вапнування. Добрива, які вносяться виробником, направлені перш за все на збільшення врожайності (дешеві азотні добрива). Застосування таких добрив може призвести до збільшення надходження ^{90}Sr в зерно.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ФОРМ РАДІОНУКЛІДІВ НА СЛІДАХ АВАРІЙНИХ ПАЛИВНИХ ВИПАДІНЬ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ЧАЕС

А.І.Липська, В.І.Ніколаєв, В.А.Шитюк, Н.В.Куліч, В.І.Чурюмов
Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, lypska@kinr.kiev.ua

Радіоекологічні дослідження проведено на дослідних полігонах 10-км зони ЧАЕС. Відбір зразків навколишнього середовища проводили з одночасним дозиметричним обстеженням території. На полігонах спостерігали значну плямистість забруднення аварійними радіонуклідами з її нерівномірністю радіаційних полів. Потужність експозиційної дози γ - випромінювання була 0,7-3 мР/год.

Метою роботи було дослідження ізотопного складу, структурних станів, міграції радіонуклідів та визначення їх фізико-хімічних форм.

Об'єктами досліджень були зразки ґрунту, паливні частинки та рослини.

В дослідних зразках ґрунту виявлено присутність радіонуклідів характерних для паливної компоненти аварійних викидів: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{154}Eu , ^{155}Eu , $^{238-241}\text{Pu}$. Радіоактивність ґрунтів в основному зумовлена ^{137}Cs , ^{90}Sr та ^{241}Am , вклад інших радіонуклідів був незначним. Щільність забруднення території: ^{137}Cs 20чб1 МБк/м², ^{90}Sr 5ч10 МБк/м², ^{241}Am 0,5ч0,9 МБк/м².

Встановлено, що радіоактивність ґрунту в основному формується із дрібнодисперсних високоактивних паливних частинок (2-5 мкм). Після видалення "гарячих" частинок з проб ґрунту радіоактивність верхнього шару зменшувалась в 1,7-2 рази. Досліджено ізотопний склад та ізотопні співвідношення в паливних частинках.

Досліджено вертикальний розподіл активності радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am по профілю ґрунту. Основний вміст радіонуклідів сконцентрований в кореневмісному горизонті ґрунту, що вказує на низькі темпи їх вертикальної міграції. Методом авторадіографії досліджено розподіл частинок по профілю ґрунту, основна кількість частинок все ще знаходиться в верхньому шарі ґрунту (0-2см).

Спектретричні дослідження рослинних проб виявили видові особливості накопичення радіонуклідів, розраховані коефіцієнти накопичення.

Визначено фізико-хімічні форми радіонуклідів у ґрунтах за допомогою методу послідовних екстракцій. Встановлено, що в ґрунтах на слідах паливних випадінь ~20 % радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr знаходяться в біологічно доступних формах.

ТРАНСКРИПЦИЯ ГЕНОВ *AtKu70*, *AtRAD51*, *AtRad1* В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ *A.thaliana* L. В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО И ФРАКЦИОНИРОВАННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

С.В.Литвинов, Н.М.Рашидов

*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины,
Киев, Украина, s_litvinov@mail.ru*

Исследование влияния ионизирующего излучения на биологические объекты показали, что фракционированное и хроническое облучение по сравнению с острым с большей эффективностью индуцирует как нестабильность генома, так и радиоадаптацию. Одно из объяснений этого явления основано на предположении, что паттерны транскрипции ключевых генов репарации генома изменяются под влиянием повторяющегося радиационного повреждения ДНК. Основываясь на этом предположении, мы рассмотрели относительную концентрацию мРНК генов *AtKu70* (NHEJ путь репарации ДР ДНК), *AtRAD51* (HR путь репарации ДР ДНК), *AtRad1* (эксцизионная репарация) в листьях розетки *A.thaliana* после острого и фракционированного облучения рентгеновскими лучами с энергией фотонов 180 кэВ. Мощность экспозиционной дозы составила 89 сГр/мин в интервале доз от 3 до 21 Гр. С помощью обратной транскрипции мРНК, экстрагированной из свежих листьев через 2 часа после облучения была синтезирована кДНК, а затем на матрице кДНК проведена ПЦР-амплификация последовательностей, комплементарных мРНК изучаемых генов. Различия в относительном уровне транскрипции оценивали методом денситометрии на основе гель-электрофореза ДНК с использованием программного пакета ImageJ. Результаты нормировали по концентрации мРНК гена домашнего хозяйства *AtEfla*. Выявлено, что острое и фракционированное облучение в дозе 3 Гр приводит к повышению транскрипционной активности изучаемых генов, однако транскрипция *AtEfla* после острого облучения в той же дозе снижается более чем на 60%. Острое облучение в дозах, превышающих 3 Гр, уменьшает концентрацию мРНК *AtKu70*, *AtRAD51*, *AtRad1* в клетках. Один и тот же прирост экспозиционной дозы приводит к относительно меньшему повышению уровня транскрипции генов *AtKu70*, *AtRAD51*, *AtRad1*, если доза фракционирована. Отсюда можно заключить, что фракционированное облучение менее эффективно индуцирует экспрессию генов репарации ДНК по сравнению с острым облучением. Интересно, что когда дозу 15 Гр разделяли на 3 равные фракции с 24-часовым интервалом, наблюдалось появление дополнительного ампликона мРНК *AtEfla*. Транскрипт соответствующей длины в базе данных аннотированных нуклеотидных последовательностей нами не обнаружен. Мы предполагаем наличие РНК-интерференции между мРНК *AtEfla* и миРНК – некодирующей РНК *Ath_wt_00191*. Обратный транскрипт *Ath_wt_00191* может конкурентно замещать прямой праймер в ходе ПЦР, в результате чего амплифицируется дополнительный продукт размером 419 н.п.

Таким образом, нами было показано, что режим и доза облучения влияет на концентрацию транскриптов ключевых генов репарации генома *A.thaliana*. Активность изучаемых генов нелинейно изменяется с ростом экспозиционной дозы.

УЛЬТРАСТРУКТУРА СПЕРМАТОГЕННОГО ЕПІТЕЛІУ У ВІДДАЛЕНИЙ ТЕРМІН ПІСЛЯ ЗАГАЛЬНОГО ТА ЧАСТКОВОГО ОПРОМІНЕННЯ ЩУРІВ У МАЛІЙ ДОЗІ

О.П.Лукашова

*Державна установа “Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор’єва НАМН
України”, Харків, imr@online.kharkiv.com*

Характерним для дії радіації у малих дозах є порушення процесів ендокринної регуляції, що супроводжується зниженням функціональної активності таких органів, як щитоподібна залоза, гонади, гіпофіз, епіфіз та деякі інші, що було встановлено як у дослідженнях гормонального статусу людей, постраждалих внаслідок катастрофи на ЧАЕС, так і в експериментах на тваринах.

За допомогою методу електронної мікроскопії вивчали ультраструктуру (УС) сперматогенного епітелію щурів через 6 місяців після загального та часткового (тільки голова, або тільки тіло) фракційного стандартного рентгенівського опромінення у сумарній дозі 0,75 Гр (тричі щоденно по 0,25 Гр).

Встановлено, що як загальне опромінення, так і опромінення тільки голови тварин призводить до помітних змін у клітинах каналців яєчка. При цьому у популяції сперматогоній (СГ), зростає частка темних функціонально неактивних клітин та порушуються їх контакти зі сперматоцитами. Цитоплазма багатьох СГ вакуолізується, в ній накопичуються лізосоми. Характерним є наявність великих грубих осмієфільних тілець, які за своєю структурою нагадують ліпофусцинові гранули. УС сперматоцитів майже не змінюється, тоді як у сперматидях спостерігається зменшення розмірів акросомних гранул, утворення двох гранул замість однієї. У базальному відділі каналців виявляються також темні клітини Сертолі, що може вказувати на порушення функції підтримки високої концентрації андрогена, який є необхідним для сперматогенезу. Подібних явищ не відзначається ані при опроміненні тільки тіла, ані у групі вікового контролю. Зміни УС сперматогенного епітелію через 6 місяців після опромінення можуть бути пов’язані з стійким зниженням гонадотропної функції гіпофізу і обумовлені, очевидно, нестачею тестостерона. При цьому страждають переважно стовбурові клітини, частина з яких стає функціонально неспроможними, а збережені СГ дають свій власний клон сперматоцитів, сперматид та спермійів, хоча не факт, що вони не несуть генетичних уражень, про що зокрема може свідчити стан акросомного апарату та спостереження деяких дослідників про порушення ультраморфологічних параметрів головки спермійів у ліквідаторів аварії на ЧАЕС.

**ВПЛИВ ДРІБНОФРАКЦІЙНОГО РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОПРОМІНЕННЯ
У СУМАРНІЙ ДОЗІ 10 ГР ТА ХЕМОПРЕПАРАТУ ЕТОПОЗИД НА
СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН
КЛІТИН КАРЦИНОМИ ГЕРЕНА**

О.П.Лукашова

*Державна установа “Інститут медичної радіології
ім. С.П. Григор’єва НАМН України”, Харків, imr@online.kharkiv.com*

За допомогою стандартних методів електронної мікроскопії досліджена ультраструктура пухлинних клітин та підраховано індекси мітозу та апоптозу (АП) через 6 та 24 години після локального рентгенівського опромінення карциноми Герена у сумарній дозі 10 Гр (5 фракцій по 2 Гр щоденно) та введення хемопрепарату етопозид у дозі 8 мг/кг за 18 годин до останньої фракції опромінення.

Проведене дослідження показало, що основною дією етопозиду на клітини карциноми Герени є короточасне гальмування процесів ділення у ранній термін після введення з наступним поновленням через 24 години, що супроводжується з’явленням дрібних пухлинних форм на 1 добу. Етопозид майже не впливає на ультраструктуру більшості пухлинних клітин (ПК) і є слабким індуктором апоптозу у пухлині Герена. Для дрібнофракційного опромінення в обидва терміни дослідження характерна наявність у пухлині Герена великої кількості дво- та багатоядерних ПК, клітин з мікроядрами та плеоморфними ядрами. Спостерігається також зменшення кількості вільних рибосом та полісом і зростання числа профілей гранулярної ендоплазматичної сітки у цитоплазмі, що свідчить про інверсію функціональної активності ПК з росту та ділення до білково-синтетичної діяльності. Саме ці процеси можуть лежати в основі стійкого вірогідного падіння мітотичної активності в обидва терміни дослідження, чого не відзначається при режимі крупних фракцій. Індекс АП підвищується лише на 6 годину, що, можливо, є наслідком дії останньої фракції опромінення. При сумісному застосуванні опромінення та етопозиду клітини карциноми Герена мають ознаки, як радіаційної дії, так і впливу хемопрепарату. В обидва терміни відзначається значуще зниження мітотичної активності та активація процесів АП.

Є дані, що застосування етопозиду супроводжується різким ростом рівню керамідів у пухлині на 1 добу, тоді як опромінення має значно менший ефект. Очевидно, етопозид індукує керамідний шлях апоптозу, а опромінення призводить до стимуляції апоптозу шляхом включення системи p53, тобто значно виразніше зростання апоптозної загибелі ПК при сумісній дії радіації та етопозиду може відбуватися за рахунок сумації ефектів обох чинників.

**ДИНАМІКА РІВНЯ АБЕРАЦІЙ ХРОМОСОМ У ХВОРИХ З
ПУХЛИНАМИ ГОЛОВИ ТА ШИЇ, НА РАК ЛЕГЕНІВ ТА НА РАК ТІЛА
МАТКИ В ХОДІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ НА
ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ**

Н.О.Мазник, Т.С.Сипко, Н.Д.Пшенічна, О.Е.Ірха, І.М.Кругова, Л.В.Забобоніна,
І.Б.Шустов, В.П.Старенький

*ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», Харків,
Maznik.cytogen@mail.ru*

Актуальною проблемою радіобіології та радіаційної генетики є питання пошкодження геному соматичних клітин людини за дії іонізуючого опромінення під час променевої терапії (ПТ). Метою дослідження було визначення характеру змін рівнів цитогенетичних ушкоджень в лімфоцитах людини під час локального фракціонованого мегавольтного фотонного опромінення у хворих з різними локалізаціями пухлин.

Було обстежено 27 хворих віком від 43 до 84 років, серед яких з недрібноклітинним раком легенів – 8 осіб, пухлинами голови та шиї – 9 осіб, раком тіла матки – 10 пацієнток, що лікувались на лінійному прискорювачі Clinac 600 С. Вивчали аберації хромосом в середині та наприкінці курсу променевого лікування у порівнянні з рівнями у відповідних групах пацієнтів до початку ПТ. Всього до аналізу увійшло 14247 клітин.

Виявлено перевищення рівня хромосомних пошкоджень над спонтанним до початку лікування в усіх групах хворих, незалежно від локалізації пухлин. Показано наявність монотонного зростання рівня аберацій хромосомного типу від початку до закінчення курсу лікування в усіх групах хворих, однак темпи росту були різними в залежності від локалізації пухлин. Спектр клітин з нестабільними абераціями розширювався в процесі ПТ: в групі РТМ з 1 до 7, в групі РЛ з 1 до 5, в групі РГШ з 1 до 8 нестабільних аберацій на аберантну клітину. Розподіли частот нестабільних хромосомних обмінів були наддисперсними відносно статистики Пуассона як в середині, так і наприкінці курсу променевого лікування для всіх досліджених груп.

Буде обговорено можливі причини різних темпів накопичення аберацій хромосом у лімфоцитах хворих з різними локалізаціями пухлин, а також особливості інтерпретації даних цитогенетичного аналізу для коректної оцінки впливу мегавольтного терапевтичного опромінення на хромосомному рівні.

ВПЛИВ НЕТРАДИЦІЙНИХ КОНТРЗАХОДІВ НА ЗМЕНШЕННЯ НАДХОДЖЕННЯ ^{137}Cs У РОСЛИНИ З ТОРФ'ЯНО-БОЛОТНИХ ҐРУНТІВ

М.І.Малоштан; С.В.Поліщук

*Український НДІ сільськогосподарської радіології Національного університету
біоресурсів і природокористування України, Київ, radiometry@quality.ua*

Актуальною проблемою для населених пунктів північно-західного Полісся України (північні райони Рівненської та Житомирської областей), у яких основна частка дози опромінення (до 95%) населення формується за рахунок споживання місцевих продуктів харчування, залишається подальша мінімізація вмісту ^{137}Cs у сільськогосподарській продукції, оскільки в особистих підсобних господарствах, у яких для вирощування овочів та картоплі, випасу тварин та заготівлі сіна використовуються забруднені радіонуклідами угіддя на торф'яно-болотних ґрунтах, до цього часу отримуються та споживаються продукти харчування, що не відповідають вимогам ДР-2006 за вмістом ^{137}Cs .

З метою апробації контрзаходів по зменшенню біологічної доступності ^{137}Cs було здійснено закладку двох ґрунтових дослідів у вегетаційних сосудах. Для закладки модельних експериментів був відібраний торф'яно-болотний ґрунт з болотних масивів поблизу с. Вежиця (урочище Гало, Пн 51.5752є, Сх 27.1309є) та с. Єльне (урочище Гнойне, Пн 51.4847є, Сх 27.0629є) Рокитнівського району Рівненської області.

Вибір територій для відбору ґрунтів був обумовлений:

1) зазначені населені пункти є репрезентативним для території північно-західного Полісся України, ґрунтово-кліматичні умови території сприятливі для максимальної біологічної доступності ^{137}Cs (наявність перезволожених торф'яно-болотних ґрунтів);

2) у даних селах до цього часу отримується с-г продукція, рівні забруднення якої вищі за встановлені ДР-2006, а значення середньорічних ефективних доз опромінення населення перевищують $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Досліди складались з 4 варіантів у 3 кратній повторності. В якості контрзаходів було застосовано привнесення у верхній 5 см шар торфу: піску у дозі 200 т/га, фероцину - 0.2 т/га та фероцин-бентонітового сорбенту - 100 т/га. У якості модельної рослини використано ситник гострий - *Juncus acutus* (L). Радіологічна ефективність апробованих контрзаходів розраховувалась протягом 6 послідовних часових інтервалів після закладки дослідів. Тривалість дослідів - 26 місяців.

Кратність зменшення вмісту ^{137}Cs в рослинах відносно контролю з часом має прийнятні та досить стійкі значення протягом тривалості експерименту.

Для ґрунту Вежиця при використанні піскування у якості контрзаходу максимальні та мінімальні значення радіологічної ефективності на протязі тривалості дослідів становили 2.9 та 1.5, при середньоарифметичному 1.8 ± 0.5 рази; фероцину – max 3.1, min 1.4, сер.ариф. 1.8 ± 0.6 ; фероцин-бентонітового сорбенту - max 837, min 356 сер.ариф. 566 ± 205 рази.

Для ґрунту Єльне: піскування – max 2.4, min 1.4, сер.ариф. 1.7 ± 0.4 ; фєроцину – max 4.3, min 1.3, сер.ариф. 2.3 ± 1.2 ; фєроцин-бєнтонітового сорбєнту – max 773, min 338, сер.ариф. 485 ± 196 рази.

Запропоновані контрзаходи мають високу ефективність протязом тривалого часу, а використання їх на забрудненій радіонуклідами території Українського Полісся з поширенням критичних торф'яно-болотних ґрунтів надасть можливість значно покращити радіоекологічну ситуацію.

ЕФЕКТ ВНЕСЕННЯ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ ТА ДЕРЕВНОГО ПОПЕЛУ А ТАКОЖ ЇХ ПОЄДНАННЯ ЯК ЗАСОБІВ ЗНИЖЕННЯ ПЕРЕХОДУ ^{137}Cs З ҐРУНТУ В РОСЛИНИ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Ю.Н.Мандро¹, М.М.Вінічук²

Житомирський державний технологічний університет,

¹yurii.mandro@ukr.net, ²Mykhailo.Vinichuk@slu.se

Внаслідок аварії на ЧАЕС у 1986 році в навколишнє середовище було викинуто значну кількість фрагментів ядерного палива. Радіоактивні випадіння інфільтрувалися в ґрунт з дощовою водою. В неорних ґрунтах, у тому числі і лісових навіть багато років після випадінь основна частина ^{137}Cs зосереджена у верхньому 10-15 см шарі і, отже, потенційно доступна для кореневого поглинання. Тривалий період розпаду та біодоступність радіоцезію унеможливають ведення господарської діяльності на забрудненій території. Ефективним методом протидії надходженню радіоцезію в рослини лісових екосистем може бути внесення у ґрунт калію. Калій – макроелемент і найважливіший для рослин одновалентний іон. При його нестачі рослини починають засвоювати інші одновалентні іони, наприклад цезій. Оскільки калій – хімічний аналог ^{137}Cs , то може конкурувати з останнім при його надходженні у рослини. Застосування калійних добрив – добре вивчений контрзахід для орних земель та в лісових екосистемах він досліджений недостатньо.

Метою даної наукової роботи було дослідити вплив деревного попелу, калійних добрив та їх поєднання на надходження ^{137}Cs з ґрунту в типові для українського Полісся лісові рослини.

Дослід було закладено 20 квітня 2012 року в лісових екосистемах Базарського лісництва Народицького р-ну Житомирської області із щільністю радіоактивного забруднення ^{137}Cs 5-10 Кі/км². Дослідні ділянки (200 м²) розміщено рєндомізовано на території близько 0,6 га. Схема досліду представлена 6 варіантами: 1- контроль (К) - без внесення добрив, 2 – калійні добрива (KCl), 3 - "чистий" деревний попіл, який не містить ^{137}Cs (Пч), 4 - "забруднений" попіл, з питомою активністю за ^{137}Cs 17.2 кБк/кг (Пз), 5 – Суміш "чистого попелу" та калійних добрив (Пч+KCl) 50% + 50% за діючою рєчовиною калію, 6 - Суміш "забрудненого попелу" та калійних добрив (Пз+KCl) 50% + 50% за діючою рєчовиною калію. Кожен варіант виконано у

4 повторностях. І "чистий" і "забруднений" попіл а також калійні добрива були внесені у розрахунку 100 кг калію на гектар. Зразки рослин були відібрані у травні, липні та вересні протягом 2012 - 2014 років. Ґрунт відбирали металевим пробовідбірником з діаметром 57 мм та довжиною робочої частини 150 мм у чотирьох точках кожної ділянки.

Дослідження показали, що рослини чорниці та брусниці приблизно в однаковій мірі накопичують ^{137}Cs протягом вегетації на усіх дослідних варіантах. В залежності від часу що минув після внесення меліорантів тенденція до накопичення ^{137}Cs змінювалась по-різному на різних варіантах. Так, у перший рік спостерігалось підвищення коефіцієнту переходу ^{137}Cs (КП) на всіх варіантах: $\text{КСІ} > \text{Пз} > \text{Пч} > \text{Пз} + \text{КСІ} > \text{Пч} + \text{КСІ} > \text{К}$. У 2012 – 2013 роках ситуація змінилась: $\text{КСІ} > \text{К} > \text{Пч} > \text{Пз} > \text{Пч} + \text{КСІ} > \text{Пз} + \text{КСІ}$. Дерев та кущі можна розмістити у порядку зниження надходження цезію в такій послідовності: дуб > горобина > береза > крушина, що було незмінним протягом трьох років досліджень. Кожен вид дерев по-різному реагував на внесені добрива, та вже на другий рік після внесення було виявлено тенденцію до зниження КП у порівнянні з контролем для більшості видів.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ «ЙОДИС» НА ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЛУЧЕНИЯ И СТРЕССА

В.Н.Мельниченко¹, В.И. Максин^{2,3}, А.П.Ярощук⁴, Е.В.Чайковская²

¹Научно-производственная компания ООО «Йодис», iodis-kiev@ukr.net,

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,

³УкрНИИ нанобиотехнологий и ресурсосбережения, vimaksin@i.ua,

⁴Международный концерн «Ярк-Киев», jark@mail.ru

Авария на ЧАЭС привела к существенному ухудшению и без того неблагоприятной экологической ситуации во многих регионах Украины. Неблагоприятное влияние так называемых доз малых доз облучения на организм, особенно центральную нервную систему, подтверждается экспериментальными данными. Для предотвращения такого воздействия является желательным использование пищевых добавок с широким спектром лечебно-профилактического действия для повышения защитных сил организма и уменьшения проявления неблагоприятных эффектов, вызванных радиацией и другими факторами реальной среды. Одним из отрицательных эффектов является поражение щитовидной железы, состояние которой зависит от йодного обмена в организме.

Для нормализации содержания йода в организме используют воду и продукты питания. Таковой является ряд питьевых вод на основе продукта «Йодис-концентрат». Нами было исследовано влияние одной из таких вод на показатели эндокринной системы, биохимические показатели крови, устойчивость мембран эритроцитов и перекисное окисление липидов у здоровых животных при воздействии радиации и стресса. Методика состояла в

одноразовом тотальном облучении исследуемых групп (кроме контрольной) животных экспозиционной дозы 0,5 Гр с последующим воздействием иммобилизованного стресса.

Изучено влияние йодированной воды в дозах 20 и 100 мкг/кг массы животных в условиях одновременного ежедневного использования питьевой воды. Затем после забоя животных проводился весь комплекс необходимых исследований. Установлено, что изучаемый продукт обладает способностью нормализовать активность маркерных ферментов аспартатаминотрансферазы и щелочной фосфатазы, повышенную в результате воздействия радиации и стресса. Нормализация обменных процессов в конечном итоге способствует нормализации длительности свертывания крови и уровня гормона тестостерона в крови опытных крыс, также измененных при комбинированном воздействии радиации и стресса. Возможными механизмами нормализующего влияния может быть антиоксидантная активность изучаемого продукта, о чем свидетельствует нормализация уровня малонового диальдегида и каталазы в сыворотке крови, а также повышение устойчивости мембран эритроцитов к действию гемолитического агента. Обе использованные дозы воды (20 и 100 мкг/кг массы) обладали практически одинаковым действием на изучаемые показатели. Токсические эффекты не отмечались ни по одному показателю. Эти дозы соответствуют 200-1000 мл воды с концентрацией йода $2,5 \text{ мг/дм}^3$ на человека в сутки. Длительность применения воды (эксперимент продолжался на протяжении 30 суток) в перерасчете на человека составляет не менее 6 месяцев при отсутствии токсических эффектов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о мембраностабилизирующих и антиоксидантных протекторных свойствах как изученной воды, так и других вод на основе «Йодис-концентрата» в условиях воздействия малых доз радиации в комбинации со стрессом.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМА

Н.Ю.Мирзоева

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
Севастополь, natmirz@mail.ru*

Цель данной работы заключалась в проведении сравнительного радиоэкологического исследования соленых озер Крыма в отношении миграции и перераспределения послеаварийного ^{90}Sr в живых и косных компонентах изучаемых водных экосистем в период 2013–2014 гг.

Получено, что наибольшие концентрации искусственного радионуклида ^{90}Sr были определены в воде соленых озер Крыма: Киятском (350.5 и $98.0 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$) и Кирлеутском ($121.3 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$). Это было обусловлено, прежде всего, сбросом в озера днепровских вод из Северо-Крымского канала, вызывая хроническое вторичное поступление послеаварийного ^{90}Sr в экосистемы водоемов. Определено, что величина концентрации растворенного ^{90}Sr в водной среде соленых озер Крыма зависит от наличия источника вторичного загрязнения среды этим послеаварийным

радионуклидом, прямо пропорционально зависит от уровня солености рассолов озер и не зависит от pH среды. Не наблюдается видоспецифичность накопления этого радионуклида водорослями и высшими водными растениями исследуемых озер. Низкие Кн ^{90}Sr для водных растений из озера Киятского (*Cladophora glomerata*) и озера Донузлав (*Potamogeton crispus*), равные 0.97 и 6.2 единиц, соответственно, можно объяснить наличием солей в исследуемых объектах, которые являются мешающим фактором в механизме поглощения радионуклидов стронция из водной среды изначально пресноводными видами растений. Количество послеаварийного ^{90}Sr , попавшего в соленые озера Крыма сформировало в гидрофитах исследуемых водоемов поглощенные дозы ($3.2 \cdot 10^{-6} \text{ Гр} \cdot \text{год}^{-1}$), которые не оказали заметного радиационного воздействия на водные растения в период после аварии на ЧАЭС. Основное содержание ^{90}Sr находится в водной среде соленых озер, что обусловлено значительным (свыше 70 % в общей сумме солей) содержанием NaCl, который, как и хлориды других щелочных металлов, способствует растворимости стронциевых солей.

О ПОНЯТИИ «МАЛАЯ ДОЗА» ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Н.Михеев

*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, г.
Киев, Украина, mikhalex7@yahoo.com*

Понятие «малая доза», фактически, является метафорой, отражающей устремление радиобиологов в область исследования реакций наиболее фундаментального структурно-функционального уровня организации биологических систем.

Авария на Чернобыльской АЭС вызвала лишь количественное изменение предсуществующего спектра радиобиологических проблем в направлении усиления внимания к теоретическим и практическим вопросам действия хронического ионизирующего излучения на биологические объекты разного структурно-функционального уровня. Вероятно, самым практичным определением «малых доз» было бы определение их как слабоизученных доз, что объясняется множеством методических и методологических сложностей проведения соответствующих экспериментов. Очевидно, большая часть радиобиологических реакций должны иметь порог устойчивости (и/или чувствительности) к действию облучения. При этом, вероятно, единственной беспороговой реакцией является ионизация или возбуждение атомов и молекул облучаемого объекта. Все реакции или стадии реакции на облучение развиваются в рамках конкретной структурно-функциональной иерархии исследуемой биологической системы (от клетки до экосистем). Если реакции носят выраженный пороговый характер, то кривая дозовой зависимости имеет истинное плечо. Очевидно, только для такого рода реакций целесообразно говорить о существовании малых доз, которые правильнее (строже, проще и понятней) называть *подпороговыми*. Разумеется, подпороговая доза для одного типа эффекта может одновременно оказаться надпороговой для другого

эффекта и наоборот. Чаще всего в отношении детерминированных реакций есть смысл говорить о «малых дозах», подразумевая под ними подпороговые дозы. Существуют данные о том, что и *стохастические эффекты имеют дозовые пороги*. Как правило, мы имеем дело с двумя дозовыми порогами – порогом чувствительности, превышение которого переводит объект в состояние адаптированности, и порогом устойчивости, за которым начинается область ингибирующих доз (в случае детерминированных эффектов) или доз, повышающих частоту каких-либо событий (стохастических эффектов) по сравнению с фоновым уровнем.

Проблема «малых доз» имеет еще один немаловажный аспект, который отражает действие преимущественно инкорпорированных в биологические объекты радионуклидов (р.н.). Расчет поглощенных доз от инкорпорированных источников, произведенный без учета гетерогенности их эндогенного распределения, дает заниженные оценки и вынуждает исследователей делать ошибочные, по своей сути, выводы об особо высокой эффективности низких доз облучения. Фактически, в критических структурах биологических объектов могут возникать достаточно высокие уровни накопления р.н. и, соответственно, высокие поглощенные дозы, являющиеся соизмеримыми с соответствующими дозами острого внешнего облучения равной эффективности. Таким образом, проблема малых доз может являться, с одной стороны, проблемой не очень строго научного жаргона, а, с другой стороны, проблемой, обусловленной недоучетом роли гетерогенной тропности р.н. на всех уровнях структурно-функциональной организации биологических объектов (от молекул до биосферы, в целом).

СИСТЕМНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ

РАДИОГОРМЕЗИСНЫХ ЭФФЕКТОВ У РАСТЕНИЙ

А.Н.Михеев¹, Л.Г.Овсянникова¹, Л.В.Войтенко², В.В.Жук¹, Д.М.Гродзинский¹

¹*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, г. Киев, Украина, mikhalex7@yahoo.com*

²*Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, г. Киев, Украина, phytohormonology@ukr.net*

Радиогормезисные эффекты (РГЭ) наблюдаются на всех уровнях биологической интеграции и для представителей всех систематических групп организмов. В докладе обосновывается положение о том, что РГЭ разновидностью стресс-реакций – эустресса по Г. Селье. Очевидно, что в основе первичного механизма действия радиогормезисных доз (РГД) лежит ионизация атомов и молекул, т.е. дезинтегративный процесс, факт которого делает РГЭ парадоксальным – первично деструктивно действующий фактор, в конечном итоге, оказывает благотворное (гормезисное) влияние. С другой стороны, факт иерархичности организации биосистем предусматривает изучение механизмов РГЭ в виде последовательного описания реакций всех подуровней (подсистем) биологического объекта, для которого он описан.

Идея эксперимента состояла в том, чтобы по динамике значений параметров, характеризующих реакции разных уровней интеграции проростков, выросших из облученных в гормезисных дозах γ -облучения семян гороха, восстановить последовательность причинно-следственных связей, приводящих к РГЭ. По дозовой зависимости ростовых параметров главного корня проростков (органный уровень) определили РГД, диапазон которых лежал в пределах 1,0-10,0 Гр. Стандартными цито-гистологическими методами оценивали уровень пролиферативной активности (митотический индекс – МИ) и параметры клеток апикальной меристемы корня (критическая система корня – клеточный и тканевой уровни) в диапазоне РГД. Предполагая прямую зависимость МИ от концентрации цитокининов (эндоклеточный или биохимический уровень), определяли интенсивность их синтеза методом жидкостной хроматографии.

РГЭ по ростовой активности главного корня проростков проявлялся лишь в первые 1-3 дня их роста, что указывало на его транзитивный характер. Гистологический анализ апикальной меристемы радиостимулированного корня, показал, что размер клеток, облученных РГД достоверно не отличался от контроля. При этом МИ меристематических клеток в опыте был стимулирован, что, в совокупности с предыдущим фактом, указывало на увеличение объема меристемы за счет увеличения числа слагающих ее элементов, т.е. клеток. Проявление РГЭ по параметру МИ свидетельствовало о повышении надежности (в данном случае, радиорезистентности) такой системы (корня), что проявлялось в ранее изученном нами радиоадаптивном ответе. В образцах корней, испытавших радиогормезисное действие γ -облучения, наблюдали также повышенный уровень синтеза цитокининов, который предшествовал стимуляции МИ, что косвенно подтвердило нашу гипотезу о возможной роли продуктов пострадиационной деградаци ДНК (прежде всего, гуанина) в качестве дополнительного субстрата для синтеза цитокининов, с которого на биохимическом уровне и начинается «выстраиваться» вся иерархия собственно биологических механизмов РГЭ. Изучение динамики α -амилазной активности в семядолях проростков гороха в условиях гормезисного влияния γ -облучения позволило исключить трофический фактор из этого механизма, в основе биологической фазы которого лежит реакция меристематической ткани корня.

РАДІОБІОЛОГІЧНІ ЕФЕКТИ ПОЄДНАНОЇ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ ТА ХІМІОПРЕПАРАТІВ НА ВМІСТ ПРОАПОПТОЗНОГО ЛІПІДУ – ЦЕРАМІДУ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ОПРОМІНЕННЯ

Н.А.Мітряєва, Т.В.Рубльова, Т.С.Бакай, Л.В.Гребіник

Державна Установа «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва Національної Академії медичних наук України», Харків, endokrin_lab@mail.ru

Одним з важливих напрямків наукового пошуку в радіобіології є підвищення радіочутливості пухлин. Це зумовило використання радіомодифікаторів, зокрема хіміопрепаратів. Для розкриття механізмів та умов

радіомодифікації необхідно вивчати радіобіологічні ефекти поєднаної дії іонізуючої радіації та хіміопрепаратів. З порушенням у пухлинних клітинах різних ланок обміну кераміду (ЦМ) пов'язують явище резистентності пухлини до дії радіації. Отже проблема дослідження радіомодифікації, яка індукує керамідний шлях апоптозу, визнана актуальною. Мета роботи – вивчення радіобіологічних ефектів поєднаної дії іонізуючого випромінювання (ІВ) та хіміопрепаратів на вміст індуктора апоптозу ЦМ у пухлині Герена за різних режимів опромінення.

Оцінювали ефекти поєднаної дії рентгенівського (опромінення на апараті РУМ-17) та високоенергетичного фотонного випромінювання (опромінення на лінійному прискорювачі Clinac 600 С) та хіміопрепаратів (таксотеру, цисплатину, етопозиду) у карциномі Герена 105 щурів. Опромінювали двома фракціями по 5 Гр або п'ятьма фракціями по 2 Гр, з інтервалом між сеансами 24 години. Вміст ЦМ у пухлині визначали методом тонкошарової хроматографії. Для оцінки радіомодифікуючих ефектів використовували коефіцієнт синергізму (K_s). У разі поєднаної дії ІВ та хіміопрепаратів виявлено однонаправленість сумарних ефектів – синергізму, що впливає з величин K_s (>1) і проявляється у перевищеному накопиченні рівня ЦМ порівняно із сумою ефектів їх окремої дії у всіх досліджуваних групах. Найбільш виражений ефект синергізму ($K_s = 1,62$) спостерігався при використанні поєднаної дії рентгенівського випромінювання та етопозиду в режимі опромінення по 2 Гр протягом 5 діб.

Отже, встановлено, що ефекти поєднаної дії ІВ (рентгенівського- чи ВЕФ) та хіміопрепаратів (таксотеру, цисплатину, етопозиду) за вмістом ЦМ у пухлині Герена мали направленість синергізму. Отримані результати свідчать про внесок радіомодифікації у формування радіобіологічних ефектів, пов'язаних з індукцією керамідного апоптозу і, таким чином, підвищенням радіочутливості пухлини.

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

І.А.Можарівська, К.В.Кончаківська

Житомирський національний агроекологічний університет,

Kateryna.Konchakivska@gmail.com

Проблеми зростання цін на викопне паливо, дефіцит енергетичних ресурсів призвело до пошуків альтернативних джерел енергії. З метою вирішення екологічної та енергетичної кризи, що утворилась в Україні – нами запропоновано вирощування малопоширених енергетичних культур на забруднених та виведених із сівобороту територіях Полісся України.

Виробництво твердого палива з біомаси енергетичних рослин в найближчому майбутньому створить конкуренцію газу та дизелю. Після аварії на Чорнобильській АЕС значна територія України – була забруднена радіонуклідами. На таких територіях категорично заборонено вирощування

сільськогосподарських культур та промислової деревини. Враховуючи вищесказане - постає проблема ефективного використання забруднених радіонуклідами угідь.

Метою досліджень було дослідити екологічну ефективність використання забруднених радіонуклідами територій для вирощування енергетичних культур в с. Христинівка, Народицького району, Житомирської області.

Вирощування таких рослин могло б служити додатковим джерелом доходів для місцевого населення та частково вирішити ряд енергетичних проблем. Енергетична цінність спалювання біомаси сіди багаторічної та сильфію пронизанолистого прирівнюється до деревини, крім того вони мають позитивний енергетичний баланс порівняно з іншими культурами. Тривалість життя таких плантацій складає близько 20-30 років, тривалість комерційного вирощування біля 15-ти років. Тому, піддослідними культурами були обрані сіда багаторічна та сильфій пронизанолистий, які використовуються в якості біопалива. У зв'язку з цим є актуальним питання вирощування даних культур в умовах радіоактивного забруднення.

Ми пропонуємо використовувати радіоактивно забруднені території для вирощування енергетичних культур, таких як сіду багаторічну та сильфій пронизанолистий. Біомасу з даних культур в подальшому використовувати для виготовлення твердого палива та біогазу, так як вміст ^{137}Cs у біомасі рослин не перевищує встановлені нормативи.

ВПЛИВ ФЕРМЕНТІВ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ЗРІЛИХ СПЕРМАТОЗОЇДІВ В ЕПІДИДИМІСАХ ЗА УМОВ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ

О.А.Мотрина, С.В.Андрейченко, Л.В.Саковська, А.В.Чернишов, А.В.Клепко

*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
НАМН України», Київ, svandreychenko@mail.ru*

В науковій літературі існують відомості, що останні стадії сперміогенезу, які пов'язані з мобілізацією та набуттям рухливості сперматозоїдами, відбувається в епідидимісах у період пасивного транспортування сперматозоїдів з сім'яних каналців яєчка через голівку та тіло епідидимісів до каудального відділу та сім'явиносної протоки. Дозрівання сперматозоїдів відбувається завдяки молекулярному обміну, що регулюється поверхневими епітеліальними клітинами епідидимісів шляхом посилення мерокринної секреції біомолекул. Метою дослідження було з'ясування ролі антиоксидантних ферментів, зокрема супероксиддисмутаза та глутатіопероксидази, на перебіг процесу утворення та відшарування білково-ліпідних крапель з поверхні сперматозоїдів.

Досліди проводились на експериментальних щурах-самцях розведення місцевого віварію, яких опромінювали локально в ділянці тазу на рентгенівській установці РУМ-17 з потужністю дози 34сГр/хв в діапазоні доз до

20 Гр. Після декапітації тварин видаляли епідидиміси та отримували сперматозоїди.

В результаті встановлено, що збільшення дозових навантажень на епідидиміси спричиняло накопичення поверхневих крапель на капутальних сперматозоїдах, причому це супроводжувалось збільшенням схильності таких сперматозоїдів до структурних аномалій та спонтанної акросомальної реакції. Також показано, що в основі виявленого феномену знаходилась активація ліпооксигеназних процесів утворення метаболітів лейкотрієнів та пригнічення ферментативної активності глутатіопероксидази, що локалізувалась на поверхні сперматозоїдів.

Таким чином, проведеними дослідженнями показано, що антиоксидантні ферменти відіграють ключову роль у процесі сперміогенезу та утворенні повноцінних сперматозоїдів.

ВПЛИВ ГАММА-ОПРОМІНЮВАННЯ І КРІОКОНСЕРВУВАННЯ НА СТАН ВОДИ У СИРОВАТЦІ КОРДОВОЇ КРОВІ

О.А.Нардід¹, О.В.Ліпіна¹, О.О.Горобченко², О.Т.Ніколов²

¹*Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, Харків,
olnard@mail.ru;*

²*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна МОН України,
gorobchenko@karazin.ua*

Зростаюча увага до сироватки кордової крові (СКК) людини зумовлена її терапевтичною активністю при різних патологіях. Створення запасів СКК для клінічного використання є можливим завдяки низькотемпературним біотехнологіям, розробка яких передбачає вивчення механізмів фізико-хімічних процесів, що відбуваються в біосистемах при заморожуванні. Структурні порушення білкових компонентів СКК при цьому можуть призводити до зміни співвідношення вільна-зв'язана вода і викликати зміну діелектричних показників. Відомо, що іонізуюче опромінювання впливає на білкові макромолекули і, у свою чергу, додатково може призводити до їх структурних змін. Метою дослідження було виявлення характеру впливу довгострокового низькотемпературного зберігання СКК людини та наступного опромінення гамма-променями на її діелектричну проникність на частоті 9,2 ГГц.

Зразки СКК, розведеної фізіологічним розчином у співвідношенні 1:2, заморожували до температур -20°C і -196°C з наступним зберіганням при цих умовах упродовж 4 років. Розморожували на водяній бані при $38-40^{\circ}\text{C}$. Комплексну діелектричну проникність СКК вимірювали на НВЧ-діелектрометрі резонаторного типу на частоті 9,2 ГГц. Для виявлення прихованих пошкоджень білків СКК розморожені зразки опромінювали на гамма-установці «Исследователь» (дозы 1,7 кГр і 7 кГр).

Виявлено, що низькотемпературне зберігання упродовж 4 років зразків СКК, заморожених як до -20°C , так і до -196°C , не призводить до змін

середнього значення ϵ' . Оскільки при тривалому зберіганні при -20°C білки СКК знаходилися в гіперконцентрованих розчинах солей (температура евтектики NaCl біля -21°C), була здійснена спроба, використовуючи опромінення розморожених зразків СКК гамма-променями, виявити можливі приховані зміни білкових макромолекул. Встановлено, що при дозі опромінювання 7 кГр ϵ' зменшувалася лише для сироватки, яка зберігалася при -20°C , що свідчить про присутність пошкоджень білкових компонентів СКК, викликаних дією низьких температур за умов такого режиму кріоконсервування і виявлених за допомогою опромінювання. Отримані результати можуть бути використані при створенні кріотехнологій тривалого зберігання біологічних препаратів.

АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ LTR-РЕТРОТРАНСПОЗОНІВ РОСЛИН ПІД ВПЛИВОМ СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ НА ФОНІ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА БЕЗ НЬОГО

О.Нестеренко¹, В.Ланчикова², Н.Рашидов¹, Д.Гродзинський¹

¹*Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, Київ,*

²*Інститут генетики рослин і біотехнології Словацької Академії Наук, Нітра,
lena6q@mail.ru*

За останні десятиліття кількість та інтенсивність стресових факторів суттєво зросла. Вивчення механізмів їх впливу на живі організми в даний час має вагоме значення. Вплив кожного з яких зокрема вже добре вивчено, однак питання реакції рослин на їх комбінації, що у природних умовах зустрічається частіше і має більше значення, вивчено недостатньо.

Одними з маркерів реакції рослин на стресори є мобільні генетичні елементи. Зокрема, LTR-ретротранспозони - «Long Terminal Repeat Retrotransposons», - що здатні до самовідтворення в геномі багатьох еукаріот та складають до 30%. На прикладі стресової відповіді клітин прокаріот та еукаріот існує вірогідність утворення адресних адаптивних мутацій, що генеруються інсерціями мобільних елементів у відповідь на специфічні та неспецифічні стресові впливи. У зв'язку з цим було проведено дослід, у якому планувалося визначення морфометричних змін у проростків гороху (*Pisum sativum* L.) після впливу різних видів стресорів. На основі чого - визначити відповідь рослин на дію стресових факторів шляхом аналізу молекулярних змін на рівні ДНК - виявити поліморфні маркери (фрагменти з нуклеотидних послідовностей), які можна було б клонувати та секвенувати для ідентифікації за допомогою бази даних GeneBank, і на основі отриманих даних зробити припущення про природу та механізми адаптаційної відповіді рослин.

Встановлення ступеня прояву реакції рослин на дію стресових чинників (засоленість - NaCl 0,22 Моль та гіпертермія при $+44^{\circ}\text{C}$) на фоні іонізуючого опромінення (0-20 Гр) і без нього – загалом 15 варіантів - та залежно від дози опромінення показало, що рівень відхилення ростових показників від

аддитивності у бік синергізму або антагонізму у взаємодії стресорів може вказувати на прояви явища кроссток (за допомогою взаємозв'язку і взаємодії різних сигнальних систем організму), що ми спостерігали через 2 дні після опромінення в дозі 10 Гр та дії обох типів стресорів.

Для молекулярного аналізу було екстраговано ДНК з рослин для кожного з варіантів та проведено ПЛР з використанням специфічних праймерів для LTR-ретротранспозонів. Було використано універсальні праймери (у кількості 7) LTR-ретротранспозонів рослин та праймери LTR-ретротранспозонів групи *Ty3-gypsy* (*Ogre*, *Cyclor* та *Pigy*), що використовувалися, відповідно до літературних даних, саме для аналізу ДНК гороху. Продукти ПЛР-реакції розганялися на агарозному гелі у горизонтальній камері для електрофорезу. Попередні результати стосовно реакції мобільних елементів - LTR-ретротранспозонів - на дію стресорів вказують на відсутність різниці між досліджуваними варіантами рослин. Припускається, що це явище носить тимчасовий характер, тому для його реалізації потрібен час. У зв'язку з цим досліді буде продовжено з використанням різних часових інтервалів між впливом стресорів та виділенням ДНК для дослідження змін на молекулярному рівні.

ВМІСТ ^{90}Sr У ЗЕРНІ НА ПАЛИВНОМУ СЛІДІ ЧОРНОБИЛЬСЬКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВИПАДІНЬ

Л.М.Отрешко, В.О.Кашпаров, С.Є.Левчук, Л.В.Йощенко

*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
НУБіП України, Київ, otrashkol@ukr.net*

Минуло майже 30 років з дня Чорнобильської аварії. Загальний радіаційний стан в країні істотно поліпшився, насамперед, за рахунок радіоактивного розпаду радіонуклідів, їх фіксації та заглиблення у ґрунтовий покрив, вжиття контрзаходів тощо. На паливних слідах чорнобильських радіоактивних випадіннь з часом відмічали збільшення вертикальної міграції ^{90}Sr у ґрунті, а також забруднення ним рослинності. Враховуючи тривалість і високу вартість вимірів, спостереження за ^{90}Sr зараз майже не відбувається.

У 2011-2014 рр. був проведений моніторинг забруднення ^{90}Sr продовольчого зерна у регіонах, що межують із зоною відчуження Чорнобильської АЕС (Київська та Чернігівська області). В усіх відібраних зразках ґрунту та рослинності вимірювалась активність ^{137}Cs і ^{90}Sr за допомогою стандартних методів гамма-, бета-спектрометрії та радіохімії, визначались вміст обмінного ^{90}Sr в ґрунті та K_n та K_p ^{90}Sr в рослинну продукцію.

За результатами проведених досліджень, вміст ^{90}Sr у зерні коливався від 1 до 61 Бк/кг і в половині випадків не відповідав ДР-2006 для продовольчого зерна (20 Бк/кг). Результати вмісту обмінного ^{90}Sr в ґрунті дозволили зробити висновки, що в даний час основна частка паливних частинок на південному сліді радіоактивних випадіннь вже розчинилася. Для практичного використання отриманих даних були побудовані номограми залежності щільності

забруднення ^{90}Sr території від вмісту рухомого кальцію в ґрунті, при якому вміст ^{90}Sr у зерні може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи. Отримані результати і закономірності мають велике значення для аналізу можливості використання зернової продукції на території України, забрудненої ^{90}Sr . Ці дані можуть бути використані для оптимізації системи радіаційного контролю – виявлення критичних ділянок на яких потенційно можливе забруднення ^{90}Sr продукції вище допустимих рівнів.

МІКРОБІОМИ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ҐРУНТІВ

О.Паренюк¹, К.Шаванова², В.Ілленко², Д.Самофалова³, К.Нанба¹, І.Гудков²

¹ *Інститут радіоактивності навколишнього середовища Університету Фукусіми, Японія, olena.parenjuk@gmail.com;*

² *Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ;*

³ *Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України, Київ*

Ґрунтовий мікробіом є комплексною системою, що складається з широкого спектру субстрато-специфічних бактерій, кожна з яких відповідає за використання конкретної групи органічних або неорганічних сполук. Радіонуклідне забруднення, сформоване після аварій на Чорнобильській АЕС і АЕС «Фукусіма» в Японії, призвело до формування в ґрунті доз, які, хоча і не мають прямого впливу на виживаність чи морфологічні характеристики окремих представників ґрунтових бактерій, але, через різницю в радіочутливості різних видів мікроорганізмів можуть істотно впливати на співвідношення видів в угрупованнях і, отже, на перерозподіл речовин в екосистемі. Цей факт, у свою чергу, необхідно враховувати при моделюванні впливу іонізуючої радіації на екосистему в цілому і під час планування контрзаходів та прогнозування їх впливу на процеси автореабілітації та дезактивації.

Зразки ґрунту для вивчення мікробіомів були відібрані влітку 2014 р. на території зони відчуження Чорнобильської АЕС із різним ступенем радіонуклідного забруднення – у лісах біля відселених селищ Дитятки, Копачі, Новошепеличі, Чистогалівка, а також з різних місць так званого «Рудого лісу». Для оцінки видового різноманіття застосовували секвенування нового покоління (New Generation Sequencing) – метод, що дозволяє повністю оцінити різноманітність мікроорганізмів, представлених в ґрунті.

За попередніми результатами визначено, що мікробіоми з території лісів біля населених пунктів відрізняються між собою за кількістю видів, хоча видовий склад є подібним. У той же час зразки з території «Рудого лісу», які мали максимальну радіоактивність, істотно відрізняються від відібраних на решті території, а також між собою як за кількістю, так і за видовим складом. Отримані результати дають змогу припустити, що радіонуклідне забруднення може бути одним із чинників, що впливають на структуру ґрунтового мікробіому.

**СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ КО-МУТАГЕННОЇ АКТИВНОСТІ
ДЕЯКИХ МЕДИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ
В ОПРОМІНЕНИХ *in vitro* КЛІТИНАХ ЛЮДИНИ**

О.П.Пилипчук, Е.А.Дьоміна

*Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології
ім.Р.Є.Кавецького НАН України, lena.pylypchuk@ukr.net*

Не дослідженою проблемою радіобіології являється визначення ко-мутагенних ефектів медичних препаратів в опроміненних клітинах людини, які в свою чергу можуть призводити до ускладнення (посилення) нестабільності геному. При опроміненні найбільш радіочутливих соматичних клітин людини — лімфоцитів периферичної крові (Т-лімфоцитів) важливу роль в дестабілізації геному відіграє хромосомна нестабільність, яка може підсилюватись за умов ко-мутагенної модифікації. Тому актуальності набуває розробка та експериментальне обґрунтування методичних підходів до виявлення та оцінки ко-мутагенних ефектів в опроміненних клітинах людини під впливом препаратів, що самостійно не проявляють власної мутагенної активності. На підставі виконаних радіобіологічних досліджень нами встановлено, що препарати різного медичного призначення за однакових експериментальних умов проявляють схожі ко-мутагенні ефекти в опроміненних імунокомпетентних клітинах (Т-лімфоцитах) здорових осіб, а саме:

- За дії малих доз радіації (0,3 Гр) ко-мутагенні ефекти *залежать* від концентрації препаратів;
- За дії відносно високих доз опромінення (2,0 Гр) ко-мутагенні ефекти *не залежать* від концентрації досліджених препаратів;
- З підвищеним рівнем радіочутливості клітин (G₂-стадія клітинного циклу), ко-мутагенні ефекти медичних препаратів, *не залежно від концентрації* проявляються раніше, починаючи з дози 1,0 Гр (тоді як в G₀-стадії – з дози 2,0 Гр).

Таким чином, для виявлення ко-мутагенної активності деяких медичних препаратів доцільно враховувати наступні показники: поглинену дозу опромінення, величину концентрацій препаратів, ступінь радіочутливості клітин.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭРИТРОЦИТАРНОГО ЗВЕНА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ РЫБ В ВОДОЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Н.А.Поморцева¹, Д.И.Гудков¹, Н.К.Родионова², М.С.Баландина³, А.Е.Каглян¹

¹Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, digudkov@gmail.com;

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

³Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

Объектами исследований были карась обыкновенный *Carassius carassius* L., окунь речной *Perca fluviatilis* L. и красноперка *Scardinius erythrophthalmus* L. Сбор материала выполняли в летние периоды 2010–2014 гг. в озерах Глубокое, Далекое, Азбучин и Яновском затоне в Чернобыльской зоне отчуждения. Контролем служили рыбы тех же видов, отобранные в ряде озер Киевской области с фоновыми уровнями содержания радионуклидов. В мазках крови анализировали следующие нарушения эритроцитов: деформации ядра, пристеночное ядро, вакуолизацию ядра и цитоплазмы клеток, лизис, пикноз, кариолиз, частоту встречаемости микроцитов, шистоцитов и двуядерных эритроцитов, а также степень проявления анизоцитоза. Мощность поглощенной дозы для исследованных видов рыб ЧЗО отмечена в диапазоне 15–230 мкГр/ч, в референтных водоемах этот показатель был в пределах 0,01–0,12 мкГр/ч. Эритроциты рыб в оз. Глубокое оказались наиболее подвержены патологическим изменениям, как ядра, так и самой клетки. Общее усредненное количество нарушений клеток в период исследований этого водоема регистрировали на следующем уровне: у карася обыкновенного – 60%, у красноперки – 34%, у окуня – 23%, при средней мощности поглощенной дозы, соответственно, 123, 17, 33 мкГр/ч. У рыб контрольных водоемов частота нарушений эритроцитов не превысила 4%. Среди исследованных рыб ЧЗО, особи без клеточных патологий нами не обнаружены. Отмечена высокая положительная корреляция между количеством нарушений эритроцитов и мощностью поглощенной дозы, обусловленной инкорпорированными радионуклидами. Зависимость количества нарушений от общей дозы, которую получали рыбы от внешних и внутренних источников облучения, не так высока. В первую очередь это связано с тем, что существующие методики оценки дозовых нагрузок от внешнего облучения в естественных условиях, в частности от донных отложений, обладают невысокой достоверностью, вследствие значительной мобильности рыб, а также гетерогенности загрязнения донных отложений радионуклидами.

MATHEMATICAL MODELING OF OXYGEN DISTRIBUTION IN MALIGNANT TUMORS

N.S.Ponomarenko, V.G.Knigavko, L.V.Batyuk, M.A.Bondarenko

*Kharkiv National Medical University, 4 Lenina ave., Kharkiv, 61022, Ukraine,
ponomarenko-dn@yandex.ru*

Radiation therapy is a widespread way of treating cancer diseases. Tumors of different shapes, in particular, vary in the degree of convergence or divergence of oxygen diffusion flows in them. Following simple geometric considerations, it becomes obvious that the highest convergence degree of oxygen diffusion flows is characteristic of spherical tumors with oxygen coming from the surface, while the highest divergence degree is typical of cylindrical tumors surrounding a blood vessel coaxial with the tumor and supplying it with oxygen (a cylindrical tumor with internal oxygenation is hereinafter referred to as CI). In case of a flat-layer tumor, oxygen diffusion flows are parallel to each other. Based on general considerations, it is evident that the more convergent oxygen diffusion flows in the tumor, the thicker both the normoxic and the hypoxic tumor layers, and, as a consequence, the larger maximum dimensions of the specified tumor types. Taking into consideration that the spherical tumor and the cylindrical CI tumor, dealt with in the paper, are extreme cases in terms of convergence or divergence of oxygen diffusion flows, we think it reasonable to cite the values of abovementioned dimensions for two other simple-geometry tumors: flat-layer tumor and CE cylindrical tumor (with oxygen coming from the outer surface of the tumor). Suppose R_s , R_{ce} , X and R_{ci} are the abovementioned maximum dimensions (radii for the sphere and cylinders) of tumors of the following shapes: spherical, CE cylindrical, flat-layer and CI cylindrical respectively. It is worth mentioning that, in case of CI, the value of ρ , blood vessel radius, is required for the estimation of the specified parameters. We will take it equal to $4 \cdot 10^{-3}$ mm for our estimates.

Estimates were performed for two oxygen tension values of 3.32 kPa and 1.99 kPa, corresponding to oxygen concentration values $c_0 : c_{01} = 25$ mm Hg and $c_{02} = 15$ mm Hg respectively. Calculating the ratios of these dimensions (R_s/R_{ce} , R_{ce}/X , X/R_{ci}) for c_{01} concentration we obtain a value not exceeding 1.44 mm for fully normoxic tumors and not exceeding 1.33 mm for tumors with both normoxic and hypoxic regions but without a necrotic zone. These ratios do not exceed 1.73 mm and 1.27 mm respectively for c_{02} concentration.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПИТАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

В.А.Прилипка, К.К.Шевченко, Ю.Ю.Озерова, М.М.Морозова

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії
медичних наук України»*

В усіх державах, які мають чи передбачають будівництво ядерних об'єктів, постійно проводиться моніторингові дослідження для корекції управлінських рішень та відповідних програм роботи з населенням.

Метою дослідження стало визначення рівня радіаційного захисту населення зони спостереження (ЗС) Рівненської атомної електростанції (РАЕС).

Особливості умов проживання населення, на досліджуваній території обумовлені подвійним ризиком: проживання на радіоактивно забрудненій території внаслідок аварії на ЧАЕС та проживання в зоні спостереження РАЕС. За даними опитування більше половини населення не відчуває соціально-економічної компенсації ризику від діяльності АЕС у своєму повсякденному житті, рівень достатності в сфері соціальної безпеки у населення надзвичайно низький. За спостереженням респондентів, наслідком діяльності РАЕС є зміни у водоймах: зменшення прозорості води, заболочення, збільшення кількості синьо-зелених водоростей, що може бути обумовлене скидами теплої води з водойм-охолоджувачів.

Підлітки та доросле населення ЗС володіють знаннями щодо заходів, які можуть захистити їх у перші години після аварії на АЕС за рахунок обмеження зовнішнього опромінення: зменшення часу перебування на відкритій м знаходження у приміщенні, закриття вікон та дверей, прийом препаратів стабільного йоду.

За оцінками експертів на етапі попереджувальних заходів не має чітко визначеної системи взаємодії та налагодженого зворотного зв'язку органів виконавчої влади і місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та адміністрації РАЕС.

Система оповіщення, забезпечення засобів колективного (захисні споруди, укриття) і індивідуального захисту (одяг, марлеві пов'язки, респіратори, противогази) на випадок к НС на РАЕС не відповідають вимогам нормативних документів і суттєво відрізняються у сільського та міського населення ЗС.

Перелік пільг та компенсацій, пов'язаних з проживанням поблизу діючої АЕС, потребує удосконалення та узгодження з місцевими громадами, і їх впровадження – постійної інформаційної підтримки.

ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Б.С.Пристер, Е.К.Гаргер, Н.Н.Талерко, В.Д.Виноградская, Т.Д.Лев
Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, bprister@mail.ru

При тяжелых авариях на АЭС размеры загрязненной территории могут охватывать несколько сельскохозяйственных зон. Дозы облучения населения на загрязнённой территории формируются очень быстро. Детальная оценка радиационной обстановки требуют сбора и обработки больших объемов информации и выполняются практически после того, когда основная часть поглощенной дозы облучения населения уже сформирована, эффективность защитных мер при этом значительно снижается. Для повышения эффективности реагирования на аварию предложено сбор и подготовку информации, необходимой для оценки обстановки и принятия решений, проводить до аварии превентивно. Превентивно следует также обеспечить согласование пространственно-временного распределения параметров для совмещения моделей миграции РН по цепи «почва – растения – животные – продукция - человек».

Разработан алгоритм превентивной подготовки информации и радиэкологическая модель оцениваемой территории. Предложен метод радиэкологического районирования, согласно которому в пределах водосборных бассейнов выделяют элементарные ландшафты. Элементарный ландшафт рассматриваем как экологически однородную территорию, а градиент значений плотности выпадений РН в ее пределах не превышает $\pm 30\%$ среднего значения. Тип почвы, место в ландшафте и тип землепользования – три универсальных признака, которые позволяют учесть влияние ландшафтно-геохимических условий местности на интенсивность выпадений, размеры аэрального и корневого загрязнения растений. Общая система координат позволяет также объединить на одной картографической основе все 3 уровня масштаба – государственный, региональный и локальный. Параметры миграции радионуклидов должны быть оценены для выделенных элементов ландшафта контролируемой территории и введены в базы данных.

Для прогноза пространственного распределения выпадений ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr разработана мезомасштабная Лагранжево - Эйлера модель «Леди», которая учитывает нестационарность источника выбросов, метеоусловий, неоднородность подстилающей поверхности и шероховатость почвенно-растительного покрова.

Для прогноза внекорневого загрязнения растительности ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr и суточного поступления ^{131}I используется модель, в которой задерживание РН из выпадений пропорционально запасу биомассы в момент выпадений, концентрация РН при этом не меняется. Модель адекватно описывает быстрое самоочищение биомассы растений, что подтверждает эффективность запрещения выпаса и потребления молока и зеленых овощей в первые 7 – 10 дней после выпадений.

Накопление радионуклидов растениями из почвы прогнозируется с использованием разработанной кинетической модели и метода количественной комплексной оценки свойств почвы *Seif* по базовым характеристикам pH, СПО и органическое вещество. *Seif* определяет также значения кинетических параметров, характеризующих скорость фиксации ^{137}Cs в ППК. Пространственное распределение величины дозы внутреннего облучения в населенных пунктах за счет потребления ^{137}Cs с молоком и картофелем на территории западного следа аварии на ЧАЭС хорошо совпадает с распределением типов почв.

Конечная задача этапа превентивной подготовки – установить предельные уровни загрязнения потенциально опасных элементов территории, при которых вероятно превышение норматива на загрязнение продукции. Это позволяет в короткие сроки после аварии ответить на основные вопросы - где, когда, какие контрмеры необходимы для каждого ландшафтного комплекса.

МІГРАЦІЯ ^{137}Cs У МОЛОКО КОРІВ НА ТИПОВИХ ПАСОВИЩАХ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Б.С.Прістер¹, В.А.Проневич², В.П.Зиль³

¹*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ;*

²*Інститут агроєкології і природокористування НААН, Київ;*

³*Центр з організації радіологічного контролю в АПК Рівненської області,
Рівне.*

Широкі дослідження в області радіоекології кормових угідь, показали, що сінокоси і пасовища є одними з найбільш «критичних» типів природних угідь, радіаційне забруднення яких являється стійким впродовж довгого періоду і які найбільше впливають на опромінення населення поліського регіону. На постійних пасовищах ^{137}Cs , сорбується у шарі органічної маси, на поверхні ґрунту. Це перешкоджає фіксації ^{137}Cs ґрунтовими мінералами та стійкими орґано–мінеральними сполуками і створює сприятливі умови для надходження радіоцезію в пасовищні рослини, особливо при високій вологості ґрунту.

Основним джерелом накопичення ^{137}Cs організмом людини нині є молоко і молочна продукція місцевого виробництва з якою до організму може надходити до 40–60% радіоцезію від загального його вмісту. Як свідчать дані досліджень, найзабрудненіше молоко одержано від корів, яких випасали на пасовищі розташованому на торфовому ґрунті – 600 Бк/л, при цьому пасовищний травостій мав найвищу забрудненість ^{137}Cs – 9,82 кБк/кг. Максимальні коефіцієнти переходу ^{137}Cs з ґрунту пасовищ у молоко визначено за випасання корів в лісових масивах (120), де відмічено високу забрудненість пасовищної рослинності – 8,37 кБк/кг. Згідно з даними радіологічного контролю за 2014 рік у 30-ти населених пунктах Поліської зони Рівненської області забрудненість молока ^{137}Cs перевищувала 200 Бк/л, а в окремих населених пунктах Рокитнівського району становила 600-800 Бк/л.

Наукові висновки вказують на нагальну необхідність проводити агроеліоративні заходи по зменшенню і повній ліквідації рухомої частки ^{137}Cs в ґрунтах луків і пасовищ Полісся. Для цього необхідно провести корінне поліпшення пасовищ та вапнування кислих ґрунтів, внесення необхідних доз мінеральних та органічних добрив. На осушених торфових і торфо-болотних землях потрібне термінове відновлення осушних систем для регулювання водно – повітряного режиму на луках та пасовищах, що дасть змогу зменшити мобільність радіонуклідів і в багатьох випадках ліквідувати критичні ланки їх руху.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ ПЛУТОНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИРОДЫ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПИКОВ ^{137}Cs В ГЛУБОКОВОДНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЧЁРНОГО МОРЯ

В.Ю.Проскурнин, С.Б.Гулин, И.Г.Сидоров, Н.Н.Терещенко

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
Севастополь, xdymdy@gmail.com*

Акватория Чёрного моря подверглась антропогенному радиоактивному загрязнению от двух основных источников, в значительной мере разделённых во времени: глобальных радиоактивных выпадений (максимум выпадений пришёлся на начало 1960-х гг.) и атмосферных выпадений после аварии на Чернобыльской АЭС в апреле-мае 1986 г. Оба упомянутых источника содержали широкий спектр продуктов распада и активации, в т.ч. изотопы плутония и цезия, которые относят к числу наиболее информативных трассеров для датировки донных отложений. При послойном анализе глубоководных донных отложений, благодаря временной локализации поступлений ^{137}Cs в Чёрное море, этот изотоп обычно демонстрирует два хорошо различимых концентрационных максимума, давая, таким образом, экспрессное представление о скорости седиментации, учитывая простую процедуру его измерения методом неразрушающей гамма-спектрометрии. В то же время антропогенный плутоний всегда поступает в окружающую среду в виде смеси относительно долгоживущих изотопов, в значительной мере отличающейся по составу в различных источниках. Например, отношение активностей $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ для глобальных (в северном полушарии) и чернобыльских выпадений составляет 0.036 и 0.4-0.5 соответственно. Это даёт уникальную возможность значительно увеличить надёжность определения природы концентрационных пиков цезия. В настоящей работе была проанализирована колонка глубоководных донных отложений, нарезанная с высоким разрешением (толщина слоя – 0.25 см). Концентрационный профиль ^{137}Cs , полученный гамма-спектрометрией каждого слоя, продемонстрировал 3 пика. Наибольший пик с активностью около 600 Бк/кг, что в 5 раз больше остальных пиков и в 10 раз превышает общий тренд концентрации ^{137}Cs , был строго локализован в седиментах на глубинах 2.75-3.00 см. Отношение активностей

$^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ в этом слое на уровне 0.34 вместе с величинами 0.035 в подлежащем и 0.037 в надлежащем слоях позволяет однозначно идентифицировать чернобыльскую природу пика концентрации ^{137}Cs в слое 2.75-3.00 см. При этом около 80% плутония в этом слое характеризуются чернобыльским происхождением.

ПАРАМЕТРИ НАКОПИЧЕННЯ ^{137}Cs БІЛИМ ТОВСТОЛОБИКОМ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Ю.І.Присяник, Т.В.Ананьєва

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, Україна,
prosyaniuk_yulya@mail.ru*

Запорізьке водосховище зазнає хронічного забруднення штучними радіонуклідами внаслідок поверхневого стоку та відтоку з верхніх водосховищ каскаду. У зв'язку з можливістю додаткового внеску в опромінення населення актуальними є дослідження особливостей накопичення радіонуклідів рибою.

Білий товстолобик – цінний промисловий вид риби, належить до родини коропових, веде пелагічний спосіб життя та живиться фітопланктоном, який накопичує радіонукліди у великих обсягах.

Вміст ^{137}Cs в рибі коливався від 3 до 18 Бк/кг природної ваги. Найбільшою накопичувальною здатністю володіють м'язова та кісткова тканини. Виявлено високий вміст ^{137}Cs в зябрах та лусці риб, що свідчить про високий механізм самоочищення від інкорпорованих радіонуклідів.

Вміст ^{137}Cs в рибі навесні (кінець квітня – початок травня) значно вищий за осінні (кінець жовтня – початок листопада) показники.

У білого товстолобика виявлена закономірність між питомим умістом ^{137}Cs та вагою особин. Зі збільшенням ваги (віку) особин питомий вміст ^{137}Cs значно збільшується.

Вміст ^{137}Cs в білому товстолобику є значно нижчим за нині діючі в Україні норми (ДУ-2006), які визначають максимально допустимий рівень в рибі до 150 Бк/кг сирої ваги.

Високий, у порівнянні з більшістю інших видів риб, вміст ^{137}Cs у білому товстолобику дозволяє використовувати цей вид в якості об'єкту-індикатору радіонуклідного забруднення водойми.

ОЦІНКА ДИНАМІКИ ФОРМ ЗНАХОДЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ДОННИХ ВІДКЛАДЕННЯХ ВОДОЙМИ ОХОЛОДЖУВАЧА ЧАЕС ПІСЛЯ ЇХ ОСУШЕННЯ І ЕКСПОЗИЦІЇ В НАТУРНИХ УМОВАХ

В.П.Процак¹, О.О.Одінцов²

¹Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ
valik@uiar.kiev.

²Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, Київ,
aaodin@mail.ru

Методом послідовних екстракцій визначені форми знаходження радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238,239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am) у донних мулистих відкладеннях водойми-охолоджувача ЧАЕС (ВО ЧАЕС) та оцінена їх динаміка після імітації осушення та експозиції в натурних умовах впродовж 2 років. Для досліджень у північній частині ВО ЧАЕС було відібрано приблизно 180 л донних відкладень на глибинах 5-7 м. Послідовні екстракції радіонуклідів проводилися: дистильованою водою; 1М NH_4Ac ; 1М HCl ; розчином Тама; 8М HNO_3 ; 8М $\text{HNO}_3 + 10\text{М HCl}$; 8М $\text{HNO}_3 + 4\text{М HF}$.

Проведена радіографія зразків підтвердила наявність чорнобильських паливних частинок у донних відкладеннях ВО ЧАЕС. За результатами досліджень переважна частина радіонуклідів у донних відкладеннях знаходяться у необмінному стані (>98%), а радіонукліди мають вибіркового характеру вилуговування з матриці паливних частинок. Незважаючи на збільшення за час експозиції в натурних умовах абсолютних значень обмінних форм радіонуклідів до 10 разів, загальний вміст радіонуклідів у обмінних формах для ^{137}Cs , $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ і ^{241}Am все одно залишається зовсім незначний (до 2 % від валового вмісту). Збільшення обмінних форм ^{90}Sr (до 6 % від валового вмісту) може бути обумовлено його вилуговуванням з залишків мушлі, вміст якої у відібраних зразках складає приблизно 15 % сухої ваги. Таким чином протягом перших 2-х років після імітації осушення не відбулося кардинального перерозподілу форм знаходження радіонуклідів у модифікованих донних відкладеннях ВО ЧАЕС. Поясненням цьому може служити факт тривалого збереження слабо лужної реакції середовища модифікованих донних відкладень на експериментальному майданчику ($\text{pH} \sim 7.7$). Якщо екстраполювати отримані результати на всю частину ВО ЧАЕС, яка буде осушена, то можна констатувати, що на даних територіях не слід очікувати швидкого підвищення мобільності радіонуклідів. В радіоекологічному плані це є досить позитивний момент.

ВПЛИВ ГАММА-ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ НА НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ ПРОРОСТКАМИ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ВОДНОЇ КУЛЬТУРИ

С.А.Пчеловська, Ю.О.Кутлахмедов, А.Г.Салівон, Л.В.Тонкаль
*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ,
svetapchel@gmail.com*

Високі рівні техногенного навантаження на довкілля вимагають приділяти значну увагу необхідності детального вивчення особливостей комбінованого впливу важких металів, пестицидів та іонізуючого випромінювання на живі організми. Токсична дія антропогенних чинників може бути модифікована за рахунок одночасного або послідовного впливу кількох стресорів тієї самої або ж іншої природи. Наслідки комбінованих впливів можуть бути більш небезпечними та шкідливими, ніж можна очікувати від простого сумування ефектів, але може спостерігатись і протилежне явище – коли дія одного стресового чинника підвищує захисні реакції організму, внаслідок чого сумарний ефект при дії двох різних стресорів є меншим ніж при дії одного з них.

Важкі метали, зокрема кадмій, мають значну фітотоксичність і спричиняють суттєві порушення рослинного метаболізму вже у низьких концентраціях. Раніше нами було показано можливість зменшення негативного впливу токсичного та радіаційного факторів при їх комбінованій дії при різних режимах застосування. В даній роботі було проведено дослідження впливу опромінення насіння кукурудзи в дозах 35, 70 та 105 Гр на поглинання проростками іонів кадмію з водного розчину. Дослід проводився в умовах водної культури рослин, триденні проростки кукурудзи висаджувались на 0,5-літрові ємності з водою, куди також додавали розчин CdCl_2 в концентраціях 10, 20, 40 мкМ. В якості характеристик стану рослинних об'єктів використовували ростові показники – відносну швидкість росту головного кореня проростків та фактор радіоємності – характеристику поглинальної здатності проростків відносно спеціально внесеного у воду радіонукліду-трасера ^{137}Cs у вигляді хлориду.

Проведені дослідження показали, що гостре гамма-опромінення насіння кукурудзи в дозі 70 Гр виявляє стимулюючий вплив як на ростові так і на поглинальні характеристики проростків кукурудзи, в порівнянні з контрольним варіантом та варіантами, які піддавались опроміненню в дозах 35 та 105 Гр. При комбінованому впливі (опромінення насіння та внесення хлориду кадмію в середовище живлення) спостерігалась зміна характеру впливу радіаційного фактору в бік погіршення і ростових і поглинальних показників.

НАКОПЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ У СЕМЯН СОИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ОБЛУЧЕНИИ В ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Дж.Б.Рахметов¹, Н.А.Стадничук¹, М.Н.Данченко²,
В.В.Бережна², В.И.Сакада², Н.М.Рашидов²

¹*Национальный ботанический сад имени Н.Н. Гришка*

²*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины*

Соя может синтезировать за вегетационный период большое количество ценных органических веществ, из которых белки и жиры являются важными характеристиками качества урожая. Учитывая тот факт, что в составе жирных кислот сои отсутствует холестерин, ее жир является одним из самых ценных растительных жиров. В связи с этим было изучено как изменяется накопление жирных кислот у сои под действием хронического облучения в зоне Чернобыльской АЭС. С этой целью семена сои «Сонячна» сеяли на трех участках - на незагрязненном радионуклидами экспериментальном участке отдела новых культур в Национальном ботаническом саду имени Н.Н. Гришка, на участке в городе Чернобыле, где загрязнение радионуклидами имеет низкий уровень, и на полигоне в районе села Чистогаловка, где высокий уровень загрязнения почвы радионуклидами.

Как ценный пищевой продукт соевое масло содержит комбинацию жирных кислот, а именно, 56% полиненасыщенных жирных кислот в соевом масле составляет двуненасыщенная линолиевая кислота и 8% - трех- ненасыщенная линоленовая кислота, которая в организме человека может превращаться в омега-3-жирную кислоту.

Соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот не изменялось ни у контрольных семян, ни у семян, выросших под действием хронического облучения в Чернобыльской зоне. В то же время многолетние исследования в зоне Чернобыльской АЭС показали, что общее количество соевого масла у семян, сформированных на загрязненном участке с высоким содержанием радионуклидов в Чистогаловке снизилось на 20%, отношение содержания масла к содержанию белка снизилось с 0,85 до 0,47, при этом созревание семян задерживалось приблизительно на 2 недели по сравнению с семенами на контрольных участках в городе Чернобыле и в Национальном ботаническом саду имени Н.Н. Гришка.

IMPACT ON PYRUVATE KINASE ACTIVITY IN BRAIN TISSUES OF WHITE RATS BY DECIMETER ELECTROMAGNETIC IRRADIATION

A.M.Rashidova¹, L.M.Guseynova²

¹*Institute of Physiology n.a. A.I.Karayev, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku,
afag@mail.ru*

²*Azerbaijan State Pedagogical University, Baku*

Protection from adverse stress factors of people's lifespan and health is one of the important and global problems of the civilization. The problem of the impact of ionizing and unionizing electromagnetic radiation (EMR) on biological objects is acquiring greater relevance. Interest to these studies is due to the lack of exact mechanism of action of EMR though a great deal of collected experimental data was done on the biological systems of varying by sources and complexity. Energy metabolism in the brain differed by high reactivity and plays an important role in the adaptation of the functional state as a whole. The aim of this study is to study comparatively the changes in pyruvate kinase (PK; EC 2.7.1.40) activity - one of the key enzymes of energy metabolism in the brain in relation to the age of the animals, brain structure and power of irradiation by decimeter microwaves (DMW).

The experiments were carried out on white male rats of 3 aged groups: 3-; 6- and 12-month old. EMR was carried out every day for 20 min. over a period of 10 days by DMW at the frequency of 460 MHz under low (10 μ W/ smI) and high intensity (30 μ W/sml) conditions. After 10 days the animals were decapitated, the brains immediately were removed and identified by Pellegrino L.T. et al. PK-activity was determined at $\lambda=340$ by Bergmeyer H.U.

It is to be noted that both hypo- and hyperactivity of this enzyme led the organism to pathological state along with disturbance of energy supply. Changes in PK-activity are supposed to be caused by incorporation the products of decomposition into cells energy supply and activation of biosynthetic processes under the impact of varying intensity. At low intensive radiation PK-activity underwent more appreciable changes as compared to high intensive one, and reliably increased both compared to the control level and high intensive radiation ($p<0,001$).

The data analysis indicate relatively high sensitivity of PK-activity to EMR of varying power and this is the consequence of the fact that glycolysis is the main source of energy for the cells and in a great extent providing their adaptive-compensatory reactions, regulatory activity of EMR on enzymatic reactions in the tissues as well.

МІЖНАРОДНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ КУРС З РАДІОЕКОЛОГІЇ

Ю.В.Рибалко, О.Ю.Епельбойм, І.М.Гудков

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

З метою адаптації навчальних програм підготовки фахівців до європейських стандартів Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП) та Університет Вагенінген (Нідерланди) от вже сьомий рік у червні-липні в межах програми радіоекології проводять Міжнародний бакалаврський теоретико-практичний курс «Радіоактивність після Чорнобильської катастрофи та ядерна енергетика». Основним його завданням є забезпечення послідовного розширення у студентів комунікативних та науково-дослідницьких умінь й навичок відповідно до напряму досліджень, а також поєднання освітніх та наукових програм підготовки фахівців в умовах професійної діяльності для розвитку науково-дослідного потенціалу в галузі наук про навколишнє середовище. Курс передбачає проведення як теоретичних (лекції, семінари) так і практичних (польові і лабораторні роботи) занять.

В курсі приймають участь по 20–25 студентів факультету екології НУБіП та Університету Вагенінген. Студенти діляться 8 змішаних груп, кожна з яких отримує окремий теоретико-практичний напрям досліджень: вимірювання радіоактивності, вплив іонізуючої радіації на людину, вплив радіації на екосистеми, політика в галузі атомної енергетики, громадська думка про ядерну енергетику, видобуток урану, ядерні відходи, альтернативна енергетика. Впродовж тижня студенти працюють у Вагенінгені і тиждень у Києві. Вони прослуховують лекції провідних фахівців університету Вагенінген, зокрема «Радіаційна гігієна» (А. Ясен), «Вплив радіоактивності на навколишнє середовище» (М. ван Дайк), «Політика та публічна думка щодо ядерної енергетики» (А. Баннік), а також НУБіП: «Радіаційна ситуація в Україні та Європі» (І.М. Гудков), «Характеристика Чорнобильської АЕС як джерела негативного впливу на довкілля» (Ю.О. Іванов), «Вимірювання радіоактивності» (С.Є. Левчук), «Використання іонізуючого вимірювання в сільському господарстві» (В.О. Кашпаров), «Радіоекологія популяцій» (В.А. Гайченко) та інші. Студенти відвідують науково-дослідні і навчально-наукові лабораторії університетів, відбирають зразки ґрунту і рослин, визначають в них вміст радіонуклідів. Практикується екскурсійна поїздка до зони відчуження Чорнобильської АЕС. Курс сприяє розвитку інтернаціональної комунікації студентів, проведенню спільних наукових досліджень у галузі наук про навколишнє середовище та подальшого співробітництва.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ОРГАНІЗМ МЕШКАНЦІВ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Л.Д.Романчук

*Житомирський національний агроекологічний університет,
LRomanchuck@rambler.ru*

Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС виявилися особливо тяжкими для зони Полісся, зокрема північної частини Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської і Чернігівської областей. На Житомирщині 9 північних районів повністю або частково опинилися в зоні радіоактивного забруднення. Незважаючи на тривалий період після аварії, рівні забруднення радіонуклідами ґрунтів, рослин та продуктів харчування залишаються високими.

Через 29 років після аварії питома вага приватного сектору у загальному обсязі виробництва валової продукції сільського господарства в зазначених вище регіонах складає до 80%. При цьому в особистих господарствах населення виробляється близько 60% м'яса і 75% молока, споживання яких зумовлює формування до 90% дози внутрішнього опромінення населення, що проживає на забрудненій території. Більше того, значна частина забрудненої продукції надходить на споживчий ринок інших регіонів України.

Екологічні особливості проживання населення північних районів Житомирщини, їх органічне поєднання з навколишніми лісами, болотами і надалі сприяє формуванню напруженої радіоекологічної ситуації навіть за низької щільності радіонуклідного забруднення ґрунтів внаслідок значних коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослинну продукцію.

Особливої уваги сьогодні потребують забруднені радіонуклідами екосистеми лісів та сільськогосподарських угідь, які наразі використовуються у виробничих процесах. При цьому ризики отримання високих рівнів забруднення радіонуклідами продукції, що виробляється на зазначених землях, обумовлені як строкатістю ландшафтних умов, за яких формуються дані екосистеми, так і фізико-хімічними особливостями радіоактивних викидів.

Так, за результатами спільних досліджень науковців Житомирського національного агроекологічного університету і Центру радіаційного захисту та радіоекології Ганноверського університету (Німеччина), проведених у 2010-2014 рр., встановлені досить високі щільності забруднення ґрунтів та внутрішні дози опромінення населення (до 10 мЗв/рік) в деяких населених пунктах Житомирщини.

ФУНКЦІОНАЛЬНА АКТИВНІСТЬ КЛІТИН КІСТКОВОГО МОЗКУ ЩУРІВ ПРИ ЇХ ХРОНІЧНОМУ ТА ГОСТРОМУ ОПРОМІНЕННІ СТРОНЦІЄМ-90

І.З.Руссу¹, Д.І.Білько¹, Н.К.Родіонова², Н.М.Білько¹

¹Національний університет «Києво-Могилянська академія»,
borbulyak@yahoo.com;

²Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є.
Кавецького НАН України

Насьогодні актуальною є проблема дії іонізуючої радіації у низьких дозах, які зумовлені накопиченням в організмі людини ряду радіонуклідів. Одним із таких радіонуклідів є остеотропний ^{90}Sr , що здатен опромінювати кістковий мозок та ушкоджувати кровотворення в цілому. У зв'язку з цим була розроблена модель із використанням щурів Вістар, яким вводили ^{90}Sr одноразово та хронічно протягом тривалого часу; при цьому поглинута у скелеті доза внаслідок накопичення радіонукліду становила 1 Гр. Для дослідження функціональної активності клітин кісткового мозку опромінених тварин було застосовано культивування *in vitro* та *in vivo* у дифузійних камерах із використанням у якості реципієнтів камер мишей СВА.

Результати культивування кровотворних клітин-попередників у дифузійних камерах *in vivo* свідчили про достовірне зниження, у порівнянні із контрольними показниками, їхньої ефективності колонієутворення (ЕКУ), значною мірою при хронічному, та дещо меншою мірою при гострому одноразовому опроміненні. Разом з тим, у культурі клітин кісткового мозку опромінених щурів було виявлено підвищену, у порівнянні із контролем, кількість колоній із еозинофільним напрямом диференціювання. Крім того, у периферичній крові опромінених тварин було виявлено присутність циркулюючих кісткомозкових клітин-попередників як при тривалому надходженні ^{90}Sr , так і при його одноразовому надходженні, тоді як у контролі вони були практично відсутні.

При дослідженні гемопоетичного мікрооточення було з'ясовано, що ЕКУ стромальних клітин-попередників кісткового мозку опромінених тварин виявилася пригніченою, у порівнянні із контролем. При цьому більшою мірою це проявлялося при тривалому надходженні ^{90}Sr , у порівнянні із його одноразовим гострим введенням. Внаслідок проведених досліджень також було виявлено зниження здатності стромальних кісткомозкових клітин опромінених тварин до підтримки гемопоезу у культурі клітин *in vitro*. Так, ЕКУ неопромінених гемопоетичних клітин-попередників на стромальному шарі з опромінених клітин була суттєво зниженою у порівнянні із контролем. Визначені показники функціональної активності клітин кісткового мозку можуть слугувати підґрунтям для розробки критеріїв ураження кровотворної системи людини та формування груп ризику серед осіб, які були піддані впливу ^{90}Sr .

BONE MARROW DAMAGE IN EXPERIMENTAL ANIMALS AFTER IODINE-131 INTAKE IN DIFFERENT MODES

N.M.Ryabchenko, A.I.Lypska, O.O.Burdo, O.A.Sova, I.P.Drozd

Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine, Kyiv, nryabchenko@ukr.net

The aim of the work was to study the dynamics of *in vivo* cyto- and genotoxic effects in rats' bone marrow (BM) under prolonged and single oral intake of radioiodine (^{131}I).

The isotope was administrated to male Wistar rats daily at dose of 29,3 kBq/animal for 15 days for prolonged exposure. ^{131}I single dose was 27,5 kBq/animal. Dynamics of cyto- and genotoxic effects in BM were examined by flow cytometry in acridine orange stained unfractionated BM cells isolated from femur (Criswell et al., 2003). Ratios of polychromatic erythrocytes (PCE)/normochromatic erythrocytes (NCE) were used to study cytotoxicity. The genotoxic effect was assessed by quantification of micronucleated PCE (MNPCE) within the PCE population.

^{131}I specific activity in rat BM under prolonged intake did not change significantly during the experiment and was 64 ± 6 Bq/g. Absorbed doses changed in the range from 0,16 mGy on the 1st day of the experiment to 4,59 mGy on the 16th day. In the case of ^{131}I single intake specific activity decreased gradually from 35,6 Bq/g on the 1st day to background levels on the 21st day of examination. The dynamics of genotoxic effects in BM for the studied regimes and doses of ^{131}I was different. The highest MNPCE levels were determined on the 2nd day after administration for both regimes. Since the 3^d day a significant decrease (by 4 times) in MN PCE proportion was observed in the case of daily isotope administration. Further radionuclide intake led to the increased MNPCE levels if compared with control (7, 16 days). Persistent reduction of BM cellularity against insignificant changes of PCE/NCE was observed. At the same time there was no ^{131}I dose-dependent effect on MNPCE levels in the examined range of ^{131}I absorbed doses. After single ^{131}I intake rates of MNPCE decreased gradually and on the 16th day of the study did not differ from control. From the 7th day restoration of BM cellularity, which reached control levels on the 14th day, was noticed. RCE/NCE ratio was not changed significantly during examinations indicating the absence of ^{131}I cytotoxic effect in BM within the examined terms. Thus prolonged intake of ^{131}I with the studied activity resulted in the acute cytogenetic injury in BM, which did not depend on the cumulative dose in promote period. Formation of resulting cyto- and genotoxic effects in rat BM was caused both by ^{131}I direct cell damage and intensity of repair/compensatory mechanisms directed to elimination of damaged cells and restoration of depleted pools.

ПОВЕДІНКОВІ РЕАКЦІЇ ЛІНІЙНИХ МИШЕЙ З АЛЬТЕРНАТИВНОЮ ГЕНЕТИЧНО ОБУМОВЛЕНОЮ РАДІОЧУТЛИВІСТЮ ЗА ГОСТРОГО, ХРОНІЧНОГО ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА ІНКОРПОРАЦІЇ ¹³⁷Cs І МОЖЛИВІСТЬ ЇХ МОДИФІКАЦІЇ ГРИБНИМ МЕЛАНІНОМ

О.Сенюк¹, Л.Горовий²

¹ООО «Мікотон», e-mail:olga.seniuk@yahoo.com

²Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Центральна нервова система чутливо реагує на дію іонізуючих випромінювань, функціонування якої можна оцінювати за показниками поведінкових реакцій, зокрема тривожності, за використання хрестоподібного припіднятого лабіринту (ПХЛ).

Оцінювали радіаційний вплив гострого зовнішнього опромінення BALB/c мишей у дозі ~5,95 Гр/8,5 хв (джерело γ-кванти продуктів поділу ²³⁵U) і тривалої (231 доба) експозиції цих мишей на пласких бетонних брикетах з імобілізованими «гарячими частинками» палива 4-го блоку ЧАЕС, над якими формувались рівномірні поля γ-випромінювань ¹³⁷Cs з накопиченням дози ~0,29 Гр, а також спонтанної і примусової інкорпорації *per os* BALB/c і C57BL/6 мишами ¹³⁷Cs впродовж 74 доби до досягнення активності в тушках відповідно 20,8 і 23,9 кБк.

За показниками тривожності дослідні тварини істотно відрізнялися і за відсутності впливу радіації. В цілому C57BL/6 миші були більш рухливими і менш лякливими. Спонтанне накопичення з питною водою і зеленим кормом ¹³⁷Cs (до 2,2 кБк/кг у BALB/c мишей і 1,2 кБк/кг у C57BL/6 мишей) і ⁹⁰Sr (до 1,4 кБк/кг у BALB/c мишей і 0,42 кБк/кг у C57BL/6 мишей) супроводжувалось зростанням показників тривожності в мишей обох ліній, які достовірно зростали у більш чутливих до впливу радіації BALB/c мишей, які ставали менш рухливими, частіше заглядали вниз і затаювались, виявляли більшу готовність до оцінки нового оточення, продукували більше болюсів. Інкорпорація ¹³⁷Cs з накопиченням у тілі мишей на чотири порядки вищої активності асоціювалась із подальшим зниженням загальної рухової активності (в середньому у 4,7 рази у BALB/c мишей і в 4,3 рази у мишей C57BL/6), достовірним скороченням часу перебування у відкритих рукавах ПХЛ, зростанням показників тривожно-фобічного стану і готовності до оцінки нового оточення. Кластер параметрів тривожності, пов'язаних з руховою активністю, є високо чутливим до опромінення у дозі 5,95Гр/8,5хв. Через тиждень після отримання цієї дози їх кількісні вирази достовірно зменшувались у порівнянні з контрольними параметрами. Водночас в опромінених мишей, які отримали ін'єкції МГК-Г величини цих показників достовірно збільшувались, а показник виходу на центральний майданчик, навіть досягав нижньої межі норми. З'ясування можливості впливу хітин-меланін-глюканового кснлексу з *Fomes fomentarius* (із розрахунку 25 мг/кг маси миші) на поведінкові реакції свідчить, що у мишей з підвищеною чутливістю до радіаційного впливу (BALB/c) за постійного вживання цього комплексу біополімерів виявляється незначна тенденція до

зменшенням ознак тривожності – лише у 50 % досліджуваних параметрів. Водночас у мишей більш радіостійкої лінії (C57BL/6) таку тенденцію виявлено в середньому у 83 % досліджуваних показників. У цілому зміни у поведінці мишей, що вживали ХМГК-F, засвідчують про здатність цієї субстанції зменшувати ознаки тривожності й страху, виявляючи анксиолітичну активність.

РАДІОПРОТЕКТОРНИЙ ЕФЕКТ ІНДРАЛІНА І МЕЛАНІН-ГЛЮКАНОВОГО КОМПЛЕКСУ З *F. FOMENTARIUS* ПРИ ГОСТРОМУ ОПРОМІНЕННІ (5,95 ГР/8,5 ХВ) МИШЕЙ BALB/C

О.Сенюк¹, В.Шевель², Л.Горовий³

¹ООО «Мікотон», olga.seniuk@yahoo.com

²Інститут ядерних досліджень інженерії НАН України

³Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Дослідження порівняльної радіозахисної дії індраліна та меланін-глюканового комплексу (МГК) виконали на моделі гострого опромінення BALB/c мишей у дозі 5,95 Гр впродовж 8,5 хв (потужність експозиційної дози 40,2 Гр/год), яким за 30 хв до експозиції внутріочеревинно вводили по 0,2 мл фізіологічного розчину меланін-глюканового комплексу з *Fomes fomentarius* (МГК) або індраліну, з концентрацією відповідно 125 і 750 мкг/см³. Оцінювали коефіцієнт захисту, рівні ОНР ДНК клітин різного генезу, прояв ефекту свідка і поведінкові реакції в при піднятому хрестоподібному лабіринті (ПХЛ). Показники ОНР ДНК використали як інтегральний маркер радіаційного ушкодження структури ДНК, визначаючи їх за розділенням ниток ДНК у лужних умовах, що не дозволяє встановити співвідношення між різними типами ушкоджень ДНК.

Для індраліну коефіцієнт захисту становив 0,33, коли у МГК він був у 2,3 рази вищим (0,75). Вищі значення коефіцієнту захисту, обчислені для МГК, найімовірніше можна пояснити тим, що у використаній моделі антиоксидантна активність МГК виявилась ефективнішою в радіаційному захисті тканин опромінених мишей за індуковану індраліном гіпоксію.

Загальне зовнішнє гостре опромінення BALB/c мишей у дозі близькій до ЛД_{50/30} через тиждень після експозиції супроводжувалось достовірним збільшенням рівнів ОНР в ДНК клітин різного генезу. Ін'єкція МГК супроводжувалась достовірним зменшенням ОНР ДНК у всіх видах клітин опромінених тварин (лімфоцитах, спленоцитах, гепатоцитах, пулі клітин кісткового мозку). Водночас модифікуючий ефект індраліну був менш виразним – достовірне зменшення рівнів ОНР мало місце лише в ДНК спленоцитів і гепатоцитів. Цей факт дозволяє припускати, що одночасно у цих мишей зменшилась кількість інших радіаційних пошкоджень ДНК, і зробити висновок про подібність радіопротекторного ефекту МГК та індраліну на рівні структури ДНК.

Одночасно в описаній модельній системі ефективність живильного середовища, яке було отримане після культивування клітин з тканин мишей, які

перед процедурою опромінення отримали в черевну порожнину ін'єкцію МГК або індраліну, була однозначно нижчою (22, % і 18,7 % відповідно).

Аналіз даних, отриманих в ПХЛ засвідчує, що гостре опромінення BALB/с мишей супроводжувалось зменшенням їх загальної рухової активності, достовірним зменшенням кількості заглядань мишей з відкритих рукавів і центрального майданчику, збільшенням часу, який опромінені тварини проводять у закритих рукавах, і співвідношення виходів у закриті/ відкриті рукави відповідно до 3,0 до 4,4, зростанням кількості стійок з опорою, що, найімовірніше, є проявом депресії загальної рухової активності. У групах тварин, що отримали МГК та індралін збільшувався час перебування мишей у відкритих рукавах відповідно у 2,5 і 2,4 рази, зменшувалось співвідношення виходів у закриті/відкриті рукави відповідно у 1,2 і 1,4 рази. Під впливом ін'єкції МГК або індраліну в цілому зменшуються негативні зміни у показниках тривожності. Проте, у експонованих мишей індралін, на відміну від МГК, збільшує показник тривожно-фобічного і емоційного стану.

Отже, за визначеними критеріями МГК проявляє властивості радіопротектора, а по ефективності захисної дії навіть перевершує індралін за низкою показників.

МІТОТИЧНА АКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР ЛІМФОЦИТІВ КРОВІ ОНКОЛОГІЧНИХ ХВОРИХ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ

Т.С.Сипко, Н.Д.Пшенічна, Н.О.Мазник

*ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», Харків,
Maznik.cytogen@mail.ru*

Для більшої повноти уявлень про цитогенетичні ефекти у пацієнтів під час променевого лікування необхідна оцінка змін рівня перших (M1) и подальших мітозах (M2+), яка можлива при застосуванні флуоресцентного-плюс-Гімза (FPG) забарвлення метафаз. Таким чином було оцінено мітотичну активність лімфоцитів на різних термінах культивування клітин за умов фракціонованого терапевтичного опромінення.

У ході дослідження обстежено 27 хворих віком 43 – 84 років: з раком тіла матки, недрібноклітинним раком легенів, пухлинами голови та шиї, що отримували променеву терапію (ПТ) на апараті Clinac 600 C. Зміни мітотичної активності у культурах лімфоцитів периферичної крові пацієнтів до, в середині та наприкінці курсу ПТ оцінювали диференційно для двох термін фіксації культури (50 – 52 год та 53 – 55 год) та визначали відсоток клітин певного мітозу серед усіх клітин, що були проаналізовані в культурі даної тривалості. Усього в досліджених групах, сформованих згідно з локалізацією пухлин, проаналізовано придатних для аналізу реплікативного індексу 30972 клітини.

Аналіз залежності виходу кількості першого та послідовних мітозів від етапу ПТ в об'єднаних вибірках клітин у 50-52-годинних культурах лімфоцитів

виявив, що рівень M1 на всіх етапах ПТ був понад 82 % та не зменшувався від початку ПТ. Частоти M1 та M2+ також не залежали і від локалізації пухлин. Рівень M2+ у 53-55-годинних культурах був трохи вищим, ніж у 50-52-годинних культурах, але не настільки, щоб робити цей термін культивування клітин проблематичним для аналізу аберацій у перших мітозах.

Отримані данні показали доцільність використання обох термінів культивування клітин для підвищення виходу метафаз. Результати мають важливе значення для подальшого вивчення інформативності FPG- та Giemsa-зabarвлення клітин для цитогенетичного аналізу за умов фракціонованого терапевтичного опромінення.

ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ НА МІКРОБІОЦЕНОЗ ШКІРИ ЩУРІВ

Л.І.Сімонова-Пушкар¹, Н.І.Скляр², В.З.Гертман¹, Л.В.Білогурова¹

¹ ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», м. Харків, patphysiol_imr@mail.ru

² ДУ «Інститут мікробіології та імунології ім. І.І. Мечнікова Національної академії медичних наук України», м. Харків

Найчастішими ускладненнями променевої терапії є променеві ушкодження шкіри у вигляді сухого та вологого (ексудативного) епідерміту чи дерматиту, або променевої виразки. У великій кількості випадків перебіг цих пошкоджень ускладнюється їх інфікуванням з набуванням антибіотикорезистентності. Тому вивчення характеру змін мікрофлори шкіри після дії іонізуючого випромінювання є цілком актуальним.

Мета роботи - вивчити зміни кількісної та якісної характеристик мікробної флори при локальному опроміненні непошкоджених шкірних покривів.

Дослідження були проведені на 20 щурах-самцях породи Вістар, розділених на 2 рівні групи — контрольну і дослідну, остання отримувала локальне рентгенівське опромінення ділянки шкіри стегна в дозі 85,0 Гр. За допомогою загальноприйнятих мікробіологічних методів порівнювали якісний і кількісний склад індигенної мікрофлори шкіри щурів з дослідної та контрольної груп впродовж 30 діб.

Встановлено, що мікробна спільнота ділянки шкіри неопромінених щурів контрольної групи характеризується гетерогенністю видового складу, до якого входять грампозитивні аеробні та факультативно-анаеробні бактерії, а саме коагулазонегативні стафілококи, персистуючі у складі ценозів з коринебактерій, мікрококів та ентерококів.

У дослідних щурів розвивалися променеві ушкодження шкіри різного ступеню тяжкості — від сухого дерматиту до променевої виразки. При цьому відбувалося збільшення показників обсіменіння поверхні променевих ушкоджень протягом усього періоду спостережень поряд з розширенням видового складу мікрофлори і зміною його кількісної характеристики. До

складу мікробіоценозу пошкодженої шкіри додатково увійшли коагулазопозитивні стафілококи, неферментуючі грамнегативні бактерії, а також ентеробактерії — кишкова паличка та клебсієла з ознаками патогенності.

Таким чином, опромінення шкіри викликає збільшення мікробного обсіменіння і появу додаткових видів мікроорганізмів з ознаками патогенності, що свідчить про порушення бактерицидних властивостей шкіри і зниження імунологічної реактивності макроорганізму.

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ПОРУШЕННЯ У ПІВНИКА БОЛОТНОГО *IRIS PSEUDACORUS* L. У ВОДОЙМАХ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

А.В.Слободзян¹, Н.Л.Шевцова²

¹Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ,
kaylachka@mail.ru

²Інститут гідробіології НАН України, Київ

Визначення біологічних об'єктів, що можуть бути застосовані при оцінці радіаційних ризиків для біоти водних екосистем є актуальною нагальною потребою оскільки на сучасному етапі розвитку ядерних технологій та пов'язаних з цим неминучих випадків забруднення водного середовища, антропогенний радіаційний фактор визначається як ще один фактор глобального впливу людства на довкілля.

Метою дослідження було визначення рівня хромосомних порушень у півника болотного *Iris pseudacorus* L. в залежності від дозового навантаження на рослину в умовах радіонуклідного забруднення водойм Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ). Досліджували наступні показники апікальних клітин меристематичної тканини кореня – мітотичний індекс, фазові індекси, частоту аберантних анафаз, спектр хромосомних порушень, кількість аберацій на одну аберантну клітину.

Виявлено, що у літоральних рослин водойм ЧЗВ проаналізовані показники, за виключенням мітотичного та фазових індексів, значно перевищують природний мутаційний фон. Так, у 2014 р., частота аберантних анафаз у клітинах півника болотного варіює від 10% для рослин з оз. Азбучин до 21% у рослин з озера Глибокого, що в 5-10 разів перевищує рівень спонтанного мутагенезу. Також зареєстровано дуже високий показник мультиаберантності аберантних клітин, що становив від 1,8 у клітинах рослин з оз. Азбучин до 2,9 в клітинах рослин оз. Глибокого.

Встановлені кореляційні зв'язки між дозовим навантаженням на рослину та дослідженими хромосомними порушеннями з коефіцієнтами кореляції 0,70 для частоти аберантних анафаз та 0,87 для коефіцієнта мультиаберантності, свідчать про можливість використання цих цитогенетичних показників референтного виду – півника болотного для оцінки мутагенної небезпеки середовища у радіоекологічному моніторингу.

**ВПЛИВ ПОРУШЕНЬ МЕТАБОЛІЗМУ ОКСИДА АЗОТУ,
ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНУ eNOS, ТА ІНКОРПОРОВАНОГО ¹³⁷Cs НА
РОЗВИТОК НЕСПРИЯТЛИВИХ ЕФЕКТІВ У ДІТЕЙ - МЕШКАНЦІВ
РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ**

Є.І.Степанова, І.Є.Колпаков, В.Г.Кондрашова, В.Ю.Вдовенко, О.О.Скварська,
О.М.Литвинець, О.С.Леонович, В.М.Зигало

*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної Академії медичних наук України», 03115, м. Київ,
profstepaniva@i.ua,*

Проведено комплексне клініко-лабораторне й інструментальне обстеження 135 дітей – мешканців радіоактивно забруднених територій (РЗТ) та 49 дітей, які проживають у «чистих» у відношенні радіоактивного забруднення регіонах (контрольна група), з визначенням вазоактивного пулу оксиду азоту, показників про- та антиоксидантної системи, ендотеліальної реактивності, функціонального стану бронхолегеневої, серцево-судинної систем, 4a / 4b VNTR поліморфізму гену eNOS і рівня інкорпорованого ¹³⁷Cs.

Встановлено, що у дітей - мешканців РЗТ спостерігаються ознаки ендотеліальної дисфункції, які характеризуються зниженням рівня нітриту в сироватці крові, затримкою ендотелійзалежної реакції судин на оклюзійну пробу, наявністю ознак оксидативного стресу та напруження резервів антиоксидантної системи. Дітям з ендотеліальною дисфункцією притаманні підвищення частоти порушень вентиляційної функції легенів, наявність більш виразної дизрегуляції вегетативної нервової системи, знижений та напружений стан адаптаційно-пристосувальних механізмів кровообігу, зниження функціональної спроможності міокарду, порушення серцевого ритму, підвищений рівень загального холестерину. Виразність ознак ендотеліальної дисфункції була асоційована з рівнем інкорпорованого ¹³⁷Cs.

Доведено, що наявність алелю 4a в генотипі дітей, які мешкають за умов тривалого надходження ¹³⁷Cs до організму, є фактором ризику розвитку ендотеліальної дисфункції, яка є передумовою та одним з патофізіологічних механізмів функціональних порушень з кардіореспіраторної системи систем з можливим формуванням в подальшому мультифакторіальної патології. Розроблена технологія формування груп ризику з розвитку ендотеліальної дисфункції.

РАДІОСЕНСИБІЛІЗАЦІЯ ПУХЛИНИ У КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ПЕРСИСТУЮЧОГО ТА РЕЦИДИВНОГО РАКУ ЯЄЧНИКІВ

О.М.Сухіна, А.В.Свинаренко, В.С.Сухін, Г.І.Грановська

ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України»,
imr@online.kharkiv.com

Рецидив, спричинений як вторинним ростом пухлини, має принципові відмінності від первинної пухлини. Як відомо, прогресування є наростанням ступеня автономності пухлинних клітин унаслідок добору клонів, стійкіших до ендогенних впливів. Протягом прогресування окремі ознаки пухлин (інвазивність, метастазування, чутливість до лікування) незалежно розвиваються в напрямі наростання злоякості. Це зумовлює несприятливий перебіг пухлинного процесу і малу перспективність успіху подальшої терапії, особливо у радіорезистентних пухлинах, до яких належить і рак яєчників (РЯ). Можливість підсилення радіаційного впливу на пухлину низькими дозами радіації, які спричиняють неспецифічну активацію обмінних процесів в клітинах за кілька хвилин до опромінення основною дозою доведена Г.С. Календо.

Мета. Вивчити ефективність застосування променевої терапії з радіосенсибілізацією пухлини малими дозами опромінення у хворих на рецидивний та персистуючий РЯ.

Матеріали та методи. Проліковано 120 пацієнток з РЯ Т3сNxM0 віком 40-60 років, середній вік яких склав $50,9 \pm 13,9$ років, медіана віку – 54,1 року. Програма лікування включала операцію, цикли поліхіміотерапії та променевої терапії на апараті РОКУС-АМ методом радіосенсибілізації пухлини (разова осередкова доза 0,1+1,9 Гр, сумарна осередкова доза 50-55 Гр).

Результати. Застосування радіосенсибілізації пухлини низькими дозами іонізуючої радіації при лікуванні рецидивного раку яєчників збільшило період ремісії незалежно від радикальності програми протипухлинної терапії першої лінії до 21,8 місяців. Медіана періоду ремісії при солітарному рецидиві в малому тазі склала 18,0 місяців при середній його тривалості 25,5 місяців і знижувалася зі збільшенням розмірів рецидиву – 10,0 місяців при середній тривалості стабілізації процесу – 9,8 місяців.

Висновки. Отримані результати свідчать про ефективність використання радіосенсибілізації променевої терапії в схемі паліативного лікування рецидивного раку яєчників.

Ключові слова: рак яєчників, рецидив, променева терапія.

**РАДІОГЕННІ ЕФЕКТИ В СЕРЦЕВО-СУДИННІЙ СИСТЕМІ ЗА УМОВ
НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ГОСТРОГО ТА ХРОНІЧНОГО
ОПРОМІНЕННЯ В МАЛИХ ДОЗАХ
(ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛІНІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)**

В.В.Талько¹, С.С.Островська², С.М.Дмитрук³

¹*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини*

НАМН України», Київ, talko1950@ukr.net;

²*Дніпропетровська державна медична академія, Дніпропетровськ;*

³*Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка, Суми*

Для нормування радіаційних навантажень зроблено припущення, що порогова доза є однаковою для гострого, фракціонованого та хронічного опромінення і складає біля 0,5 Гр [UNCEAR, 2008]. Водночас довгострокові когортні епідеміологічні дослідження в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на ЧАЕС 1986–1987 рр. за даними ДРУ України осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, встановили зростання хвороб системи кровообігу в осіб у віці менше 40 років на момент опромінення з дозою зовнішнього опромінення всього тіла менше 0,25 Гр через 5–22 роки після аварії.

Проведення експериментального дослідження обумовлено необхідністю подальшого вивчення механізмів впливу малих доз низької інтенсивності на стан ліпідного обміну, про- та антиоксидантну ланки окисного гомеостазу, морфофункціональну характеристику та ультраструктурну організацію міокарда, магістральних судин і мікроциркуляторного русла за умов використання різних способів опромінення білих лабораторних щурів у рівновеликих дозах (одноразовому та пролонгованому тотальному гамма-опроміненні у дозах 0,5 та 1,0 Гр).

Виявлені особливості змін ліпідно-ліпопротеїнового спектра сироватки крові в УЛНА на ЧАЕС 1986 р. з реалізованою у віддаленому періоді після опромінення кардіоваскулярною патологією, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання в діапазоні малих доз – 0,03–0,25,0 Гр. Експериментально доведено більшу біологічну ефективність пролонгованого способу γ -опромінення у порівнянні із одноразовим за дії рівновеликих малих доз за показниками спектра ліпідів та ліпопротеїнів, стану ПОЛ і ферментів АОЗ плазми крові та печінки щурів, апоптозу гепатоцитів, ультраструктурних змін ендотелію судин.

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ НА ГІДРОБІОНТІВ ТА ЇХ УГРУПУВАННЯ ШЛЯХОМ ЕКВІДОЗИМЕТРИЧНОГО ПІДХОДУ

Н.М.Терещенко, В.Ю.Проскурнін, М.С.Дука

*Інститут біологічних морських досліджень ім. О.О. Ковалевського РАН,
Севастополь,
natalter@ukr.net*

Надходження до екосистеми Чорного моря альфа-радіонуклідів плутонію ($^{239,240}\text{Pu}$) та америцію (^{241}Am) після аварії на Чорнобильській АЕС не досягло значних рівнів забруднення і не склало негативного впливу на морські організми. Але наявність цих радіоізоотопів в морі дала змогу вивчати радіоекологічні закономірності міграції радіонуклідів в морських екосистемах. Ці радіоізотопи, відіграючи роль трасерів, надали можливість визначати в природних умовах параметри радіоекологічних процесів перерозподілу техногенних радіонуклідів у компонентах морських екосистем, що, в свою чергу, послужило науковою базою розробки підходів для оцінки рівнів очікуваного екологічного впливу радіонуклідів на чорноморських гідробіонтів.

Метою нашого дослідження було вивчення забруднення чорноморських гідробіонтів і води трансурановими радіонуклідами та застосування порівняльного еквідозиметричного підходу для оцінки рівнів екологічного впливу на гідробіонтів $^{239,240}\text{Pu}$ та ^{241}Am в широкому діапазоні можливих їх концентрацій у морській воді.

На основі натурних спостережень і модельних розрахунків, та використання концептуальної моделі зональності хронічної дії потужностей доз іонізуючих випромінювань в природі (Полікарпов, 1978, 2008), були визначені рівні очікуваного екологічного впливу на різні групи гідробіонтів в широкому діапазоні концентрацій радіонуклідів в середовищі, граничні концентрації для кожної зони дії потужностей доз і критичні концентрації $^{239,240}\text{Pu}$ та ^{241}Am в морській воді, що можуть викликати негативні зміни в популяціях гідробіонтів. Залежно від величини акумуляційної здатності гідробіонтів щодо $^{239,240}\text{Pu}$ та ^{241}Am , критичні концентрації радіонуклідів у воді змінювалися в діапазоні 3-х порядків величин для різних досліджених груп гідробіонтів. Так як радіочутливість видів, яка характеризується LD50 (доза, що викликає 50-% смертність організмів), усередині кожної таксономічної групи може змінюватися на 1-3 порядки величин (Santschi, Honeyman, 1989; Polikarpov, 2008), то для радіостійких видів, здатних переносити більш високі дозові навантаження, критичні концентрації $^{239,240}\text{Pu}$ та ^{241}Am в морській воді, відповідно, вище на 1-3 порядки величин.

РИЗИКИ БЕЗПЛІДНОСТІ, СПОНТАННИХ ВИКИДНІВ, ВРОДЖЕНИХ ВАД РОЗВИТКУ ТА ЗМІН АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕМОВЛЯТ НА ТЕРИТОРІЯХ, ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ВНАСЛІДОК АВАРІЇ НА ЧАЕС

О.І.Тимченко, О.В.Линчак, Г.О.Качко

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М.Марзєєва НАМН України», Київ, otymch@ukr.net

Іонізуюча радіація (ІР) серед негативних чинників оточення людини посідає особливе місце хоча би за кількістю опромінених. Але розміри дозового навантаження, яке отримано і отримується жителями України, дозволяють стверджувати, що внесок радіаційного чинника в погіршення здоров'я населення не носить фатального характеру. Між тим, сприйняття населенням загрози впливу ІР на здоров'я, особливо репродуктивне, є неадекватним. У зв'язку із вищевикладеним **мета роботи** полягала у визначенні можливості підвищення ризику виникнення порушень репродуктивного процесу, оціненого за безплідністю, спонтанними викиднями (СВ), вродженими вадами розвитку (ВВР) та величиною антропометричних показників немовлят, на територіях, забруднених радіонуклідами.

Методи. Аналізували дані комп'ютерних реєстрів випадків безплідних шлюбів, СВ, ВВР, доношених дітей, народжених на забруднених радіонуклідами і «чистих» територіях. Київської області (1999-2003 рр.; 2009-2012 рр.). Розглядали також величини антропометричних показників немовлят.

Результати. ІР викликає грубі порушення цілісності хромосом. Природний добір видаляє більшу частину ембріонів з хромосомними порушеннями на ранніх стадіях вагітності, збільшуючи ризик безплідності та СВ. Виявлено підвищення ризику безплідності у жінок – відношення шансів (ВШ)=1,26; довірчий інтервал (ДІ)1,02-1,56 у 1999-2003 рр. та 4,43; 3,01-6,88 у 2009-2012 рр.), у чоловіків – 4,55; 3,01-6,88 у 2009-2012 рр.) та подружніх пар – 4,58; 2,85-7,37 у 2009-2012 рр., $p<0,001$). Підвищення ризику виникнення патології відмічено і в групі репродуктивно сприятливого віку (20-34 рр.).

СВ у жінок – ВШ=1,36; 1,14-1,63 у 1999-2003 рр. та 4,31; 3,15-5,90 у 2009-2012 рр.; у чоловіків – 4,64; 3,33-6,47 у 2009-2012 рр. та обох членів подружньої пари – 4,34; 3,00-6,29 у 2009-2012 рр., $p<0,001$). Це ж стосується і осіб 20-34 років. Ризик виникнення ВВР і зміни антропометричних показників не виявлені.

Висновок. Отримані дані можна розглядати як свідчення впливу природного добору на ранніх етапах онтогенезу.

S-ГЕТЕРИЛМОДИФІКОВАНІ ТІОЛИ – ПЕРСПЕКТИВНІ РАДІОПРОТЕКТОРИ

Н.Є.Узленкова¹, О.А.Бражко², М.М.Корнет², М.П.Завгородний²

¹*Інститут медичної радіології ім. С.П.Григор'єва НАМН України, Харків,
imr@online.kharkiv.com*

²*Запорізький національний університет МОН України*

У сучасному суспільстві неухильно зростає загроза ядерного тероризму й залишається високим ризик застосування ядерної зброї у сучасних локальних конфліктах. За цих обставин залишається актуальним пошук нових радіопротекторів для радіологічного захисту широких контингентів людей у випадках позапланового опромінювання у надзвичайних ситуаціях. Метою даного дослідження було вивчення в експерименті радіопротекторних властивостей S-гетерилмодифікованого цистеїну та цистеаміну, синтезованих у лабораторії біотехнології фізіологічно активних речовин (ЛБФАР) Запорізького національного університету (зав. лабораторії, д-р. біол. наук, проф. О.А. Бражко). Первинний скринінг S-гетерилмодифікованих тіолів проводили на моделі гострого радіаційного синдрому (ГРС) при короткочасному впливі тотального зовнішнього ікс-випромінювання в інтервалі доз ЛД_{50/30} – ЛД_{87/30}. Експериментальну модель ГРС здійснювали при опромінюванні тварин на апараті РУМ-17 за стандартними технічними умовами. У дослідках використовували статевозрілих білих шурів-самців масою тіла 160 – 180 г. Специфічну радіопротекторну активність оцінювали за критеріями 30-добової виживаності, середньої тривалості життя (СТЖ) та за розрахунком сумарної смертності тварин у певний часовий період розгортання ГРС. За методом пробіт-аналізу визначали залежність променевої загибелі тварин від дози опромінення та розраховували показник фактору зменшення дози (ФЗД). Порівняльний аналіз досліджуваних сполук дозволив виявити стабільно високу радіопротекторну активність S-гетерилзаміщеного цистеаміну за ФЗД = 1,82 при ЛД_{87/30}, зростанням СТЖ в 1,3 разу, запобіганням ранньої «кишкової» загибелі тварин на 1 – 5 добу розвитку ГРС, зниженням в 1,2 разу «кістково-мозкової» загибелі на 6 – 11 добу та відсутністю пізньої загибелі на 23–30 добу. У модельних дослідках із використанням феросульфатної дозиметричної системи та ікс-випромінюванням *in vitro* у дозах 44,0 і 60,0 Гр встановлена висока антирадикальна активність (АРА) даної сполуки при концентрації її у розчині 0,02 – 0,05 мг/мл.

МЕХАНІЗМИ РАДІОПРОТЕКТОРОЇ АКТИВНОСТІ S-ГЕТЕРИЛМОДИФІКОВАНИХ ТІОЛІВ

Н.Є.Узленкова, В.М.Пасюга, Н.Г.Скоробогатова, І.Ю.Магда,

О.Л.Масленнікова, О.В.Ненюкова, І.О.Леонова

*Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України, Харків,
imr@online.kharkiv.com*

Метою дослідження було вивчення можливих механізмів радіозахисної дії сполук S-гетерилмодифікованих тіолів, синтезованих у лабораторії біотехнології фізіологічно активних речовин (ЛБФАР) Запорізького національного університету (зав. лабораторії, д-р. біол. наук, проф. О.А. Бражко). Досліди проводили на статевозрілих білих щурах-самцях масою тіла 160 – 180 г, які зазнали гострого короткочасного впливу тотального зовнішнього ікс-випромінювання у дозах ЛД_{60/30} і ЛД_{87/30}. Тварин опромінювали на апараті РУМ-17 за стандартними технічними умовами. Для проведення досліджень тварин забивали з дотриманням правил евтаназії на 1, 3, 7 і 14 добу експерименту. Гематологічні параметри вмісту гемоглобіну і загальної концентрації клітин крові отримували на автоматичному гематологічному аналізаторі RT-7600. Біохімічні дослідження ферментного спектру сироватки крові проводили на напівавтоматичному біохімічному аналізаторі StarDust FC. Морфологічну оцінку внутрішніх органів здійснювали за стандартними методами. Про апоптичну активність клітин (ААК) кісткового мозку судили по зв'язуванню акридину оранжевого (АО) та оцінювали кількість ядровмісних клітин у кістковому мозку щурів. За результатами була встановлена виражена мієлопротекторна активність

S-гетерилзаміщеного цистеаміну, яка реалізувалася в ранній (3–14 доба) період розвитку гострого радіаційного синдрому (ГРС) у зниженні в 1,7 разу радіаційно-індукованої ААК кісткового мозку при ЛД_{87/30}, запобіганні «первинного» спустошення кісткового мозку за кількістю ядровмісних клітин та збереженні всіх ростків кровотворення за показниками рівню еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів у крові опромінених тварин. Встановлена радіопротекторна активність зазначеної сполуки проявлялася у нормалізації на 14 добу ферментної системи сироватки крові за активністю АлТ, АсТ, ГГТ, ЛДГ і зниженням рівня С-реактивного білка, збереженням морфоструктури внутрішніх органів за зменшенням відсотку двоядерних гепатоцитів, нормалізацією співвідношення площі кіркової і мозкової речовини у тимусі та площі білої і червоної пульпи у селезінці опромінених тварин.

PREVENTION OF RADIATION-INDUCED LUNG DAMAGE BY ESMIN™

N.E.Uzlenkova¹, A.S.Grygoryeva², N.F.Konakhovich²

¹ State institution «Grigoriev Radiological Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, imr@online.kharkiv.com

² Official body «Institute of Pharmacology and Toxicology National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kiev

Esmin™ is non-toxic pharmacological agent that has both anti-inflammatory and antioxidant properties due to its original grain bioactive metabolic components such as essential microelements (Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, V, Mo and Se) in a state of coordination (M^{2+}) and (M^{3+}) polynuclear complex with N-derivates of amino carbonic acid (CA). Its use in preventing of prolonged oxidative stress and radiation damage in lung has never been evaluated. The purpose of study was to evaluated the efficacy of Esmin™ administration on a rat model of x-ray total body irradiation (TBI). The experimental x-rays TBI were carried at RUM-17 under the standard conditions with dose rate 0,554 Gy/min and $E_{ef} = 80,3$ Kew and absorbed doses of 4,0 Gy. The experiments were carried out at 3 days and 1, 2, 4, 12, 24 weeks after irradiation. The non-irradiated age-matched controls and irradiated non-treatment controls was used for every term of continuous experiment. The Esmin™ treatment rats were evaluated at three weeks for acute radiation-induced lung damage (lipid peroxidation, lung edema and inflammation) and at six months for late lung damage (inflammation and fibrosis). The Esmin™ treatment rats had reduced oxidative lung damage as measured by malondialdehyde (MDA) levels at 3 weeks following TBI (respectively 0.518 ± 0.06 vs 0.797 ± 0.09 nmol/mg protein, $p=0.003$), significantly increase for SOD activity (417.1 ± 33.7 vs. 292.8 ± 28.4 U/mg protein, $p=0.001$) as compared to irradiated non-treated groups and no changes for catalase activity. In addition, Esmin™ treatment rats had 1-6-fold decreased late lung damage as determined fibrosis score at 6 months following TBI (2.5 ± 0.1 vs. 3.9 ± 0.2 U, $p=0.015$) and 1.3-fold decreased total hydroxyproline content (72.1 ± 9.7 vs. 55.4 ± 6.8 mkmol hydroxyproline/g lung, $p=0.001$) as compared to irradiated non-treated rats. The Esmin™ treatment schedules also reduced second inflammatory response in terms of leukocyte infiltration compared to non-treated rats.

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПАРАМАГНИТНЫЕ ЦЕНТРЫ В ЛИСТЬЯХ И СЕМЕНАХ РАСТЕНИЙ

Р.И.Халилов¹, А.Н.Насибова², Н.М.Зейналова¹

¹Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан.

²Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан.

Методом Электронного Парамагнитного Резонанса (ЭПР) изучено влияние радиоактивного загрязнения на эндогенные парамагнитные центры листьев и семян четырех видов растений (лох (*Elaeagnus angustifolia* L.), парнолистник (*Zigophyllum fabago* L), верблюжья колючка (*Alhagi Pseudoalhagi*) вә ситник

(*Juncus trifidus* L) зібраних із радіоактивно забруднених територій Апшеронського півострова.

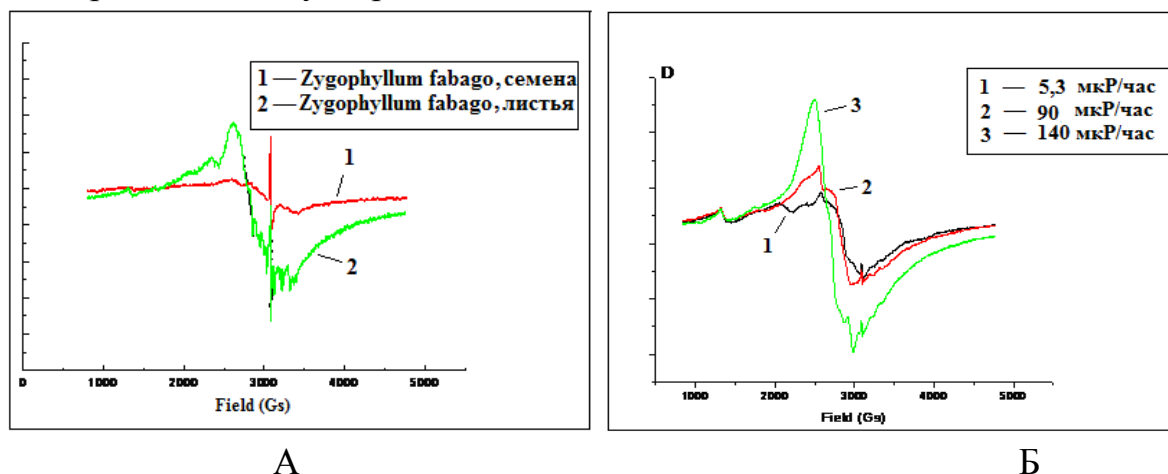


Рис.1. Сигнали ЕПР А) листьев и семян парнолистника (*Zygotyllum fabago* L.) и Б) листьев зібраних із різних територій.

В листьях и семенах этих растений сравнительно изучены сигналы ЭПР характеризующие магнитные наночастицы оксидов железа. Результаты проведенных исследований показали, что широкий сигнал ЭПР характеризующий магнитные наночастицы ($g=2,38$ в $\Delta H=320$ Гс) типичен для листьев (рис.1А). В семенах наблюдались только сигналы ЭПР характеризующие свободных радикалов и ионов марганца. Радиоактивное загрязнение (90-140 мкР/час) в обоих случаях приводит к возрастанию амплитуд сигналов ЭПР (рис.1 Б).

Стало ясно, что магнитные наночастицы оксидов железа генерируются в растениях в процессе биоминерализации.

ЙМОВІРНІСНИЙ ПРОГНОЗ ВМІСТУ ^{137}Cs І ^{90}Sr У РИБАХ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД АВАРІЇ НА ЧАЕС

Ю.В.Хомутінін, В.В.Павлюченко

Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ,
yuriy@uiar.org.ua

Київське водосховище - одна з найбільших прісноводних водойм України, в яке впадає р. Прип'ять, проходячи через найбільш радіоактивно забруднену після Чорнобильської аварії територію зони відчуження ЧАЕС. Воно безпосередньо граничить із зоною відчуження ЧАЕС, межа якої проходить через його верхів'я. У Київському водосховищі ведеться, як промисловий, так і любительський лов риби. За різними оцінками останнім часом в рік виловлюється 550-600 т різних видів риби.

Нині радіологічний контроль риби в Київському водосховищі показує, що середній вміст в ній ^{137}Cs і ^{90}Sr в цілому відповідає встановленим в Україні нормативам. Проте, у верхній частині Київського водосховища, зустрічаються окремі особини сукупний вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr в яких перевищує встановлений ДР-2006 норматив.

В даній роботі для верхів'я Київського водосховища динаміка середньорічного вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у рибі і на протязі року розглядаються як нестационарні логнормальні випадкові процеси. Запропоновано та апробовано алгоритми оцінки статистичних характеристик цих процесів. Вони дозволяють прогнозувати як середні річні значення вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr , так і відповідні значення на протязі року, у риб різних видів, відповідні верхні і нижні довірчі межі, і ймовірність перевищення встановлених ДР-2006 норматив в віддалений період аварії на ЧАЕС. Апробація цих алгоритмів показала задовільну відповідність прогнозу вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у рибах різних видів з верхів'я Київського водосховища, відповідним значенням вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr , які були визначені у особинах, що відловили.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС

В.Н.Чайка¹, Е.Г.Бунтова²

¹ *Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины, Киев, v_chaka@mail.ru*

² *Государственное специализированное предприятие «Чернобыльский
спецкомбинат», Чернобыль buntova@speckombinat.org.ua*

В течение прошедших после аварии на Чернобыльской АЭС почти трех десятилетий перелогом зоны отчуждения (ЗО) превратились в уникальную экологическую нишу для многих видов членистоногих, обитающих в Полесье.

Популяции и сообщества насекомых, обитающие в ЗО в течение многих поколений, подвергались воздействию хронического облучения. Однако уровень загрязнения радионуклидами, зарегистрированный в исследуемых биоценозах не оказал заметного влияния на состав и численность изучаемых насекомых. Основными факторами, определяющими видовой и численный состав энтомофауны на залежах ЗО была кормовая база, биотоп, климатические условия и особенности динамики численности того или иного вида.

За годы исследований происходило постоянное перераспределение видов насекомых по разным экологическим нишам. В сформировавшихся на перелогах энтомокомплексах наиболее массовыми видами являются насекомые-фитофаги. В большинстве случаев их численность на перелогах превышает аналогичные показатели в агроценозах за пределами ЗО. С другой стороны, здесь сложились благоприятные условия для развития и увеличения регулирующей роли полезной энтомофауны. При совпадении благоприятных экологических условий с фазой подъема численности наиболее динамических

видов фитофагов, ентомофаги не способны сдерживать их численность и предотвратить массовое размножение. В этих случаях наблюдается распространения вредителей на прилегающие агроценозы.

Результаты фитосанитарного мониторинга агроценозов Украины свидетельствуют, что в условиях глобального потепления климата происходит как общее увеличение численности насекомых-вредителей, так и продвижение зон их вредоносности к северу в результате увеличения миграционной активности.

Интенсивная миграция и распространение насекомых из природных экосистем ЗО приводит не только к общему увеличению плотности вредителей в агроценозах прилегающих территорий, но и к процессам гибридизации разных популяционных группировок. Благодаря популяционным генетическим механизмам (например, гетерозиса), гибридизация обуславливает увеличение генетического потенциала вредных популяций и, как следствие, повышения их плодовитости, жизнеспособности, вредоносности и агрессивности.

Таким образом, в условиях отсутствия сельскохозяйственной деятельности, изменений климата, которые для насекомых сопровождаются оптимизацией экологических факторов, характерных для Полесья, зона отчуждения превратилась в мощный резерватор энтокомплексов, которые включают в себя виды насекомых, угрожающие агроценозам прилегающих к ЗО территориям. В этих условиях остается актуальным мониторинг состояния популяций вредных видов в ЗО. Регистрируя изменения трофики, поведения, распределения популяций и других показателей состояния сообществ, измеряя их скорость и вектор, можно оценить состояние экосистемы, ее способности к саморегуляции, направленность процессов микроэволюции в ценозах ЗО. Знание этих параметров позволяет прогнозировать процессы поведения различных экосистем в будущем.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХЕМОКІНІВ У СПЕРМІ ЧОЛОВІКІВ, ЩО МЕШКАЮТЬ ТА ТЕРИТОРІЯХ З РІЗНИМ РІВНЕМ РАДІАЦІЙНОЇ ЗАБРУДНЕНOSTІ

А.В.Чернишов, С.В.Андрейченко, А.В.Клепо

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», Київ,
luchernyshova@yandex.ua*

У сім'яній рідині 80 чоловіків донорів сперми, що мешкали на радіаційно забруднених територіях (n=27), чистих територіях (n=27) України та м. Києві (n=26) 27 років після аварії на ЧАЕС, визначались хемокіни МСР-1, ІЛ-8 та MIG імуноферментним методом. Усі дози були взяті за даними на 2011 рік. Цезій в ґрунті – від 9 до 78 кБк/м², від 0,24 до 0,96 Кі/км². Цезій у молоці – від 2,1 до 53 Бк/л. Цезій у картоплі – від 1,5 до 6,6 Бк/кг. Паспортна доза зовнішнього опромінення – від 0,02 до 0,15 мЗв/рік. Паспортна доза внутрішнього опромінення – від 0,02 до 0,38 мЗв/рік. Сумарна паспортна доза -

від 0,04 до 041 мЗв/рік. Один з хемокінів, інтерлейкін 8 (IL-8), що індукує хемотаксис клітин-мішеней - гранулоцитів, спричиняючи їх міграцію у місця пошкодження та інфекції - прямо корелював з рівнем лейкоцитів у спермі незалежно від радіаційної забрудненості місцевості ($p=0,028$, $r=0,2457$, $n=80$). Але нами була також встановлена тенденція до кореляції вмісту IL-8 у сім'яній плазмі з рівнем забруднення молока радіоактивним цезієм. З підвищенням рівню забрудненості молока Cs137 вміст IL-8 у спермі зменшувався ($r=(-0,513)$, $n=13$, $p=0,073$). Інший хемокін, MCP-1 (моноцитарний хемотаксичний протеїн-1), мав тенденцію до кореляції з дозою внутрішнього опромінення ($p=0,088$, $r=0,4903$), але не з рівнем лейкоцитів. Тобто з підвищенням дози внутрішнього опромінення зростав рівень MCP-1 у спермі. Але ця доза має декілька складових. Нам вдалося виявити, за рахунок якої саме відбувалися ці зміни. Так, концентрація MCP-1 в сім'яній плазмі прямо корелювала з рівнем Sr-90 у молоці у даній місцевості ($p=0,0311$, $r=0,7389$). Тобто з підвищенням рівню забрудненості молока Sr90 збільшувалася концентрація MCP-1 у сім'яній рідині. Також була відмічена пряма кореляція між рівнями концентрації MCP-1 і IL-8 у сім'яній рідині ($p<0,0001$) незалежно від території проживання ($r=0,4866$, $n=80$). Концентрація третього хемокіна, MIG (монокін, що індукується гамма-інтерфероном), не змінювалася в залежності ані від дози радіоактивного забруднення місцевості, ані від вмісту лейкоцитів у спермі. Таким чином, були виявлені хемокіни, вміст яких у сім'яній рідині підпадає впливу радіаційного забруднення місцевості (MCP-1), запалення, (IL-8) і такий (MIG), який не змінюється під цими впливами.

INFLUENCE OF RUTINATE AMMONIUM AND RUTINAT COBALT ON CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN PLANTLETS OF WHEAT *TRITICUM DURUM* L. IN THE PRESENCE OF GAMMA IRRADIATION

E.N.Shamilov¹, A.S.Abdullayev¹, P.Z.Muradov², G.M.Mammadov³

¹*Institute of Radiation Problems, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, elshanshamil@gmail.com*

²*Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, mpanah@mail.ru*

³*Institute of Soil Science and Agro Chemistry, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku*

It is known that, use of various preparations concerns to priority directions of plant growing with the purpose of increasing their stability to various stressful factors, including radiation. The greatest interest is represented by those from them, which combine in itself property to stimulate intensity of growing processes and raising productivity of plants simultaneously to render protective effect on the plant organism.

The role of biometals in development of alive organisms is very great. The primary task of the investigation was studying influence of γ -irradiation on an output of chromosomal aberrations at anaphase cells root fibrils of wheat plantlets at use of

complexes - rutinate ammonium and rutinat cobalt with the purpose of revealing of their radio protective properties.

As the object of research were taken seeds of a drought-resistant sort of hard wheat – *Triticum durum* L. Before irradiation seeds have been preliminary processed with rutinate ammonium and rutinat cobalt. Concentration of solutions – 0,01 %. After irradiation seeds were cultivated on a damp filtering paper in Petri dishes at 26°C.

Structural changes in chromosomes defined in initial and final stages of anaphase. Gamma irradiation the seeds of the wheat at 30 and 60 Gy caused sharp increase in number of chromosomal aberrations in comparison with the control. Processing by solutions of rutinate ammonium and rutinat cobalt before irradiation has led to significant decrease (accordingly 48 and 52%) of chromosomal aberrations in comparison with irradiated control.

Applied complexes rutinate ammonium and rutinat cobalt noticeably reduce damaging action of γ -irradiation, positively influence on mitotic division of root fibril cells, reducing number of chromosomal aberrations.

НАКОПИЧЕННЯ ТА РОЗПОДІЛ РАДІОНУКЛІДІВ У М'ЯЗАХ ТА ІКРІ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS AURATUS*) ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

З.В.Шаповаленко, Т.В.Ананьєва

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
Дніпропетровськ, zoichik_sh@ukr.net*

У радіоекології найважливіша проблема – міграція радіонуклідів техногенного походження по харчовому ланцюгу, ключовою ланкою якого є риба, що активно споживається людиною.

Об'єкт дослідження – ікра, м'язи молоді та дорослих особин карася сріблястого. В наших досліджень метою стало вивчення закономірностей розподілу та накопичення штучних і природних радіонуклідів у різновікових особинах карася сріблястого з рибпромислових ділянок Запорізького водосховища.

Карась сріблястий (*Carassius auratus gibelio*) належить до родини коропових, за типом живлення – бентофаг; є одним з найпоширеніших промислових видів у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі. Показники лінійного росту промислового карася коливаються від 14 см до 32 см, показники маси знаходяться у межах від 94 г до 1350 г. Фактичні улови карася за останнє десятиріччя зросли з 15,5 т до 91,4 т.

У м'язах промислових особин середній вміст ^{90}Sr становив 4,6 Бк/кг, ^{137}Cs – 15,75 Бк/кг. Найбільший вміст ^{137}Cs спостерігався у дволіток (12,4–19,1 Бк/кг), у молоді риб (цьоголіток 0+) рівень ^{137}Cs досягав 17,2 Бк/кг. Вміст ^{90}Sr відмічений у найбільшій кількості в ікрі риб – від 2,0 до 7,0 Бк/кг. Радіонукліди чорнобильського походження в ікрі карася становили: ^{137}Cs – від 10,9 до 18,6

Бк/кг, ^{90}Sr – від 3,0 до 6,2 Бк/кг. Вміст ^{40}K знаходився в межах від 105,0 до 216,0 Бк/кг, найбільші показники відмічені у м'язах дорослих особин, а найменші – в молоді та ікрі. Показники вмісту ^{232}Th коливалися від 11,3 до 30,7 Бк/кг, найбільші показники відмічені у м'язах дволіток, найменші – в ікрі у статевозрілих особин віком 4+ та 5+. Вміст ^{226}Ra в карасі становив від 32,8 до 81,4 Бк/кг, найменші показники були відмічені у молоді та ікрі, найбільші – в м'язах.

Хоча показники досліджуваних радіонуклідів у рибах Запорізького водосховища не перевищували ГДР для риби як харчового продукту, проведення комплексного вивчення процесів перерозподілу та міграції радіонуклідів залишається одним з найнеобхідніших у радіоекологічних дослідженнях водосховища.

**ОЦЕНКА ПО ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ СОИ И ЛЬНА,
ВЫРОСШИХ В ТЕЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ПОКОЛЕНИЙ ПОД
ДЕЙСТВИЕМ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ
В ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

В.В.Шевченко¹, М.Н.Данченко², В.В.Бережна², В.И.Сакада²,
Н.М.Рашидов²

¹*Институт физиологии растений и генетики НАН Украины,*

²*Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины*

Хлорофилл и каротиноиды – важные пигменты у растений, которые имеют в своем составе светособирающие антенны и реакционные центры, обеспечивающие трансформацию энергии света с помощью электронно-транспортной цепи, что характеризует функциональное состояние растений под действием стресс факторов. Эти пигменты рассеивают часть абсорбированной солнечной световой энергии в виде флуоресцентного излучения. Интенсивность флуоресценции зависит не только от редуцированного состояния реактивных центров, но и от типа фотосистемы, в которую входят хлорофиллы, а также от влияния абиотических факторов.

По индукции флуоресценции хлорофилла нами исследовалось функциональное состояние растений сои и льна, выросших на протяжении нескольких поколений под действием хронического облучения в Чернобыльской зоне. С этой целью семена сои «Сонячна» и льна «Киевский» сеяли на двух опытных участках - в городе Чернобыле, где загрязнение радионуклидами имеет низкий уровень, и на полигоне в районе села Чистогаловка, где имеется высокий уровень загрязнения почвы радионуклидами. Затем на листьях проростков определяли интенсивность изменения флуоресцентного излучения, характеризующегося следующими параметрами: F_0 - интенсивность флуоресценции в начальной фазе, F_m -

максимальный подъем кривой Каутца, F_{st} - стабилизация флуоресценции хлорофилла в интактных хлоропластах.

У проростков, выросших из семян под действием хронического излучения содержание каротиноидов выше, чем у проростков контрольных вариантов, что указывает на их защитное свойство в рассеивание избыточной световой энергии и стабилизации структуры фотосинтетического аппарата.

Соотношение F_v/F_m , отображающее средневзвешенную величину квантового выхода для всех комплексов ФСII, для Чернобыльских вариантов было снижено. Увеличение витального параметра F_m/F_{st} , свидетельствует об адаптированности ФСII к хроническому облучению за счет увеличения содержания каротиноидов в фотосинтетическом аппарате растений.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ - ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ОБЛУЧЕННОЙ ВОДЫ И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

И.Н.Шевченко

*Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН, Київ,
vadiks117@mail.ru*

Глобальное повышение радиационного фона требует активного применения противорадиационной защиты, а также пересмотра режима стерилизации загрязненных радионуклидами водных бассейнов. В Украине для водоподготовки используют хлор, однако хлор-органические соединения токсичны для человека. Так, 30% общей мутагенности воды обуславливает 3-хлор-(дихлор-метил)-5-гидрокси-(5Н)-фуранон ($38-60 \text{ мкг/дм}^3$), онко-небезопасный препарат. Альтернативой хлорной обработке являются технологии радиационной стерилизации и озонирования, широко применяемые за рубежом. Однако, наряду со значительной эффективностью и целым рядом других преимуществ, радиационная стерилизация и озонирование обладают способностью образовывать свободные радикалы (СР), пероксиды водорода и органических соединений, вызывающих окисление и деструкцию клеток и тканей.

Задачей настоящей работы было отработать тестирование свободных радикалов и перекисных соединений с последующим подбором антиоксидантов (АО) для их дезактивации.

Материалы и методы. Были использованы следующие образцы: 1) водопроводная вода Киева, 2) вода из зоны очистительных фильтров, 3) различные концентрации *E. coli*, 4) суспензии непатогенного гриба *Thielavia species*, 5) суспензии дрожжей *Candida tropicalis*. Микробиологические объекты получали и тестировали в Институте микробиологии им. Д.К.Заболотного НАН Украины: Образцы облучали до полной стерилизации монохроматическими пучками электронов со средней энергией $E_{cp} 2 \text{ МэВ}$ и поглощенной дозой от 0,3 до 7,0 рад. Озонирование проводили на экспериментальном озонаторе, автоматизированном компьютерной

программой. Полноту стерилизации проверяли в Институте микробиологии НАН.

Индикация СР активности была проведена методом радиоспектротрии (ЭПР) на установках «Radiopan» (Польша) и «Varian- F» (USA). Индикацию пероксидов водорода и органических соединений отработали, используя хемилуминометры ХЛМ-128-01 и ХЛФ. С помощью этих методов были отработаны рекомендации по тестированию СР в воде и водных растворах после облучения или озонирования.

Результаты исследований и их обсуждение. Для выяснения природы СР были использованы ингибиторы свободнорадикальных процессов: супероксиддисмутаза (СОД) – 50 ед. акт. – ингибитор анион- радикальной активности; каталаза – 520 ед. акт. – и пероксидаза – 10 ед. акт.-ингибиторы H_2O_2 ; аскорбиновая кислота – 7-10 мг/ мл; альфа-токоферол- 45 мг/мл. Применяли также активатор свечения – люминол, реагирующий с радикалами кислорода.

Установлено фазное изменение уровня СР (две фазы): короткоживущие (2-3 сут.) и долгоживущие (свыше 2 недель), устанавливаются на стационарном уровне.

В первой фазе наибольший эффект оказывали каталаза и пероксидаза (27 и 29% соответственно), а также аскорбиновая кислота (25%), во второй фазе – аскорбиновая кислота (25%) и альфа-токоферол (32 %). В первой фазе люминол активировал свечение, на второй – такой эффект отсутствовал. Это свидетельствует о том, что в течение первых суток в озонированной воде присутствуют в значительных количествах радикалы кислорода и пероксиды. Во второй фазе их значительно меньше, преобладают долгоживущие макрорадикалы, взаимодействующие с аскорбиновой кислотой, в том числе жирорастворимые – «тушение» альфа-токоферолом.

Наибольшую проблему детоксикации воды представляли пероксиды водорода и органических кислот. В облученной воде массовая концентрация пероксида водорода может составить 20 мг/л при норме до 0, 1 мг/л, ГОСТ 2874-73. Отработаны методы хемилуминесцентного количественного определения пероксидов водорода в облученных водах (смесь ферицианида с тетраокисью осмия). Отработана модель разрушения пероксида водорода сульфатом железа-11. При этом предложена схема удаления пероксидов из водных растворов (безотходная технология). Была исследована также зависимость степени разрушения пероксида водорода от длительности контакта с различными видами железа: стальная стружка, реактивный окис железа (111) и порошковое (карбонильное) железо. Полное разрушение перекиси водорода быстро наступало при действии карбонильного железа, медленнее – стальной стружки.

Особую опасность представляет супероксидный анион, O_2^- , обладающий огромной радикальной способностью. Сорбцию растворенного кислорода осуществляли на сульфокатионите КУ-2-8чС или КУ-23 со структурными звеньями (PSO_4^-) и металлом-восстановителем Со (11)]. Окисление Со (11) за

счет кислорода осуществляется до Co(111), а Co(111) становится сорбентом аммиака и удаляется.

Заклучение. Исследованиями, приведенными в настоящей работе, показана высокая эффективность применения металлов-восстановителей для снижения СР-активности облученной и озонированной воды и водных растворов. Были использованы дивалентные железо Fe (11) и кобальт Co (11). Работа имеет целью профилактику онкозаболеваний и лучевых повреждений.

ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКЦІЇ І ПЕРСИСТЕНЦІЇ ХРОМОСОМНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВНАСЛІДОК ЕФЕКТУ СВІДКА В ЛІМФОЦИТАХ ЛЮДИНИ

О.В.Шеметун, М.А.Пілінська, О.А.Талан

*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії наук України», м. Київ, shemetun@email.ua*

Розроблена модель для виявлення радіаційно-індукованого ефекту свідка (ЕС) в лімфоцитах людини на цитогенетичному рівні. Дослідження проводили з використанням змішаної культури лімфоцитів, популяції клітин в якій розрізнялися за цитогенетичними маркерами статі (XX, Y) і наявністю радіаційного впливу *in vitro* або *in vivo*. Кров опромінювали на установці РУМ-17 в дозах 0,25 і 1,00 Гр. При вивченні індукції ЕС *in vivo* використали венозну кров 36 учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (УЛНА), дози опромінення яких знаходилися в межах від 0,27 до 2,54 Гр. В дослідженнях застосовували GTG-фарбування метафазних хромосом та їх цитогенетичний аналіз. При виконанні роботи встановлені особливості індукції і персистенції хромосомної нестабільності в лімфоцитах людини внаслідок ЕС при радіаційному впливі *in vitro* та *in vivo* в низьких і високих дозах. Показано, що в неопромінених лімфоцитах периферичної крові людини при культивуванні в змішаній культурі з опроміненими лімфоцитами (*in vitro /in vivo*) індукується ЕС, що на цитогенетичному рівні проявляється підвищеною частотою аберацій хроматидного типу – хроматидними розривами і обмінами, рівень яких не залежить від величини дози опромінення суміжної популяції лімфоцитів. Встановлено міжіндивідуальні відмінності в здатності індукувати ефект свідка при дії іонізуючого випромінювання. Виявлено, що хромосомна нестабільність, індукована ЕС свідка, може передаватись наступним поколінням клітин, внаслідок чого він здатний до персистенції протягом багатьох років в організмі людини. Встановлено, що лімфоцити крові УЛНА, опромінені *in vivo* як в низьких, так і у високих дозах, індукують ефект свідка в неопромінених лімфоцитах при їх сумісному культивуванні навіть у віддалені терміни після дії радіації. Зареєстровано "позитивний" вплив неопромінених лімфоцитів на опромінені при їх сумісному довгостроковому культивуванні - зворотний ефект свідка. Встановлено можливість модифікації ЕС в лімфоцитах людини при

застосуванні комплексного вітамінного антиоксидантного препарату, що підтверджує участь оксидативного стресу в механізмі його розвитку.

PARTICULAR MOLECULAR RESPONSES TO RADIATION IN THE MUSSELS FROM COOLING POND OF NUCLEAR POWER PLANT

I.V.Yurchak¹, L.L.Gnatyshyna^{1,2}, H.I.Falfushynska^{1,2}, O.B.Stoliar¹

¹*Ternopil National Pedagogical University, Ternopil, Oksana.Stolyar@gmail.com;*

²*I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University*

The ability of aquatic organisms withstand new adverse effects (heating, chemical pollution) is depending strongly on the history of population (Falfushynska et al., 2014; Gnatyshyna et al., 2012). The aim of this study was to distinguish molecular responses of bivalve mollusk *Anodonta cygnea* (Unionidae) to ionising radiation in the specimens from the cooling pond of Nuclear Power Plant (N-group) in comparison with the specimens from forestry and agricultural areas (F- and A-groups correspondingly) situated in West Ukraine. Specimens were disposable exposed to 2 mGy X-ray radiation over the body (R) and studied after 14 days. The comprehensive multi-marker set of the molecular indices of stress and cytotoxicity in the digestive gland (DG), gills, hemocytes and gonads was applied. Comparison of control (C-) groups confirmed the site-related differences. CN-group was distinguished by lower superoxide dismutase (Cu,Zn- and Mn-SOD) activities in the gills, higher lactate dehydrogenase and caspase-3 activities in DG, higher number of hemocytes with micronuclei and nuclear abnormalities. Most effects of radiation were common for the mussels from three sites. The decrease of choline esterase activity in DG and gills, and increase of Vtg-LP concentration in gonads expressed the neurotoxicity and endocrine disruption correspondingly. The decrease of caspase-3 activity and elevated number of the hemocytes with micronucleus had shown the inability to remove the injured cells by the apoptosis. Oxidative stress and shift to anaerobiosis were also detected. The mussels from the cooling pond (RN-group) were distinguished by particular antioxidant responses in the gills (depletion of glutathione and its redox index), highest genotoxicity and unusual stability of the microsomal oxidation activity in the DG, reflecting the exceeding of the limits of tolerance in this group subjected to chronic heating and specific chemical pollution in its native biotope. The system of glutathione was selected as most important distinguishing characteristic for the response of this group.

РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ПАРОСТКІВ НАСІННЯ ОЧЕРЕТУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ТА ДОДАТКОВОГО ГОСТРОГО ЙОНІЗУВАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ

А.А.Явнюк¹, Н.Л.Шевцова², Д.І.Гудков²

¹Національний авіаційний університет, Київ, Просп. Космонавта Комарова, 1,
a_yavnyuk@ukr.net

²Інститут гідробіології НАН України, Київ, Просп. Героїв Сталінграду, 12,
shevtsovanl@rambler.ru

Вивчення наслідків низькоінтенсивної хронічної дії радіації на рослину є вагомою складовою сучасних радіобіологічних досліджень. Дослідження цього питання у вищих водних рослин, зокрема ростових процесів у паростків, що є складовою репродуктивної здатності рослини, є недостатньо вивченим. Досліджували вплив гострого іонізуючого опромінення в дозах 25, 75 та 150 Гр з потужністю 0,3 Гр/сек та хронічного з потужністю 3,4; 3,7; 12 сГр/рік, а також їх сумісну дію на ріст кореня та листка паростку очерету звичайного *Phragmites australis*. Насіння для дослідів відбирали у водоймах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) та контрольній водоймі – озері Вербному, м. Київ.

Доведено, що гостре та хронічне йонізувальне опромінення, а також їх сумісна дія впливає на ріст паростків насіння очерету, що підтверджено результатами кореляційного та двофакторного аналізів при рівнях значимості $P = 0,01$ та $P = 0,05$. Ріст кореня та листка паростків насіння рослин з водойм ЧЗВ підпорядковувалося експоненціальній ($R^2 = 0,89-0,99$ та $0,93-0,99$, відповідно), а контрольної водойми - лінійній ($R^2 = 0,75-0,99$ та $0,83-0,96$, відповідно) функціям. Паростки насіння очерету з водойм ЧЗВ на додаткове гостре опромінення реагують значною затримкою проростання та повільним ростом у порівнянні з паростками насіння з контрольної водойми. Ймовірно, це свідчить про їх змінену радіаційну стійкість, що пов'язано з довготривалим перебуванням рослин в умовах хронічного радіаційного опромінення

Незалежно від отриманої дози хронічного чи гострого опромінення встановлено затримку росту кореня та листка паростків насіння з водойм ЧЗВ у порівнянні з паростками рослин контрольної водойми. Результати досліджень дозволяють зробити припущення про порушення механізмів проростання насіння рослин, вегетація яких здійснюється в умовах низькоінтенсивної хронічної дії радіації.

ЗМІСТ

ВСТУПНЕ СЛОВО ГОЛОВИ РТУ

Що таке малі дози іонізуючого випромінювання <u>Д.М.Гродзинський</u>	7
---	---

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Urinary cell-free DNA of rats exposed to ionizing radiation <u>S.A.Abdullaev, G.M.Minkabirova, A.I.Gaziev</u>	11
Downregulation of cyclin D1 expression in clean-up workers of Chornobyl accident in remote period after irradiation <u>D.Bazyka, A.Kubashko, I.Plyenko</u>	12
Поєднана дія іонізуючого випромінювання та етопозиду на сфінгомієліновий цикл у сироватці крові щурів-пухлиноносіїв <u>Т.С.Бакай, Н.А.Мітряєва, Т.В.Рубльова, Л.В.Гребіник</u>	13
Цитогенетична оцінка впливу екологічного стану м. Жовті Води на його жителів <u>Л.К.Бездробна, Л.В.Тарасенко, Т.В.Циганок, Т.В.Мельник, В.А.Курочкіна, Н.М.Тарасєва</u>	14
Цитогенетичний контроль опромінення персоналу, який виконує роботи з будівництва нового конфайменту «Арка» в зоні ДСП ЧАЕС <u>Л.К.Бездробна, Л.В.Тарасенко, Т.В.Циганок, Т.В.Мельник, В.О.Сушко, С.Ю.Нечасєв, Л.І.Швайко</u>	15
Оценка радиационно-индуцированных реакций организма и долговременной нестабильности генома с применением биомаркеров <u>В.Г.Безлепкин, М.Г.Ломаева, Л.А.Фоменко, Л.В.Малахова, М.Л.Захарова, Е.Н.Кириллова, А.И.Газиєв</u>	16
Води з нижніх відміток об'єкту «Укриття» як середовище існування мікроорганізмів <u>В.Бережна, О.Одінцов, О.Сенюк, В.Хан, В.Ковальов, М.Круль, Л.Паламар, Г.Петелін, Н.Рашидов</u>	17
Трансгенераційні зміни у культурних рослин, вирощуваних в умовах хронічного опромінення в Чорнобильській зоні <u>В.В.Бережна, В.І.Сакада, М.М. Данченко, С.В.Літвінов, О.Г.Нестеренко, Л.Д.Нестеренко, Н.К.Куцоконь, Н.М.Рашидов</u>	18
Дослідження метаболічних змін у рослин сої та льону другої генерації за умов хронічного опромінення в Чорнобильській зоні з використанням кількісного визначення профілів синтезу білків в насінні <u>В.Бережна, В.Сакада, М.Данченко, М.Хайдук, Н.Рашидов</u>	19
Роль ¹³⁷ Cs у формуванні річної ефективної дози молодого населення України <u>Ю.О. Бондар</u>	20

Эффективность репаративных систем ДНК в оптимизации процесса праймирования семян	
<u>И.И.Бубряк, А.И.Дяченко, О.А.Бубряк, Д.М.Гродзинский</u>	21
Особливості формування біологічних ефектів у популяціях <i>Clethrionomus glareolus</i> з радіаційно забруднених територій	
<u>О.О.Бурдо, А.І.Липська, О.А.Сова, Н.К.Родіонова</u>	22
Влияние электромагнитных колебаний высокочастотной электрохирургической сварки на молекулярную и наноструктурную организацию биологических тканей	
<u>А.А.Вазина, А.А.Васильева, А.В.Забелин, А.Ю.Грузинов, В.Н.Корнеев, С.Е.Подпрятков, С.С.Подпрятков, Г.С.Маринский, С.Г.Гичка, А.В.Чернец, В.А.Ткаченко</u>	23
Фізико-молекулярний (неферментативний) механізм радіаційного антагонізму та гормезису при комбінованій дії іонізуючого опромінення та вільних радикалів на ДНК	
<u>В.І.Висоцький, А.А.Корнілова</u>	24
Ядерна трансмутація ізотопів та самоутилізація радіонуклідів в мікробіологічних культурах і природних екосистемах	
<u>В.І.Висоцький, А.А.Корнілова</u>	25
Розробка прикладних прогностичних систем з використанням цитогенетичних маркерів для пацієнтів променевої терапії	
<u>В.А.Вінніков</u>	26
New mathematical interventions for increasing the accuracy of radiation biodosimetry by chromosomal analysis	
<u>V.A.Vinnikov</u>	27
Підходи до визначення еквівалентної дози опромінювання людини від природних та штучних джерел іонізуючої радіації	
<u>В.М.Войцицький, О.А.Лапоша</u>	28
Розробка бази даних результатів цитогенетичного обстеження населення України в Інституті ядерних досліджень НАН України	
<u>О.В.Гайдар, Л.К.Бездробна, Т.В.Мельник</u>	29
Втрати надземної біомаси <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud в умовах хронічного радіаційного опромінення	
<u>Д.Д.Ганжа, Х.Д.Ганжа, Д.І.Гудков, О.Б.Назаров</u>	30
Особливості розчинення аерозольних «гарячих» частинок з об'єкту «Укриття» у легеневої рідині – дослідження in vitro	
<u>Є.К.Гаргер, А.А.Одинцов, В.К.Шинкаренко, Дж.Чирш</u>	31
Особливості алельного поліморфізму гена репарації ДНК <i>XRCC1</i> у хворих на рак щитоподібної залози, які зазнали дії іонізуючої радіації внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС	
<u>С.О.Геник-Березовська, В.М.Шкарупа, Л.В.Неумержицька, С.В.Клименко</u>	32

Проблеми науочної спеціалізації при підготовці кадрів для розвитку радіобіологічних досліджень в Грузії	
<u>М.Э.Гогебашвили, Н.И.Иванишвили, Г.Л.Ормоцадзе</u>	33
Особливості радіоактивного забруднення різних видів болотних вод мезотрофних та оліготрофних боліт Західного Полісся України	
<u>О.В.Головко</u>	34
Результати радіоекологічного моніторингу біогеоценозів Шацького національного природного парку	
<u>С.М.Голуб, В.О.Голуб, Г.С.Голуб</u>	35
Особливості відновлення сперматогенного епітелію в тестикулах щурів після рентгенівського опромінення	
<u>Л.В.Горбань, А.В.Клепко, О.С.Ватліцова, С.В.Андрейченко</u>	36
Influence of radiofrequency electromagnetic radiation on <i>Photobacterium phosphoreum</i> luminescence	
<u>I.A.Gretsky, E.N.Gromozova</u>	37
Комплексно-регіональний підхід при радіоекологічній оцінці якості зрошуваних сільськогосподарських угідь	
<u>Л.І.Григор'єва, Ю.А.Томілін</u>	38
Вплив стабільного йоду на перекисні процеси у крові щурів за часткового блокування щитоподібної залози	
<u>Ю.П.Гриневич, І.П.Дрозд, А.І.Липська, С.В.Телецька</u>	39
Коригування структурного стану клітинних мембран в умовах дії на організм щурів іонізуючої радіації	
<u>В.А.Грищенко, С.В.Хижняк</u>	40
Головні складові відповіді клітини і багатоклітинного організму на дію іонізуючого опромінення	
<u>Д.М. Гродзинський</u>	41
Проблеми радіобіологічної освіти	
<u>І.М.Гудков</u>	42
Деякі спостереження за станом флори, фауни і мікрофлори в зоні аварії на Чорнобильській АЕС	
<u>І.М.Гудков, О.Ю.Паренюк, К.Є.Шаванова, В.В.Ілєнко</u>	43
Трансгенераційна передача адаптивних ефектів у рослин <i>Arabidopsis thaliana</i> до УФ-В опромінення	
<u>М.І.Гуша, Ю.В.Шиліна, О.П.Дмитрієв</u>	44
Сучасний радіоекологічний стан Дніпровського водосховища	
<u>А.І.Дворецький, А.С.Білоконь, О.М.Маренков, Л.А.Байдак, Ю.І.Присяник, В.О.Сапронова</u>	45
К радіобіологічному обоснованню хіміолучевої терапії онкологічних хворих	
<u>Э.А.Дёмина, Е.П.Пилипчук</u>	46
Приоритетные направления современной клинической радиобиологии	
<u>Э.А.Дёмина, Е.П.Пилипчук</u>	47

Dose dependent potentiation of radiation-induced chromosome damages by ascorbic acid and verapamil in human cells	
Е.А.Доміна, О.Р.Пупльчук, V.M.Mikhailenko	48
Експериментальне дослідження радіомодифікуючих властивостей N-стеароїлетаноламіну за різних умов опромінення	
Л.П.Дерев'янку, Н.П.Атаманюк, Н.О.Фролова, Є.М.Прохорова, Г.В.Косякова, О.Ф.Меґедь, А.Г.Бердишев, Н.М.Гула, А.А.Чумак, В.В.Талько	49
Ідентифікація параметрів кінетики радіонуклідів ^{137}CS та ^{90}SR в організмі дрібних гризунів за різних режимів надходження	
І.П.Дрозд, А.І.Липська, В.І.Пастушенко, М.В.Найчук	50
Гематологічні ефекти за тривалого внутрішнього опромінення щурів ізотопом ^{131}I	
І.П.Дрозд, А.І.Липська, О.А.Сова	50
Динаміка накопичення ^{131}I та формування поглинутих доз за різних режимів перорального надходження до організму щурів	
І.П.Дрозд, О.А.Сова, А.І.Липська	51
Стабільність мембран еритроцитів людини в полі β -випромінювання ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$) малої потужності	
В.В.Жирнов, И.Н.Яковенко, В.М.Войцицький, С.В.Хижняк	52
Адаптація к підвищеному природному радіаційному фону і радіочувствителісність рослин	
А.Н.Журавская	53
Применение коэффициентов инверсии для предварительной оценки динамических процессов. радиоэкологические исследования водных экосистем	
О.Л.Зарубин, Н.Е.Зарубина	54
Динаміка удільної активності ^{137}Cs в біоті водоема-охладителя ЧАЕС на сучасному етапі його трансформації (2011 – травень 2015 гг.)	
О.Л.Зарубин, Н.Е.Зарубина, И.А.Малюк, В.А.Костюк	55
Сезонная динамика содержания ^{137}Cs в различных объектах лесных экосистем после аварии на Чернобыльской АЭС	
Н.Е.Зарубина	56
Особливості бактеріальної мікрофлори рослин із зони радіонуклідного забруднення Чорнобильської АЕС	
П.Зелена, Ю.Шевченко, В.Бережна, Ю.Шиліна, М.Гуща, О.Моложава	57
Evaluation of the effects of ultrahigh frequency electromagnetic radiation using <i>Saccharomyces cerevisiae</i> as a model organism	
L.B.Zelena, T.L.Kachur, I.A.Gretsky	58
Вплив інокуляції насіння бактеріальними препаратами на накопичення ^{137}Cs в зеленій масі рослин вики посівної	
В.В.Іллєнко, О.Ю.Паренюк, І.М.Гудков	59
Дозові навантаження на рибу водою Чорнобильської зони відчуження	
О.Є.Каглян, Д.І.Гудков, В.Г.Кленус, О.Б.Назаров, Л.П.Юрчук	60

Long-term effects of radiation on the autoimmune thyroiditis prevalence in Lviv region during 2000-2012 years	
<u>О.Касиан, Н.Ткаченко</u>	61
Биогеохимия ^{90}Sr и ^{137}Cs в типичных лесных экосистемах на поздней стадии Чернобыльской аварии	
<u>В.А.Кашпаров, С.Е.Левчук, В.П.Процак, Д.М.Голяка, А.М.Билоус, М.А.Журба</u>	63
Радіоекологічне обґрунтування допустимих рівнів забруднення ^{137}Cs ґрунту для ведення підсобного господарства на радіоактивно забруднених територіях у віддалений період	
<u>Н.О.Кимаковська</u>	64
Дозиметрія територій, які зазнають впливу АЕС, за техногенним тритієм	
<u>А.О.Кльосова, Л.І.Григор'єва</u>	64
Фосфорно-серная гипотеза	
<u>В.Г.Книгавко</u>	65
Стан гіпоталамо-гіпофізарної регуляції тиреоїдної та репродуктивної системи дітей, народжених від осіб, які були дітьми на момент аварії на ЧАЕС	
<u>О.В.Копилова, О.В.Камінський, Д.Є.Афанась'єв</u>	67
Нові підходи щодо радіалогічної реабілітації торфових ґрунтів	
<u>О.В.Косарчук, М.М.Лазарєв</u>	68
Внутрипопуляционный полиморфизм <i>Bos taurus</i> по цитогенетическим показателям соматического мутагенеза в условиях хронического низкодозового ионизирующего облучения	
<u>С.А.Костенко, Е.В.Федорова, П.П.Джус</u>	69
Механізми відновлення архітектоніки апікальної меристеми кореня після радіаційного ураження	
<u>О.А.Кравець, В.В.Бережна, В.І.Сакада, Н.М.Рашидов, Д.М.Гродзинський</u>	70
Метилування ДНК як складова епігенетичної регуляції радіостійкості рослин	
<u>О.П. Кравець, Д.О.Соколова</u>	71
Популяційний поліморфізм екстер'єрних ознак колорадського жука в агроценозах з різним ступенем антропогенного навантаження	
<u>О.Ю.Крайнюк, В.А.Гайченко</u>	72
Peculiarities of responses to chronic impact of small doses of ionizing radiation in animals of natural populations	
<u>А.Г.Кудьяшева</u>	73
Особливості пострадіаційного відновлення добових ритмів імунної системи щурів з різною реакцією на стрес	
<u>О.В.Кузьменко, М.О.Іваненко</u>	74

Взаємозв'язки функціонального стану щитоподібної залози з параметрами діастолічної функції лівого шлуночка у хворих з кардіотиреоїдною патологією при хронічному впливі радіаційного чинника Г.В.Кулініч, М.М.Кочуєва, В.С.Кулініч	75
Сравнение систем экологического нормирования по референтным видам биоты и по биоте с максимальным депонированием радионуклидов Ю.А.Кутлахмедов, И.В.Матвеева	76
Сучасний видовий склад риб водойм Поліського природного заповідника (третя зона радіаційного забруднення) Ю.К.Куцоконь, Л.І.Кобзар	77
Spontaneous mutation rate in loci <i>cinnabar</i> in natural population of <i>Drosophila melanogaster</i> from Ukraine A.V.Lavrinenko, S.V.Serga, A.V.Procenko, I.A.Kozeretska	78
Порівняння параметрів накопичення та виведення ^{137}Cs у м'ясі та яйцях курей-несучок і перепелів М.М.Лазарєв, Ю.В.Вечтомова	79
Природная радиоактивность в морских экосистемах: исследование и представление результатов в учебниках по морской радиоэкологии Г.Е.Лазоренко	80
Сучасний стан забруднення сільськогосподарської продукції ^{137}Cs та ^{90}Sr С.Є.Левчук, В.О.Кашпаров, Л.В.Йощенко, В.В.Павлюченко	81
Дослідження міграції та фізико-хімічних форм радіонуклідів на слідах аварійних паливних випадіннь в зоні відчуження ЧАЕС А.І.Липська, В.І.Ніколаєв, В.А.Шитюк, Н.В.Куліч, В.І.Чурюмов	82
Транскрипция генов <i>AtKu70</i> , <i>AtRAD51</i> , <i>AtRad1</i> в листьях растений <i>A.thaliana</i> L. в условиях острого и фракционированного рентгеновского облучения С.В.Литвинов, Н.М.Рашидов	83
Ультраструктура сперматогенного епітелію у віддалений термін після загального та часткового опромінення щурів у малій дозі О.П.Лукашова	84
Вплив дрібнофракційного рентгенівського опромінення у сумарній дозі 10 Гр та хемопрепарату етопозид на структурно-функціональний стан клітин карциноми Герена О.П.Лукашова	85
Динаміка рівня аберацій хромосом у хворих з пухлинами голови та шиї, на рак легенів та на рак тіла матки в ході дистанційної променевої терапії на лінійному прискорювачі Н.О.Мазник, Т.С.Сипко, Н.Д.Пшенічна, О.Е.Ірха, І.М.Кругова, Л.В.Забобоніна, І.Б.Шустов, В.П.Старенький	86
Вплив нетрадиційних контрзаходів на зменшення надходження ^{137}Cs у рослини з торф'яно-болотних ґрунтів М.І.Малоштан; С.В.Поліщук	87

Ефект внесення калійних добрив та деревного попелу а також їх поєднання як засобів зниження переходу ^{137}Cs з ґрунту в рослини лісових екосистем в умовах радіоактивного забруднення Полісся України	
Ю.Н.Мандро, М.М.Вінічук	88
Некоторые аспекты влияния воды «ЙОДИС» на животных в условиях комбинированного воздействия облучения и стресса	
В.Н.Мельниченко, В.И. Максин, А.П.Ярощук, Е.В.Чайковская	89
Радиоэкологический мониторинг соленых озер Крыма	
Н.Ю.Мирзоева	90
О понятии «малая доза» ионизирующего излучения	
А.Н.Михеев	91
Системность механизмов радиогормезисных эффектов у растений	
А.Н.Михеев, Л.Г.Овсянникова, Л.В.Войтенко, В.В.Жук, Д.М.Гродзинский	92
Радіобіологічні ефекти поєднаної дії іонізуючої радіації та хіміопрепаратів на вміст проапоптозного ліпіду – цераміду за різних режимів опромінення	
Н.А.Мітряєва, Т.В.Рубльова, Т.С.Бакай, Л.В.Гребіник	93
Екологічні особливості та перспективи вирощування енергетичних культур на радіоактивно забруднених територіях Полісся України	
І.А.Можарівська, К.В.Кончаківська	94
Вплив ферментів антиоксидантного захисту на процес формування зрілих сперматозоїдів в епідидимісах за умов радіаційного впливу	
О.А.Мотрина, С.В.Андрейченко, Л.В.Саковська, А.В.Чернишов, А.В.Клепко	95
Вплив гамма-опромінювання і кріоконсервування на стан води у сироватці кордової крові	
О.А.Нардід, О.В.Ліпіна, О.О.Горобченко, О.Т.Ніколов	96
Аналіз активності LTR-ретротранспозонів рослин під впливом стресових чинників на фоні іонізуючого опромінення та без нього	
О.Нестеренко, В.Ланчикова, Н.Рашидов, Д.Гродзинський	97
Вміст ^{90}Sr у зерні на паливному сліді Чорнобильських радіоактивних випадінь	
Л.М.Отрешко, В.О.Кашпаров, С.Є.Левчук, Л.В.Йощенко	98
Мікробіоми забруднених радіонуклідами ґрунтів	
О.Паренюк, К.Шаванова, В.Ілєнко, Д.Самофалова, К.Нанба, І.Гудков	99
Спосіб виявлення ко-мутагенної активності деяких медичних препаратів в опромінених <i>in vitro</i> клітинах людини	
О.П.Пилипчук, Е.А.Дьоміна	100
Изменения эритроцитарного звена периферической крови рыб в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения	
Н.А.Поморцева, Д.И.Гудков, Н.К.Родионова, М.С.Баландина, А.Е.Каглян	101
Mathematical modeling of oxygen distribution in malignant tumors	
N.S.Ponomarenko, V.G.Knigavko, L.V.Batyuk, M.A.Bondarenko	102

Організаційні питання радіаційного захисту населення зони спостереження Рівненської АЕС	
В.А.Прилипка, К.К.Шевченко, Ю.Ю.Озерова, М.М.Морозова	103
Проблемы радиоэкологии в области аварийного реагирования	
Б.С.Пристер, Е.К.Гаргер, Н.Н.Талерко, В.Д.Виноградская, Т.Д.Лев	104
Міграція ^{137}Cs у молоко корів на типових пасовищах Волинського Полісся	
Б.С.Прістер, В.А.Проневич, В.П.Зиль	105
Применение метода изотопных отношений плутония для идентификации природы концентрационных пиков ^{137}Cs в глубоководных донных отложениях Чёрного моря	
В.Ю.Проскурнин, С.Б.Гулин, И.Г.Сидоров, Н.Н.Терещенко	106
Параметри накопичення ^{137}Cs білим товстолобиком Запорізького водосховища	
Ю.І.Присяник, Т.В.Ананьєва	107
Оцінка динаміки форм знаходження Чорнобильських радіонуклідів у донних відкладеннях водойми охолоджувача ЧАЕС після їх осушення і експозиції в натурних умовах	
В.П.Процак, О.О.Одінцов	108
Вплив гамма-опромінення насіння кукурудзи на накопичення іонів кадмію проростками кукурудзи в умовах водної культури	
С.А.Пчеловська, Ю.О.Кутлахмедов, А.Г.Салівон, Л.В.Тонкаль	109
Накопление жирных кислот у семян сои при хроническом облучении в зоне Чернобыльской АЭС	
Дж.Б.Рахметов, Н.А.Стадничук, М.Н.Данченко, В.В.Бережна, В.И.Сакада, Н.М.Рашидов	110
Impact on pyruvate kinase activity in brain tissues of white rats by decimeter electromagnetic irradiation	
А.М.Рашидова, Л.М.Гусейнова	111
Міжнародний навчальний курс з радіоекології	
Ю.В.Рибалко, О.Ю.Епельбойм, І.М.Гудков	112
Особливості формування дозового навантаження на організм мешканців сільських територій Полісся України	
Л.Д.Романчук	113
Функціональна активність клітин кісткового мозку щурів при їх хронічному та гострому опроміненні стронцієм-90	
І.З.Руссу, Д.І.Білько, Н.К.Родіонова, Н.М.Білько	114
Bone marrow damage in experimental animals after iodine-131 intake in different modes	
Н.М.Рябченко, А.І.Лыпська, О.О.Бурдо, О.А.Сова, І.Р.Дрозд	115
Поведінкові реакції лінійних мишей з альтернативною генетично обумовленою радіочутливістю за гострого, хронічного зовнішнього опромінення та інкорпорації ^{137}CS і можливість їх модифікації грибним меланіном	
О.Сенюк, Л.Горовий	116

Радіопротекторний ефект індраліна і меланін-глюканового комплексу з <i>F. fomentarius</i> при гострому опроміненні (5,95 Гр/8,5 хв) мишей BALB/C О.Сенюк, В.Шевель, Л.Горовий	117
Мітотична активність культур лімфоцитів крові онкологічних хворих на різних етапах променевої терапії на лінійному прискорювачі Т.С.Сипко, Н.Д.Пшенічна, Н.О.Мазник	118
Вплив іонізуючого випромінювання на мікробіоценоз шкіри щурів Л.І.Сімонова-Пушкар, Н.І.Скляр, В.З.Гертман, Л.В.Білогурова	119
Цитогенетичні порушення у півника болотного <i>Iris pseudacorus</i> L. у водоймах Чорнобильської зони відчуження А.В.Слободзян, Н.Л.Шевцова	120
Вплив порушень метаболізму оксида азоту, поліморфізму гену eNOS, та інкорпорованого ¹³⁷ Cs на розвиток несприятливих ефектів у дітей - мешканців радіоактивно забруднених територій Є.І.Степанова, І.Є.Колпаков, В.Г.Кондрашова, В.Ю.Вдовенко, О.О.Скварська, О.М.Литвинець, О.С.Леонович, В.М.Зигало	121
Радіосенсибілізація пухлини у комплексному лікуванні персистуючого та рецидивного раку яєчників О.М.Сухіна, А.В.Свинаренко, В.С.Сухін, Г.І.Грановська	122
Радіогенні ефекти в серцево-судинній системі за умов низькоінтенсивного гострого та хронічного опромінення в малих дозах (експериментально- клінічне дослідження) В.В.Талько, С.С.Островська, С.М.Дмитрук	123
Оцінка екологічної дії іонізуючої радіації на гідробіонтів та їх угруповання шляхом еквідозиметричного підходу Н.М.Терещенко, В.Ю.Проскурнін, М.С.Дука	124
Ризики безплідності, спонтанних викиднів, вроджених вад розвитку та змін антропометричних показників немовлят на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС О.І.Тимченко, О.В.Линчак, Г.О.Качко	125
S-гетерилмодифіковані тіоли – перспективні радіопротектори Н.Є.Узленкова, О.А.Бражко, М.М.Корнет, М.П.Завгородний	126
Механізми радіопротекторної активності S-гетерилмодифікованих тіолів Н.Є.Узленкова, В.М.Пасюга, Н.Г.Скоробогатова, І.Ю.Магда, О.Л.Масленнікова, О.В.Ненюкова, І.О.Леонова	127
Prevention of radiation-induced lung damage by Esmin™ N.E.Uzlenkova, A.S.Grygoryeva, N.F.Konakhovich	128
Влияние радиоактивного загрязнения на парамагнитные центры в листьях и семенах растений Р.И.Халилов, А.Н.Насибова, Н.М.Зейналова	128
Ймовірнісний прогноз вмісту ¹³⁷ Cs і ⁹⁰ Sr у рибах Київського водосховища у віддалений період аварії на ЧАЕС Ю.В.Хомутінін, В.В.Павлюченко	129

Формирование энтомокомплексов на залежных землях зоны отчуждения ЧАЭС	
<u>В.Н.Чайка, Е.Г.Бунтова</u>	130
Порівняльний аналіз хемокінів у спермі чоловіків, що мешкають та територіях з різним рівнем радіаційної забрудненості	
<u>А.В.Чернишов, С.В.Андрейченко, А.В.Клепо</u>	131
Influence of rutinate ammonium and rutinat cobalt on chromosomal aberrations in plantlets of wheat <i>Triticum durum</i> L. in the presence of gamma irradiation	
<u>Е.Н.Шамилов, А.С.Абдуллаев, Р.З.Муратов, Г.М.Маммадов</u>	132
Накопичення та розподіл радіонуклідів у м'язах та ікрі карася сріблястого (<i>Carassius auratus</i>) Дніпровського водосховища	
<u>З.В.Шаповаленко, Т.В.Ананьєва</u>	133
Оценка по индукции флуоресценции хлорофилла функционального состояния растений сои и льна, выросших в течение нескольких поколений под действием хронического облучения в зоне Чернобыльской АЭС	
<u>В.В.Шевченко, М.Н.Данченко, В.В.Бережна, В.И.Сакада, Н.М.Рашидов</u>	134
Опыт применения металлов - восстановителей для детоксикации облученной воды и водных растворов	
<u>И.Н.Шевченко</u>	135
Особливості індукції і персистенції хромосомної нестабільності внаслідок ефекту свідка в лімфоцитах людини	
<u>О.В.Шеметун, М.А.Пілінська, О.А.Талан</u>	137
Particular molecular responses to radiation in the mussels from cooling pond of nuclear power plant	
<u>I.V.Yurchak, L.L.Gnatyshyna, H.I.Falfushynska, O.B.Stoliar</u>	138
Ростові процеси паростків насіння очерету звичайного в умовах хронічного та додаткового гострого йонізуючого опромінення	
<u>А.А.Явнюк, Н.Л.Шевцова, Д.І.Гудков</u>	139
ЗМІСТ	140
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК	150
AUTHOR INDEX	154

Авторський покажчик

- Ананьєва Т.В., 107, 133
Андрейченко С.В., 36, 95, 131
Атаманюк Н.П., 49
Афанась'єв Д.Є., 67
Байдак Л.А., 45
Бакай Т.С., 13, 93
Баландина М.С., 101
Бездробна Л.К., 14, 15, 29
Безлепкин В.Г., 16
Бердишев А.Г., 49
Бережна В.В., 17-19, 57, 70, 110, 134
Билоус А.М., 63
Білогурова Л.В., 119
Білоконь А.С., 45
Білько Д.І., 114
Білько Н.М., 114
Бондар Ю.О., 20
Бражко О.А., 126
Бубряк И.И., 21
Бубряк О.А., 21
Бунтова Е.Г., 130
Бурдо О.О., 22
Вазина А.А., 23
Васильєва А.А., 23
Ватліцова О.С., 36
Вдовенко В.Ю., 121
Вечтомова Ю.В., 79
Виноградская В.Д., 104
Висоцький В.І., 24, 25
Вінічук М.М., 88
Вінніков В.А., 26
Войтенко Л.В., 92
Войцицький В.М., 28, 52
Газиєв А.И., 16
Гайдар О.В., 29
Гайченко В.А., 72
Ганжа Д.Д., 30
Ганжа Х.Д., 30
Гаргер Є.К., 31, 104
Геник-Березовська С.О., 32
Гертман В.З., 119
Гичка С.Г., 23
Гогебашвили М.Э., 33
Головко О.В., 34
Голуб В.О., 35
Голуб Г.С., 35
Голуб С.М., 35
Голяка Д.М., 63
Горбань Л.В., 36
Горобченко О.О., 96
Горовий Л., 116, 117
Грановська Г.І., 122
Гребіник Л.В., 13, 93
Григор'єва Л.І., 38, 64
Гриневич Ю.П., 39
Грищенко В.А., 40
Гродзинський Д.М., 7, 21, 41, 70, 92, 97
Грузинов А.Ю., 23
Гудков Д.І., 101, 139, 30, 60
Гудков І.М., 42, 43, 59, 99, 112
Гула Н.М., 49
Гулин С.Б., 106
Гуща М. І., 44, 57
Данченко М.М., 18, 19, 110, 134
Дворецький А.І., 45
Дёмина Э.А., 46, 47
Дерев'янка Л.П., 49
Джус П.П., 69
Дмитрієв О.П., 44
Дмитрук С.М., 123
Дрозд І.П., 39, 50, 51
Дука М.С., 124
Дяченко А.И., 21
Дьоміна Е.А., 100

Епельбойм О.Ю., 112
 Жирнов В.В., 52
 Жук В.В., 92
 Журавская А.Н., 53
 Журба М.А., 63
 Забелин А.В., 23
 Забобоніна Л.В., 86
 Завгородний М.П., 126
 Зарубин О.Л., 54, 55
 Зарубина Н.Е., 54, 55, 56
 Захарова М.Л., 16
 Зейналова Н.М., 128
 Зелена П., 57
 Зигало В.М., 121
 Зиль В.П., 105
 Іваненко М.О., 74
 Иванишвили Н.И., 33
 Ілленко В.В., 43, 59, 99
 Ірха О.Е., 86
 Йощенко Л.В., 81, 98
 Каглян А.Е., 101
 Каглян О.Є., 60
 Камінський О.В., 67
 Качко Г.О., 125
 Кашпаров В.О., 63, 81, 98
 Кимаковська Н.О., 64
 Кириллова Е.Н., 16
 Кленус В.Г., 60
 Клепко А.В., 36, 95, 131
 Клименко С.В., 32
 Кльосова А.О., 64
 Книгавко В.Г., 65
 Кобзар Л.І., 77
 Ковальов В., 17
 Колпаков І.Є., 121
 Кондрашова В.Г., 121
 Кончаківська К.В., 94
 Копилова О.В., 67
 Корнеев В.Н., 23
 Корнет М.М., 126
 Корнілова А.А., 24, 25
 Косарчук О.В., 68
 Костенко С.А., 69
 Костюк В.А., 55
 Косякова Г.В., 49
 Кочуєва М.М., 75
 Кравець О.А., 70
 Кравець О.П., 71
 Крайнюк О.Ю., 72
 Кругова І.М., 86
 Круль М., 17
 Кузьменко О.В., 74
 Кулініч В.С., 75
 Кулініч Г.В., 75
 Куліч Н.В., 82
 Курочкіна В.А., 14
 Кутлахмедов Ю.О., 76, 109
 Куцоконь Н.К., 18
 Куцоконь Ю.К., 77
 Лазарєв М.М., 68, 79
 Лазоренко Г.Е., 80
 Ланчикова В., 97
 Лапоша О.А., 28
 Лев Т.Д., 104
 Левчук С.Є., 63, 81, 98
 Леонова І.О., 127
 Леонович О.С., 121
 Линчак О.В., 125
 Липська А.І., 22, 39, 50, 51, 82
 Литвинець О.М., 121
 Литвинов С.В., 18, 83
 Ліпіна О.В., 96
 Ломаева М.Г., 16
 Лукашова О.П., 84, 85
 Магда І.Ю., 127
 Мазник Н.О., 86, 118

Максим В.И., 89
 Малахова Л.В., 16
 Малоштан М.І.; 87
 Малюк І.А., 55
 Мандро Ю.Н., 88
 Маренков О.М., 45
 Маринский Г.С., 23
 Масленнікова О.Л., 127
 Матвеева І.В., 76
 Мегедь О.Ф., 49
 Мельник Т.В., 14, 15, 29
 Мельниченко В.Н., 89
 Мирзоева Н.Ю., 90
 Михеев А.Н., 91, 92
 Мітряєва Н.А., 13, 93
 Можарівська І.А., 94
 Моложава О., 57
 Морозова М.М., 103
 Мотрина О.А., 95
 Назаров О.Б., 30, 60
 Найчук М.В., 50
 Нанба К., 99
 Нардід О.А., 96
 Насибова А.Н., 128
 Ненюкова О.В., 127
 Нестеренко Л.Д., 18
 Нестеренко О.Г., 18, 97
 Неумержицька Л.В., 32
 Нечаєв С.Ю., 15
 Ніколаєв В.І., 82
 Ніколов О.Т., 96
 Овсянникова Л.Г., 92
 Одінцов О.О., 17, 3, 108
 Озерова Ю.Ю., 103
 Ормоцадзе Г.Л., 33
 Островська С.С., 123
 Отрешко Л.М., 98
 Павлюченко В.В., 81, 129
 Паламар Л., 17
 Паренюк О.Ю., 43, 59, 99
 Пастушенко В.І., 50
 Пасюга В.М., 127
 Петелін Г., 17
 Пилипчук О.П., 46, 47, 100
 Пілінська М.А., 137
 Подпрятков С.Е., 23
 Подпрятков С.С., 23
 Поліщук С.В., 87
 Поморцева Н.А., 101
 Прилипко В.А., 103
 Пристер Б.С., 104, 105
 Проневич В.А., 105
 Проскурнин В.Ю., 106, 124
 Просяник Ю.І., 45, 107
 Прохорова Є.М., 49
 Процак В.П., 63, 108
 Пчеловська С.А., 109
 Пшенічна Н.Д., 86, 118
 Рахметов Д.Б., 110
 Рашидов Н.М., 17-19, 70, 83, 97, 110, 134
 Рибалко Ю.В., 112
 Родіонова Н.К., 22, 101, 114
 Романчук Л.Д., 113
 Рубльова Т.В., 13, 93
 Руссу І.З., 114
 Сакада В.І., 18, 19, 70, 110, 134
 Саковська Л.В., 95
 Салівон А.Г., 109
 Самофалова Д., 99
 Сапронова В.О., 45
 Свиначенко А.В., 122
 Сенюк О., 17, 116, 117
 Сидоров І.Г., 106
 Сипко Т.С., 86, 118
 Сімонова-Пушкар Л.І., 119
 Скварська О.О., 121

Скляр Н.І., 119
Скоробогатова Н.Г., 127
Слободзян А.В., 120
Сова О.А., 22, 50, 51
Соколова Д.О., 71
Стадничук Н.А., 110
Старенький В.П., 86
Степанова Є.І., 121
Сухін В.С., 122
Сухіна О.М., 122
Сушко В.О., 15
Талан О.А., 137
Талерко Н.Н., 104
Талько В.В., 49, 123
Тарасенко Л.В., 14, 15
Тарасьєва Н.М., 14
Телецька С.В., 39
Терещенко Н.М., 106, 124
Тимченко О.І., 125
Ткаченко В.А., 23
Томілін Ю.А., 38
Тонкаль Л.В., 109
Узленкова Н.Є., 126, 127
Федорова Е.В., 69
Фоменко Л.А., 16
Фролова Н.О., 49
Хайдук М., 19
Халилов Р.И., 128
Хан В., 17

Хижняк С.В., 40, 52
Хомутінін Ю.В., 129
Циганок Т.В., 14, 15
Чайка В.Н., 130
Чайковская Е.В., 89
Чернец А.В., 23
Чернишов А.В., 95, 131
Чирш Д., 31
Чумак А.А., 49
Чурюмов В.І., 82
Шаванова К.Є., 43, 99
Шаповаленко З.В., 133
Швайко Л.І., 15
Шевель В., 117
Шевцова Н.Л., 120, 139
Шевченко В.В., 134
Шевченко И.Н., 135
Шевченко К.К., 103
Шевченко Ю., 57
Шеметун О.В., 137
Шиліна Ю.В., 44, 57
Шинкаренко В.К., 31
Шитюк В.А., 82
Шкарупа В.М., 32
Шустов І.Б., 86
Юрчук Л.П., 60
Явнюк А.А., 139
Яковенко И.Н., 52
Ярощук А.П., 89

Author index

- Abdullaev S.A., 11
Abdullayev A.S., 132
Batyuk L.V., 102
Bazyka D., 12
Bondarenko M.A., 102
Burdo O.O., 115
Domina E.A., 48
Drozd I.P., 115
Falfushynska H.I., 138
Gaziev A.I., 11
Gnatyshyna L.L., 138
Gretsky I.A., 37, 58
Gromozova E.N., 37
Grygoryeva A.S., 128
Guseynova L.M., 111
Ilyenko I., 12
Kachur T.L., 58
Kasiyan O., 61
Knigavko V.G., 102
Konakhovich N.F., 128
Kozeretska I.A., 78
Kubashko A., 12
Kudyasheva A.G., 73
Lavrinienko A.V., 78
Lypska A.I., 115
Mammadov G.M., 132
Mikhailenko V.M., 48
Minkabirova G.M., 11
Muradov P.Z., 132
Ponomarenko N.S., 102
Procenko A.V., 78
Pylypchuk O.P., 48
Rashidova A.M., 111
Ryabchenko N.M., 115
Serga S.V., 78
Shamilov E.N., 132
Sova O.A., 115
Stoliar O.B., 138
Tkachenko H., 61
Uzlenkova N.E., 128
Vinnikov V.A., 27
Yurchak I.V., 138
Zelena L.B., 58

Наукове видання

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VI З'ЇЗДУ
РАДІОБІОЛОГІЧНОГО ТОВАРИСТВА УКРАЇНИ

Київ, 5-9 жовтня 2015 року

Тези публікуються в авторській редакції

Технічний редактор: Куцоконь Н.К.
Комп'ютерне оформлення: Куцоконь Н.К., Нестеренко О.Г.

Радіобіологічне Товариство України,
вул. Академіка Заболотного, 148, м. Київ, 03143