

УДК: 616.2:539.12:616-001.28

Л. І. Швайко^{1,*}, В. О. Сушко¹, К. Д. Бази́ка¹,
О. Д. Бази́ка¹, С. І. Устінов²

¹ДУ “Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України”,
вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050

²Національний медичний університет імені О. О. Богомольця,
13, бульв. Т. Шевченка, Київ, 01601

ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ БРОНХОЛЕГЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ПЕРСОНАЛУ ЯКИЙ ВИКОНУЄ РОБОТИ В УМОВАХ РИЗИКУ ІНГАЛЯЦІЙНОГО НАДХОДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ НА ОБ’ЄКТІ “УКРИТТЯ” ДСП “ЧОРНОБИЛЬСЬКА АЕС”

Проведено дослідження стану бронхолегеневої системи у персоналу, який брав участь в роботах по перетворенню об’єкту “Укриття” в екологічно безпечну систему. Обстежено 463 чоловіка віком від 19 до 59 років (середній вік – $(39,07 \pm 0,42)$ років). Середня накопичена доза зовнішнього опромінення склала $(29,02 \pm 1,19)$ мЗв. Дослідження передбачало обстеження до початку робіт і у випадку перевищення рівня виявлення $^{239+240}\text{Pu}$ у пробах калу. За результатами обстеження погіршення стану бронхолегеневої системи осіб, які брали участь в роботах на об’єкті “Укриття” не виявлено. Встановлено, що найнижчі показники функції зовнішнього дихання після завершення участі в роботах на об’єкті “Укриття” відмічались у осіб старших вікових груп та у курців з наявністю хронічного простого бронхіту чи хронічного обструктивного захворювання легенів. Доведено негативний вплив іонізуючого опромінення справляла на показники функції зовнішнього дихання при взаємодії з іншими факторами (тютюнопаління, наявність бронхолегеневої патології).

Ключові слова: інгаляційна дія радіонуклідів, Чорнобильська катастрофа, об’єкт “Укриття”, бронхолегенева система, хронічне обструктивне захворювання легень.

Однією з найважливіших державних програм України з мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи є роботи з перетворення об’єкта “Укриття” ДСП ЧАЕС (ОУ) на екологічно безпечну систему. Медичні та дозиметричні заходи, спрямовані на збереження здоров’я персоналу,

* Швайко Людмила Іванівна, e-mail: pulmoaid@i.ua

© Швайко Л. І., Сушко В. О., Бази́ка К. Д., Бази́ка О. Д., Устінов С. І., 2012

який бере участь в цих роботах, посідають чільне місце серед найактуальніших проблем сучасної клінічної радіобіології, радіаційної гігієни та радіаційного захисту [1, 2].

Роботи в ОУ проводяться в умовах багатфакторних ризиків — з домінуючим радіаційним чинником, посиленими загальнопромисловими небезпечними факторами і чинником забруднення в умовах важкодоступних тимчасових робочих місць, розташованих у приміщенні будівлі зруйнованої ядерної установки [3].

Особливо небезпечними на ОУ є роботи, що виконуються за наявності у диспергованому пиловому стані радіонуклідів трансуранових елементів (плутоній-238, плутоній-239, плутоній-240, плутоній-241, америцій-241), а також стронцію-90, цезію-137 при можливості їх інкорпорації до організму людини. Виконання робіт проводиться в умовах синергізму радіологічних і загальнопромислових ризиків, а також високої психоемоційної напруженості праці. Ці радіаційні та нерадіаційні чинники формують унікальне екстремальне навколишнє середовище для персоналу, який працює на ОУ [3].

З урахуванням вищезазначеного, вивчення стану бронхолегеневої системи осіб, залучених до виконання робіт із перетворення ОУ на екологічно безпечну систему, як однієї із тканин-мішеней впливу інгаляційної суміші радіонуклідів, є надзвичайно важливим і актуальним.

Мета дослідження: вивчити стан бронхолегеневої системи в осіб, які брали участь у роботах із перетворення об'єкту "Укриття" на екологічно безпечну систему.

Матеріал та методи досліджень:

Було обстежено 463 особи чоловічої статі, які брали участь у роботах із перетворення об'єкту "Укриття" на екологічно безпечну систему (проект "Стабілізація) віком від 19 до 59 років (середній вік — $(39,07 \pm 0,42)$ року, медіана 40 років), яким проводилось обстеження у стаціонарних умовах за процедурою спеціального медико-біофізичного контролю [1, 3]. Критерієм відбору персоналу для проходження процедури спеціального медико-біофізичного контролю було виявлення вмісту $^{239+240}\text{Pu}$ у пробах калу при поточному біофізичному контролі на рівні, який перевищував 1,5 мБк/проба.

Індивідуальні дози внутрішнього опромінення, розраховані за результатами спеціального біофізичного контролю, не перевищують 3 мЗв, водночас контрольний рівень індивідуальної дози внутрішнього опромінення, встановлений на ЧАЕС, становить 3 мЗв/рік. Середня накопичена доза зовнішнього опромінення становила за період з 1986 по 2008 рік $(29,02 \pm 1,19)$ мЗв. Слід зазначити, що для 40 осіб обстеженого

контингенту було отримано спеціальний дозвіл Міністерства охорони здоров'я України для виконання робіт із перевищенням гранично допустимої дози опромінення до 35 мЗв. Усі пацієнти були обстежені щонайменше двічі: вперше під час проходження вхідного медико-біофізичного контролю та під час проведення процедури спеціального біофізичного та медичного контролю (від одного до трьох разів).

Методи дослідження: опитування згідно з розробленим протоколом, огляд лікарем-пульмонологом, дослідження функції зовнішнього дихання, бронхофіброскопія, цитологічне дослідження рідини бронхоальвеолярного лаважу.

Обробка отриманих даних здійснювалась методами варіаційної статистики щодо параметричних та непараметричних даних у програмному середовищі електронних таблиць Excel [4].

Результати та їх обговорення. Під спостереженням знаходились 463 чоловіки, на момент первинного огляду 113 з них (24,4%) не мали бронхолегеневої патології, у 320 (69,1%) був діагностований хронічний простий бронхіт (ХПБ, код J41.0), у 30 (6,5%) — хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ, код J44.8). Всі хворі з наявністю захворювання знаходились у стані стійкої ремісії. За віком хворі на ХПБ та ХОЗЛ були старші, ніж особи без бронхолегеневої патології. Показники функції зовнішнього дихання обстежених осіб до початку робіт на об'єкті "Укриття" знаходились у межах норми та залежали від первинного діагнозу.

При клінічному обстеженні осіб після закінчення робіт на об'єкті "Укриття" суттєвого погіршення стану бронхолегеневої системи обстежених не виявлено. При проведенні функціональних легеневих тестів розбіжності між обстеженими особами залежно від наявності/відсутності бронхолегеневої патології та її виду були більш виразними, ніж на початку спостереження, однак при парному порівнянні вірогідних розбіжностей з вихідними даними не виявлено ($p > 0,05$).

На показники функції зовнішнього дихання** після закінчення робіт на об'єкті "Укриття", крім наявності патології з боку бронхо-

** VC — життєва ємність легенів (ЖЄЛ);

FVC — форсована життєва ємність легень (ФЖЄЛ);

FEV1 — об'єм форсованого видиху за 1 сек (ОФВ1);

FEV1/VC — індекс Тифно (ОФВ1 /ЖЄЛ, %);

MEF 25, 50, 75 — максимальні швидкості видиху на рівні видиху 25, 50 та 75%

ФЖЄЛ;

PEF — пікова об'ємна швидкість.

легеневої системи, впливало декілька факторів: вік, отримана доза зовнішнього опромінення при роботі на об'єкті "Укриття" та паління. Більшість показників функціональних тестів показували негативну асоціацію з віком: VC ($r=-0,442$; $p=0,001$), FVC ($r=-0,475$; $p=0,001$), FEV1 ($r=-0,549$; $p=0,001$), FEV1/VC ($r=-0,276$; $p=0,001$), MEF50 ($r=-0,335$; $p=0,001$), MEF26 ($r=-0,268$; $p=0,001$), MEF76 ($r=-0,374$; $p=0,001$).

Було виявлено негативну кореляцію між отриманою дозою опромінення та показниками FEV1 ($r=-0,221$; $p=0,027$), MEF50 ($r=-0,211$; $p=0,034$), MEF50,% ($r=0,229$, $p=0,021$) у осіб без бронхолегеневої патології. У хворих на ХПБ негативна кореляція спостерігалась між дозою та показником MEF50 ($r=-0,124$; $p=0,037$), позитивна — між дозою та MEF25 ($r=0,203$; $p=0,001$). За наявності ХОЗЛ вірогідні кореляції показників функції зовнішнього дихання з дозою опромінення не виявлялись (ця підгрупа хворих була найменш чисельною).

За фактором тютюнопаління виявлена негативна асоціація відносного показника PEF ($r=-0,210$; $p=0,001$).

Мав значення також фактор попередньої участі обстежених у ліквідації наслідків аварії (ЛНА) на ЧАЕС. Так, серед учасників ЛНА порівняно з особами, які не брали участі в ЛНА, були знижені показники VC ($4,81 \pm 0,06$ та $5,05 \pm 0,037$, відповідно; $p=0,002$), FVC ($4,82 \pm 0,06$ і $5,08 \pm 0,39$; $p=0,001$), FEV1 ($3,95 \pm 0,05$ і $4,21 \pm 0,03$; $p=0,001$), MEF50 ($4,69 \pm 0,12$ та $5,06 \pm 0,08$, відповідно; $p=0,026$).

Враховуючи вплив на функцію зовнішнього дихання декількох факторів, було проведено багатофакторний дисперсійний аналіз, в якому залежними змінними були показники функції зовнішнього дихання, а факторами — вік обстежених (вікові підгрупи: до 30 років, 30–39 років, 40–49 років, 50 років та старше), статус курця (не палить, палив раніш, палить), діагноз (бронхолегенева патологія відсутня, є ХПБ, є ХОЗЛ), дозове навантаження (до 10 мЗв, 10–50 мЗв, 50–75 мЗв та більше за 75 мЗв), попередня участь в ЛНА на ЧАЕС. Серед перелічених факторів самостійне значення мали вік ($p=0,001$) та попередній діагноз (наявність ХПБ або ХОЗЛ) ($p=0,001$), а також взаємодії між факторами: вік + паління ($p=0,02$); вік + паління + наявність бронхолегеневої патології ($p=0,027$); доза опромінення—паління + наявність бронхолегеневої патології ($p=0,001$); вік + участь в ЛНА ($p=0,001$); вік + доза опромінення + участь в ЛНА ($p=0,001$); паління + участь в ЛНА ($p=0,011$); вік + паління—участь в ЛНА ($p=0,001$); вік + наявність бронхолегеневої патології—участь в ЛНА ($p=0,001$); паління + наявність бронхолегеневої патології—участь в ЛНА ($p=0,043$).

Таким чином, всі перелічені фактори та їх взаємодія мали негативний вплив на функцію зовнішнього дихання осіб, які брали участь в роботах на об'єкті "Укриття".

Після завершення робіт на об'єкті "Укриття" 278 працівникам була проведена бронхофіброскопія. Серед осіб, яким проводилась бронхоскопія, переважали пацієнти з бронхолегеневою патологією ($p=0,001$). Вірогідних розбіжностей залежно від статусу курця не було ($p=0,175$).

За фактом участі в ЛНА розподіл осіб, яким проводилась або не проводилась бронхоскопія, не розрізнявся ($p=0,406$).

В переважній більшості обстежених цим методом (247 обстежених, 88,8%), виявлені ті чи інші зміни епітелію бронхів, причому навіть серед осіб без бронхолегеневої патології на момент первинного обстеження. Частота виявлення змін епітелію бронхів достовірно не відрізнялась залежно від наявності бронхолегеневої патології на момент первинного обстеження ($p=0,173$). Серед осіб, які палили або продовжували палити, зміни епітелію реєструвались частіше ($p=0,010$).

За характером виявлених змін розрізняли: катаральні (виявлені у 136 осіб, 48,6% обстежених), катарально-склеротичні (96 осіб, 34,2%), склеротичні (15 осіб, 5,4%).

Характер змін епітелію бронхіального дерева суттєво розрізнявся залежно від наявності захворювань бронхолегеневої системи ($p=0,019$).

Так, серед осіб без бронхолегеневої патології і хворих на ХПБ при бронхоскопії найчастіше були виявлені катаральні зміни (у 73,9% та 46,3% відповідно), а у хворих на ХОЗЛ — катарально-склеротичні (у 50% обстежених) (рис. 1).

Залежність характеру патологічних змін епітелію від паління була менш виразна і проявлялась лише серед хворих на ХПБ. Однак слід зазначити, що незалежно від первинного діагнозу обстежених осіб, склеротичні зміни були виявлені тільки серед тих, хто палить ($p=0,013$).

Однак, в осіб, дози опромінення яких не перевищували граничні допустимі дози (нижче за 10 мЗв, середня доза ($6,15 \pm 0,31$) мЗв), катаральні зміни епітелію бронхів зустрічались вірогідно рідше, ніж у осіб, які отримали більш значні дози опромінення (вище за 10 мЗв, середня доза ($34,75 \pm 1,33$) мЗв): 33,3 та 51,8% відповідно ($p=0,013$).

Крім того, знайдені негативні кореляційні зв'язки між характером змін епітелію бронхів та деякими показниками функції зовнішнього дихання обстежених (нормовані за ступенем тяжкості: 1 — катаральні, 2 — катарально-склеротичні, 3 — склеротичні): VC ($r=-0,185$; $p=0,002$), FVC ($r=-0,204$; $p=0,001$), FEV1 ($r=-0,225$; $p=0,001$), FEV1/VC

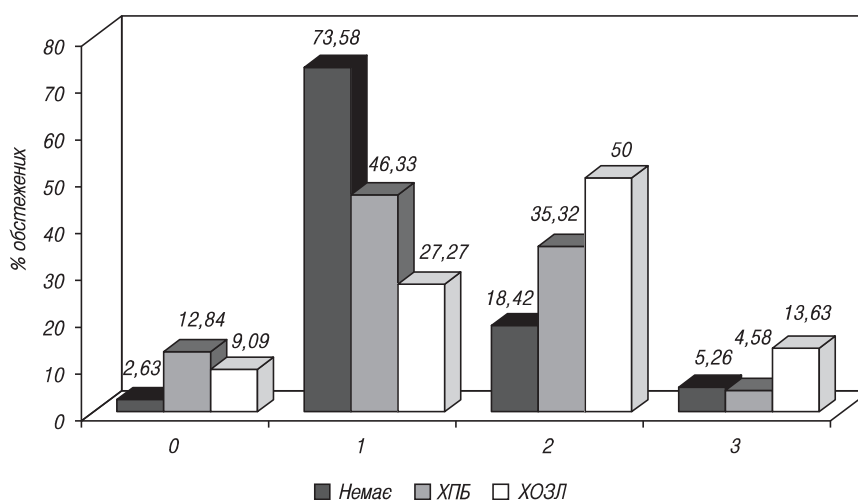


Рис. 1. Характер патологічних змін епітелію при проведенні бронхоскопії (0 — не виявлені; 1 — катаральні; 2 — катарально-склеротичні; 3 — склеротичні) залежно від наявності і типу бронхолегеневого захворювання

($r=-0,126$; $p=0,038$), MEF50 ($r=-0,136$; $p=0,025$), MEF25 ($r=-0,168$; $p=0,005$), MEF75 ($r=-0,138$; $p=0,023$) (рис. 2).

Дослідження клітинного складу бронхо-альвеолярного лаважу (БАЛ) було здійснено у 266 обстежених осіб. В мазках були виявлені наступні типи клітин: альвеолярні макрофаги (в середньому у всіх обстежених ($80,34 \pm 1,86\%$)), нейтрофільні лейкоцити (в середньому ($10,04 \pm 1,03\%$)), лімфоцити ($4,81 \pm 0,26\%$), циліндричний епітелій ($4,40 \pm 0,44\%$). Рідко зустрічались еозинофільні лейкоцити, плоский епітелій, еритроцити. За переважанням того чи іншого типу клітин спостерігали три типи БАЛ: з переважанням ($>70\%$) макрофагів (БАЛ I типу, виявлений у 225 обстежених, $84,6\%$); зі збільшеним вмістом (понад 30%) нейтрофільних лейкоцитів (БАЛ II типу, виявлений у 27 обстежених, $10,2\%$) та з підвищеним вмістом (понад 20%) циліндричного епітелію (виявлені у 14 обстежених, $5,3\%$).

Чіткої відповідності між клітинним складом БАЛ та виявленими змінами при бронхоскопії не було, однак слід зазначити, що збільшення вмісту нейтрофілів $>30\%$ частіше зустрічалось у осіб з катарально-склеротичними та склеротичними змінами епітелію порівняно з особами без змін епітелію чи з катаральними змінами ($p=0,021$). Навпаки, у осіб без

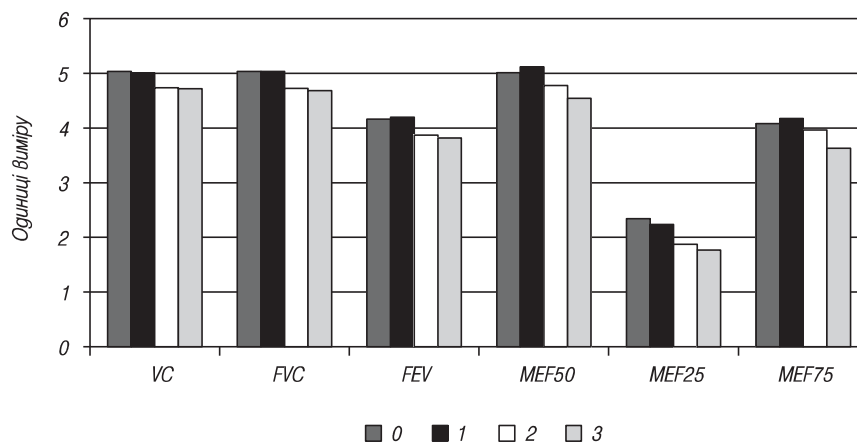


Рис. 2. Показники функції зовнішнього дихання обстежених осіб залежно від характер змін епітелію при бронхофіброскопії (0 — не виявлені; 1 — катаральні; 2 — катарально-склеротичні; 3 — склеротичні)

змін епітелію чи з катаральними змінами частіше виявлявся І тип БАЛ з переважанням макрофагів порівняно з особами з катарально-склеротичними та склеротичними змінами епітелію ($p=0,036$). Залежно від отриманої дози опромінення виявлена тенденція до збільшення вмісту макрофагів ($r=0,134$; $p=0,029$) та зменшення кількості нейтрофільних лейкоцитів у складі БАЛ ($r=-0,155$; $p=0,012$).

Певні особливості БАЛ виявлені залежно від первинного діагнозу обстежених та паління. Так, у пацієнтів з ХПБ та ХОЗЛ частіше зустрічались БАЛ зі збільшеним вмістом нейтрофілів. Навпаки, серед курців частіше зустрічались БАЛ з переважанням макрофагів.

За якісною оцінкою морфологічних особливостей макрофагів було виявлено, що у курців значно частіше ($p=0,001$) зустрічались макрофаги з інтенсивно дифузною забарвленою цитоплазмою, що, імовірно, пов'язано з поглинанням ними часток диму при палінні.

Гранулярне забарвлення цитоплазми макрофагів збільшувалось зі зростанням дози опромінення: $r=0,187$; $p=0,002$ (рис. 3).

Отримані дані відповідають особливостям розвитку запального процесу у дихальній системі і реакції клітин вродженого імунітету. Альвеолярні макрофаги відносяться до найважливіших ефektorів цієї ланки імунної системи, функцією якої є елімінація чужорідних часток, мікроорганізмів, вірусів, генетично змінених клітин за допомогою

фагоцитозу наступною активацією макрофагів, синтезом і секрецією ними прозапальних цитокінів і хемоатракторів. Цілком імовірно, що на ранніх етапах впливу на бронхолегеневу систему організму іонізуючого випромінювання (насамперед інгаляційним шляхом), відбувається активація фагоцитарної ланки імунітету, яка спрямована на виведення поглинутих радіоактивних часток.

Висновки.

1. За результатами клінічного обстеження осіб, які брали участь у роботах із перетворення об'єкту "Укриття" на екологічно безпечну систему доведено ефективність відбору персоналу до робіт в особливо шкідливих і небезпечних умовах праці, а саме з іонізуючим випромінюванням та відкритими джерелами іонізуючого випромінювання, оскільки суттєвого погіршення стану бронхолегеневої системи після закінчення участі у роботах не виявлено.

2. Показники функції зовнішнього дихання після закінчення участі у роботах не зазнали істотних змін порівняно з вихідними даними; при проведенні багатофакторного кореляційного аналізу встановлено, що найнижчі показники функції зовнішнього дихання після закінчення робіт на об'єкті "Укриття" спостерігались у осіб більш старшого віку, курців, з наявністю ХПБ і ХОЗЛ.

3. Отримана доза опромінення не мала самостійного впливу на показники функції зовнішнього дихання, однак мала негативний вплив на функцію зовнішнього дихання при взаємодії з іншими факторами (паління, наявність бронхолегеневої патології).

4. Залежно від отриманої дози опромінення виявлена тенденція до збільшення вмісту макрофагів ($r=0,134$; $p=0,029$), макрофагів із гранулярним забарвленням цитоплазми ($r=0,187$; $p=0,002$), що можна

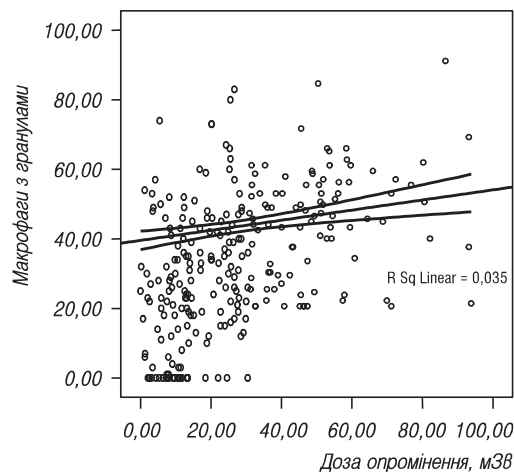


Рис. 3. Кількість макрофагів з гранулами у бронхо-альвеолярного лаважу залежно від отриманої дози опромінення обстежених працівників об'єкту "Укриття"

оцінити як реакцію макрофагальної ланки імунної системи, спрямовану на елімінацію поглинених радіоактивних часток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблоку цієї АЕС на екологічно безпечну систему : Закон України від 11.12.1998 р. № 309-XIV // Відомості Верховної Ради України. — 1999. — № 4. — Ст. 33.
2. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього : Національна доповідь України. — К. : КІМ, 2011. — С. 356.
3. Радіаційно-гігієнічне забезпечення робіт на об'єкті Укриття / С. Ю. Нечаєв, І. А. Ліхтарев, В. О. Сушко [та ін.] // Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986—2011 / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. — Тернопіль : ТДМУ ; Укрмедкнига, 2011. — С. 1023—1032.
4. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Губенко, П. Н. Бабич. — К. : МОРИОН, 2000. — 320 с.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2012.

Л. И. Швайко¹, В. А. Сушко¹, К. Д. Базыка¹, А. Д. Базыка¹, С. І. Устинов²

*¹Государственное учреждение “Национальный научный центр радиационной медицины Национальной академии медицинских наук Украины”,
ул. Мельникова, 53, г. Киев, 04050, Украина*

*²Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца,
13, бульв. Т. Шевченко, Киев, 01601*

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО РАБОТЫ НА ОБЪЕКТЕ “УКРЫТИЕ” ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Проведено исследование состояния бронхолегочной системы у персонала, который принимал участие в работах по преобразованию объекта “Укрытие” в экологически безопасную систему. Обследовано 463 мужчины в возрасте от 19 до 59 лет (средний возраст $(39,07 \pm 0,42)$ лет). Средняя накопленная доза внешнего облучения составила $(29,02 \pm 1,19)$ мЗв. Обследование проводилось перед началом работ на объекте “Укрытие” и в случае превышения уровня выявления $^{239+240}\text{Pu}$ в пробах кала. По результатам обследования персонала ухудшения состояния бронхолегочной системы у работников, участвовавших в мероприятиях на объекте “Укрытие” не выявлено. Установлено, что самые низкие показатели функции внешнего дыхания после завершения участия в работах на объекте “Укрытие” отмечались у лиц старшего возраста, курильщиков с наличием хронического простого бронхита или хронической обструктивной болезни легких. Полученная доза ионизирующего излучения оказывала негативное воздействие на показатели функции внешнего дыхания при взаимодействии с другими факторами (курение, наличие бронхолегочной патологии).

Ключевые слова: ингаляционное воздействие радионуклидов, Чернобыльская катастрофа, бронхолегочная система, хроническая обструктивная болезнь легких.

L. I. Shvaiko¹, V. A. Sushko¹, K. D. Bazyka¹, O. D. Bazyka¹, S. I. Ustinov²

*¹State Institution "National Research Center for Radiation Medicine
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine",
Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine*

*²National Medical University named O. O. Bogomolets,
13, T. Shevchenko boulevard, Kyiv, 01601, Ukraine*

**THE BRONCHOPULMONARY SYSTEM STATUS
OF THE PERSONNEL, WHICH PERFORM THE WORKS
AT THE OBJECT "SHELTER" OF CHORNOBYL NPP**

The study for estimation of the bronchopulmonary system status in personnel which took part in the work for transformftion the object "Shelter" into an ecologically safe system was carried out. The 463 men aged from 19 to 59 years ($39,07 \pm 0,42$ years) were examined. An average cumulative dose of external irradiation was ($29,02 \pm 1,19$) mSv. The examination was conducted before work at the object "Shelter" and in the case of $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ level excess in faeces samples. According to the results of the study the deterioration of bronchopulmonary system status in persons involved in the work at the object "Shelter" was not revealed. Found that the lowest lung function after participation in the work on the "Shelter" was seen in the elderly group of personnel, smokers, with the presence of chronic simple bronchitis or chronic obstructive pulmonary disease. The dose of ionizing radiation has an adverse effect on lung function in the interaction with the other factors (smoking, respiratory pathology).

Key words: *inhalation of radionuclides, the Chornobyl disaster, bronchopulmonary system, chronic obstructive pulmonary disease.*