

## БІОЛОГІЧНА ДІЯ ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ

Б. Р. Киричинський, Є. Ю. Чеботарьов

*Відділи радіобіології та радіаційної біофізики Інституту фізіології  
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ*

Дослідження по вивченню біологічної дії швидких нейтронів були розпочаті в Інституті ім. О. О. Богомольця АН УРСР у 1958 р. за ініціативою і під керівництвом покійного нині керівника лабораторії біофізики чл.-кор. АН УРСР, проф. О. П. Городецького.

Спочатку досліди провадилися з використанням полоній-берилієвого джерела нейтронів. Одержані дані [4] вказували на значну біологічну ефективність швидких нейтронів при хронічному опроміненні мишей малими дозами. Дуже мала інтенсивність потоку нейтронів, випромінюваних цим джерелом, і відносно короткий період напіврозпаду полонію (138 днів) значно обмежували об'єм наших досліджень.

Після закінчення будівництва ядерного реактора Інституту фізики АН УРСР дослідження по вивченню біологічної дії швидких нейтронів були перенесені на ядерний реактор [21]. Для їх проведення, за рішенням Президії АН УРСР у 1961 р. при ядерному реакторі були створені дві лабораторії Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця — тканинної дозиметрії (тепер відділ радіаційної біофізики) і радіаційного захисту (тепер — відділ радіобіології). У розпорядження цих лабораторій був виділений один з горизонтальних каналів реактора.

Першочерговим завданням новостворених лабораторій було пристосування каналу реактора для опромінення тварин та інших біологічних об'єктів (насіння рослин, мікроорганізми тощо). В СРСР у цьому напрямку уже був деякий досвід [3], який взяли до уваги при конструюванні відповідних пристосувань. Для виділення пучка швидких нейтронів із загального випромінювання активної зони реактора були встановлені фільтри з карбїду бору (для поглинання теплових нейтронів) і свинцю (для ослаблення гамма-фону). Це дало можливість зменшити вклад в дозу за рахунок гамма-випромінювання до 10—20% залежно від розташування об'єкту. Спеціальне пристосування дозволило вміщувати опромінюваний об'єкт в будь-яке місце каналу [5]. Тварину вміщували в патрон, що забезпечував точну фіксацію її під час опромінення.

Дальшим завданням було вимірювання доз випромінювання, одержуваних опроміненими тваринами. Для вимірювання тканинних доз нейтронів був застосований метод диференціальних іонізаційних камер, розроблений Брегадзе та ін. [2], що дозволяє нарізно визначати дози від нейтронів і гамма-променів у змішаних полях гамма-нейтронного випромінювання. Для роботи з цими камерами була виготовлена телеметрична установка, що дозволяє вимірювати дози, не входячи у приміщення реактора [17]. Значна залежність як загальної дози випромінювання, так і співвідношення гамма і нейтронної компонент дози

від ряду факторів і, насамперед, від конфігурації активної зони реактора в області, що прилягає до каналу, примусили розробити установку для безперервного контролю доз нейтронного і гамма-випромінювання під час опромінення [16].

Багато уваги було приділено питанням методики опромінення тварин швидкими нейтронами.

В результаті вивчення розподілу доз за глибиною об'єкта [14] було встановлено, що в міру просування вглиб об'єкта доза нейтронів зменшується значно швидше, ніж супутнього нейтронам гамма-випромінювання. У силу цього при односторонньому опроміненні об'єктів потоком швидких нейтронів з гамма-фоном у межах 10—15% вже на глибині 8—10 см дози швидких нейтронів стають сумірними з дозами гамма-променів, а на глибинах понад 10 см вже помітно переважає гамма-складова загальної дози. Тому одностороннє опромінення допустиме лише в тих випадках, коли їх товщина не перевищує 2—2,5 см.

Храпачевський показав [36], що при відповідній зміні методики опромінення можна домогтися для біологічних об'єктів, товщина яких не перевищує 8—9 см, рівномірного (у межах  $\pm 5\%$ ) опромінення в нейтронних потоках з середньою енергією 1,4—1,6 Мев. Водночас було показано, що звичайна методика опромінення тварин і вимірювання тканинних доз з допомогою тканинноеквівалентних камер у відсутності об'єкта можуть призвести до значних помилок у визначенні величини поглинутої об'єктом дози. Так, при опроміненні експериментальних тварин (щурів), при однакових показаннях дозиметра, залежно від орієнтації тварин у пучку смертність (протягом першого місяця після опромінення) змінювалась від 10 до 83% [8]. Все це вимагало удосконалення застосованої методики дозиметричних вимірювань.

Окремі тканини і органи тваринного організму істотно відрізняються за хімічним складом і, насамперед, за вмістом водню, від чого залежить поглинута доза нейтронів. Для диференціювання доз, поглинутих різними органами тварини при опроміненні Пасечником і Храпачевським [22] була розроблена конструкція тканинноеквівалентної іонізаційної камери із змінними вимірювальними електродами, що дозволяє вимірювати поглинуті дози у біологічних середовищах, середній хімічний склад яких відрізняється від нормального складу м'язової тканини. Істотною перевагою цієї камери є те, що вона дозволяє вимірювати дозу нейтронів, поглинуту тканиною, вміст водню в якій зовсім невідомий, або відомий недосить точно. Ці автори показали [22] правомірність використання мікроконденсаторних іонізаційних камер, наповнених замість тканинноеквівалентного газу повітрям для вивчення розподілу енергії швидких нейтронів, поглинутої в тканинноеквівалентних середовищах.

За допомогою камери подібної конструкції, вимірювальні електроди якої були виготовлені з гомогенатів відповідних органів і тканин, Тацій [35] визначив відносні показники тканинних доз, одержаних різними органами і тканинами при рівномірному опроміненні об'єктів швидкими нейтронами.

Відмінність у величині поглинутих доз особливо чітко виражена при опроміненні насіння різних рослин, завдяки значній різниці у вмісті водню сухим насінням рослин. При опроміненні такого насіння поглинута ним доза швидких нейтронів може відрізнятися на 50% від дози, поглинутої м'язовою тканиною тварин. Голікова і Тацій [7] на підставі одержаних експериментальних даних склали таблиці для розрахунку доз, одержаних насінням різних рослин при опроміненні швидкими нейтронами.

Поряд з описом нейтронів і змішаних іонізуючих променів, описувались також й інші методи вимірювання доз, засновані на симетрії, оснований на вимірюванні азоту і кисню в зоні вимірюваних доз.

Пасечник [20] при вимірюванні нейтронів р

Тацій [35] і Кацій [35] застосовували нейтрони за наведеною

Кандидатська дисертація розподілу глибини опромінення енергетичними нейтронами (0,5 Мев), одержаними в ядрах азоту і кисню при енергії нейтронів в розподілі енергії в лентному гелі, вказує на вибіркового опромінення глибинах.

У праці Городецького питання про те, що впливає на біологічну дію нейтронів, досліджень не одержання дозиметричних показань, що проводять радіо

Поряд із згаданими реакторі почали швидко нейтронів. Значна частина аспектів і присвячена дією інших, більш дрібних генівські і гамма-пр

Ряд праць Горославського присвячено питанню нейтронів (ВВЕ) і аналізу елемента ВВЕ. Залежно від виду тварини, тесту, вартість спостережень гамма-фону тощо) і кінцевих межах і не є пос

У працях Городецького зано, що як швидкі нейтрони в біологічно еквівалентному характером зміни периферії Водночас відзначає серцево-судинної системи і різдність проявляється в ричної крові, уповільненому зниженні стійкості

Видимо ця обстановка втрат енергії (ЛВЕ)

Рекур і Шур'яни вимірювання відбувається в крові тварин, найбільш

Поряд з описаними іонізаційними методами для дозиметрії нейтронів і змішаних потоків гамма-нейтронного опромінення розроблялись також й інші методи. Так, Рудаков [26] запропонував метод дозиметрії, оснований на застосуванні желатинових і агарових гелей нітритів амонію, калію і натрію з додаванням глюкози і луку. Діапазон вимірюваних доз становить 100—1000 рад.

Пасечник [20] показав можливість застосування у біологічній дозиметрії нейтронів ряду конструкцій пропорціональних лічильників.

Татій [35] і Карнаух [13] вивчали питання про можливість і доцільність застосування при опроміненні тварин методу реєстрації нейтронів за наведеною активністю.

Кандидатська дисертація Пасечника [20] була присвячена вивченню розподілу глибинних доз при опроміненні біологічних об'єктів моноенергетичними нейтронами проміжних енергій (0,12; 0,22; 0,45; 0,5 Мев), одержаними на циклотроні. Завдяки наявності резонансів на ядрах азоту і кисню у цій ділянці відзначається вибіркове поглинання енергії нейтронів біологічною тканиною. Спостережувані максимуми в розподілі енергії проміжних нейтронів, поглинутої у тканинноквівалентному гелі, вказують на можливість застосування цих нейтронів для вибіркового опромінення органів і тканин, розташованих на різних глибинах.

У праці Городецького, Киричинського і Чеботарьова [8] порушене питання про те, що для одержання порівнюваних результатів при вивченні біологічної дії швидких нейтронів і для підвищення ефективності досліджень необхідна уніфікація умов опромінення і методів одержання дозиметричної інформації у різних лабораторіях і групах, що провадять радіобіологічні дослідження на ядерних реакторах.

Поряд із згаданими дослідженнями дозиметричного характеру на реакторі почали широко вивчати особливості біологічної дії швидких нейтронів. Значна частина цих праць була проведена у порівняльному аспекті і присвячена порівнянню біологічної дії швидких нейтронів з дією інших, більш докладно вивчених видів іонізуючої радіації (рентгенівські і гамма-промені).

Ряд праць Городецького, Киричинського, Чеботарьова та ін. [8, 9] присвячено питанню про відносну біологічну ефективність швидких нейтронів (ВБЕ) і аналізу факторів, що впливають на величину коефіцієнта ВБЕ. Залежно від великої кількості різноманітних факторів (рід і вид тварини, тест, обраний для оцінки променевого ураження, тривалість спостереження, енергія нейтронів, потужність дози, величина гамма-фону тощо) коефіцієнт ВБЕ може змінюватися у досить широких межах і не є постійною величиною.

У працях Городецького та співробітників [9, 18, 26, 38, 43] показано, що як швидкі нейтрони, так і рентгенівські промені, застосовані в біологічно еквівалентних дозах ( $LD_{50}$ ) викликають однотипні за характером зміни периферичної крові і кінетики гемолізу еритроцитів. Водночас відзначається певна своєрідність у реакції кровотворної і серцево-судинної систем тварини на нейтронне опромінення. Ця своєрідність проявляється у більш різкій і глибокій зміні складу периферичної крові, уповільненому перебігу відновних процесів, більш чіткому зниженні стійкості еритроцитів тощо.

Видимо ця обставина зумовлена відмінністю у величинах лінійних втрат енергії (ЛВЕ) під впливом різних видів випромінень.

Рекун і Шур'ян [25] виявили, що під впливом нейтронного опромінення відбувається істотне збільшення кількості метгемоглобіну в крові тварин, найбільш виражене на 16-у добу після опромінення. На

думку авторів, ця обставина може бути використана як один з діагностичних тестів нейтронного ураження організму.

Вивчаючи вплив рентгенівських променів і швидких нейтронів на пероксидазну активність крові, Шур'ян і Стародуб [34, 42] спостерігали в обох випадках значне зростання пероксидазної активності крові. При опроміненні швидкими нейтронами фазовий характер змін виражений більш чітко, ніж при опроміненні рентгенівськими променями. Авторами виявлені [42] значні зміни у цитохромоксидазній активності крові щурів, опромінених рентгенівськими променями і швидкими нейтронами.

Вплив рентгенівських променів і швидких нейтронів на деякі властивості гемоглобіну — поглинання в області полоси  $\text{Core}$  і 280  $\text{мкм}$ , пероксидазні властивості і утворення метгемоглобіну вивчали Стародуб і Шур'ян [34].

Чеботарьов, Рябова, Яценко і Чепур [40] відзначили, що зміна електрофоретичної рухомості гемоглобіну може служити прогностичним тестом оцінки ступеня променевого ураження при опроміненні швидкими нейтронами.

Методом люмінесцентної мікроскопії клітин периферичної крові і кісткового мозку тварин, опромінених рентгенівським промінням і швидкими нейтронами Долгорукова [10] виявила виникнення мікронекротичних осередків. Відмінність у біологічній дії цих видів випромінювання проявлялась лише у строках виникнення мікронекрозів у клітинах.

Рудаков [26] досліджував вплив нейтронного опромінення на деякі фізико-хімічні властивості крові — активність іонів калію, окислювально-відновний потенціал крові, залежність швидкості ураження еритроцитарних мембран від дози опромінення.

Ряд праць був присвячений дії нейтронного опромінення на різні системи організму. Сюди слід віднести працю Сиваченко, яка вивчала вплив нейтронного опромінення на функціональний стан щитовидної залози і кори надниркових залоз [32]; працю Сиваченко і Естрина [33], присвячену морфологічним змінам, спостережуваним в органах білих щурів при опроміненні швидкими нейтронами. Автори дослідили: головний мозок, кістковий мозок, лімфатичні вузли, шлунково-кишковий тракт, печінку, гіпофіз, щитовидну залозу і надниркові залози тощо. Функціональні та морфологічні зміни щитовидної залози і гіпофіза після опромінення швидкими нейтронами вивчав також Антипов [1].

Як було встановлено Рудаковим, за здатністю до сорбції тканини різних органів тварин, опромінених швидкими нейтронами, істотно відрізняються [26]. Максимальну сорбційну активність проявляють тканини селезінки, кишечника і легень. Швидкі нейтрони, як показали Колесникова і Рекуна [19], викликають більш глибокі зміни окислювального фосфорилування, ніж рентгенівські промені.

До праць по вивченню особливостей біологічної дії швидких нейтронів у порівняльному аспекті близькі дослідження Рекуна [23], присвячені вивченню первинних процесів радіаційного ураження, та Рекуна і Коток [24].

Другим напрямком досліджень відділу радіобіології була розробка методів захисту і лікування променевих уражень, викликаних швидкими нейтронами. Ці праці мають велике практичне значення, беручи до уваги все більш широке поширення ядерних реакторів та інших джерел швидких нейтронів.

Це завдання, проте, ускладнюється тим, що внаслідок деяких особливостей біологічного впливу швидких нейтронів, визначеного на-

самперед розподілом тканини і щільністю спричиняють певний променями, виявляють опроміненні швидкими [29], вивчаючи антип кислот, встановили, і міненні рентгенівські міненні тварин швид

Значну складніс інших препаратів, о потребують значної сліджень спрямованих дів оцінки протипро і Рекуна показано, можна судити за с у сечі [29, 39]. Індик продуктів кислотного характером люмінес новим оранжевим.

Як було встановлено профілактичне введення опроміненні швидкими зміни морфологічного більш легкий перебіг контрольних. Менш тилового спирту. Дл був досліджений те лового спирту, вітам но підвищити вижи променевої хвороби

Рябова і Глісєв ний вплив у момен талізатор нуклеїног змін, що настають

Чеботарьов, Ря ролізаторів ДНК на ненням швидкими нам до опроміненн нейтронного опромі опромінення швидк більш ранньому поч

Були проведен високополімерної г діорезистентних тк що ДНК як радіоч певний захисний в виживання. ДНК, і кровотворення, ніж

Праці Дружин для з'ясування ме впливу опроміненн ю в тканинах.

Нарешті, треті вчення ранніх та і

самперед розподілом іонізованих і збуджених молекул за глибиною тканини і щільністю іонізації, значна кількість захисних засобів, що спричиняють певний ефект при опроміненні рентгенівськими і гамма-променями, виявляються неефективними або малоефективними при опроміненні швидкими нейтронами. Так, наприклад, Рябова і Дружина [29], вивчаючи антипроменеву дію деяких похідних монотіокарбонових кислот, встановили, що їм властивий високий захисний ефект при опроміненні рентгенівськими променями, але вони неефективні при опроміненні тварин швидкими нейтронами.

Значну складність становить оцінка протипроменевої дії тих або інших препаратів, оскільки експерименти, здійснювані на тваринах, потребують значної затрати праці і часу. Тому зрозуміло, що ряд досліджень спрямований на пошуки досить ефективних і швидких методів оцінки протипроменевих засобів. У статтях Чеботарьова, Рябової і Рекуна показано, що про захисну дію тих або інших препаратів можна судити за ступенем активації ферменту дезоксирибонуклеази у сечі [29, 39]. Індик [12] досліджував захисні і лікувальні властивості продуктів кислотного гідролізу ДНК і судив про їх ефективність за характером люмінесценції дріжджових клітин, забарвлених акридиновим оранжевим.

Як було встановлено Чеботарьовим, Рябовою і Рекуном [30, 39], профілактичне введення батилового спирту сприятливо впливало при опроміненні швидкими нейтронами. Про це свідчили менш виражені зміни морфологічного складу крові, більш низька активність ДНК-ази, більш легкий перебіг променевої хвороби у піддослідних тварин щодо контрольних. Менш ефективним виявилось лікувальне застосування батилового спирту. Для посилення лікувального ефекту батилового спирту був досліджений терапевтичний комплекс, який складається з батилового спирту, вітаміну  $B_{12}$  і біциліну-3. Цей комплекс дозволив значно підвищити виживання тварин щодо контролю, полегшити перебіг променевої хвороби, прискорити процеси регенерації.

Рябова і Глінська [28] встановили, що вітамін  $B_6$  спричиняє захисний вплив у момент опромінення. Припускають, що вітамін  $B_6$  як каталізатор нуклеїнового обміну сприяє більш швидкому відновленню змін, що настають у білкових молекулах у момент опромінення.

Чеботарьов, Рябова, Індик і Чепур [12, 31, 40] вивчали вплив гідролізатів ДНК на перебіг променевих уражень, викликаних опроміненням швидкими нейтронами. Введення гідролізатів ДНК тваринам до опромінення підвищувало стійкість організму до наступного нейтронного опромінення. Лікувальне введення гідролізатів ДНК після опромінення швидкими нейтронами дещо підвищує виживання і сприяє більш ранньому початку регенераторних процесів у кровотвірній системі.

Були проведені дослідження по вивченню захисних властивостей високополімерної гетерологічної ДНК, виділеної з радіочутливих і радіорезистентних тканин білих щурів. У результаті було встановлено, що ДНК як радіочутливих, так і радіорезистентних органів спричиняє певний захисний вплив, який проявляється насамперед у підвищенні виживання. ДНК, виділена з печінки, виявилась кращим стимулятором кровотворення, ніж ДНК з слизової оболонки тонкого кишечника.

Праці Дружини [11] присвячені питанню, що має велике значення для з'ясування механізму дії антипроменевих препаратів, а саме — впливу опромінення швидкими нейтронами на зміну напруження кисню в тканинах.

Нарешті, третім напрямком досліджень відділу радіобіології є вивчення ранніх та віддалених наслідків загального одноразового опро-

мінення тварин швидкими нейтронами, зокрема — бластомогенної дії швидких нейтронів. Хоч сам ефект високої бластомогенної дії швидких нейтронів досить добре відомий, проте питання про переважну локалізацію пухлин та про механізм їх утворення досі ще залишається нез'ясованим.

Герасимова [6], а також Герасимова і Геніс [5] вивчали морфологічні зміни в органах щурів у різні строки після одноразового опромінення швидкими нейтронами в дозах 25—400 рад. Уже в ранні строки автори спостерігали значні деструктивні і дистрофічні зміни в органах і тканинах. Повного відновлення структури органів не було навіть у віддалені після опромінення строки.

Герасимова і Чеботарьов [6, 37] вивчали частоту виникнення пухлин у тварин, опромінених швидкими нейтронами в дозах 25—400 рад. З 255 щурів, які вижили, у 94 (37%) у період від 6 до 25 місяців розвинулись пухлини різної локалізації. З них у 48 щурів виявлені пухлини молочних залоз; більшість із них була доброякісного характеру (31 пухлина), а 17 — злоякісного.

Тепер основні зусилля співробітників відділу радіобіології спрямовані на вивчення механізмів дії радіозахисних засобів, зокрема високополімерних сполук, на дальше вивчення механізму біологічної дії і віддалених наслідків опромінення тварин швидкими нейтронами.

У зв'язку зі значною роллю, яку відіграє у процесі радіаційного ураження питома щільність іонізації, зусилля співробітників відділу радіаційної біофізики будуть спрямовані на вивчення лінійних втрат енергії вторинними зарядженими частинками у біологічній тканині. Досліджують також можливість визначення поглинутих доз випромінювання за спостережувані біологічним ефектом.

#### Література

1. Антипов І. В.— Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 3; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968.
2. Брегадзе Ю. И., Исаев Б. М., Квасов В. А.— Атомная энергия, 1960, 9, 2.
3. Брегадзе Ю. И., Исаев Б. М., Квасов В. А., Левин Б. А., Черпилин Ю. Ф.— Атомная энергия, 1962, 12, 6.
4. Вахер Ю. И., Жюга Н. А.— В сб.: Вопросы действия малых доз ионизирующей радиации на физиол. функции. М., Изд-во АН СССР, 1961.
5. Геніс Е. Д., Герасимова Т. Б.— В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968.
6. Герасимова Т. Б.— Тез. докл. Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1965; Тез. докл. Укр. респ. конфер. по механизмам биол. действия ионизир. радиации. Львов, 1965; Тез. докл. XVIII Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1968; Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 3.
7. Голикова А. К., Тацій Ю. А.— Тез. докл. XVI Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966. В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968, 1.
8. Городецкий А. А., Киричинский Б. Р., Чеботарев Е. Е.— Тез. докл. IV съезда рентгенол. и радиол. УССР, К., 1963; в сб.: Биол. действие нейтронного излучения, К., 1965; Тез. докл. Укр. респ. конфер. по механизмам биол. действия ионизир. излучений. Львов, 1965; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968, 1.
9. Городецкий А. А., Киричинский Б. Р., Шурьян И. М.— В сб.: Вопросы биофиз., биохим. и патол. эритроцитов, М., изд-во «Наука», 1967.
10. Долгорукова Н. И.— Тез. докл. XVI Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; Тез. докл. XVII Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1967; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968; Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 3.
11. Дружина Н. А.— Тезисы докл. XVI Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 3; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов, К., 1968, 1.
12. Индык В. М.— Тезисы докл. XVIII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1968; Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 3.
13. Карнаух И. М.— Тезисы докл. XVIII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1968.

14. Киричинский Б. Р., 1964, 2.
15. Киричинский Б. Р. В сб.: Биол. действие ш.
16. Киричинский Б. Р. республ. конфер. НТОР
17. Киричинский Б. Р. НТОРиЭ им. А. С. Поп
18. Kiritschinsky B., Ciesellschaft in der DD
19. Колесникова И. Т. фер. НТОРиЭ им. А. С.
20. Пасечник В. М.— 1964; в сб.: Биол. де
21. Пасечник М. В., 1 ки, 1962, 7, 1.
22. Пасечник В. М., конфер. НТОРиЭ им. тронов, К., 1968, 1.
23. Рекун Г. М.— В сб
24. Рекун Г. М., Кото им. А. С. Попова, К.,
25. Рекун Г. М., Шурья им. А. С. Попова, К.,
26. Рудаков Н. П.— В докл. Укр. респ. конф
27. Рябова Э. З.— Тез. ионизир. излучений,
28. Рябова Э. З., Гл К., 1968, 1.
29. Рябова Э. З., Ре конфер. НТОРиЭ им.
30. Рябова Э. З., Ре биология, К., 1968.
31. Рябова Э. З., Че К., 1968, 1.
32. Сиваченко Т. П.
33. Сиваченко Т. П., чения, К., 1965.
34. Стародуб Н. Ф., НТОРиЭ им. А. С. НТОРиЭ им. А. С. П
35. Тацій Ю. А.— В Тез. докл. XVI Укр. Биол. действие быстр
36. Храпачевский И и физиол. АН УССР 1968, 1.
37. Чеботарев Е. Е. генологов и радиол.
38. Чеботарев Е. Е. действие нейтронного
39. Чеботарьов Е. Тез. докл. сессии об К., 1966.
40. Чеботарев Е. Е. XVI республ. конфер
41. Чеботарев Е. Е. докл. XVII Укр. респ
42. Шурьян И. М.— докл. XVIII Укр. р
43. Шурьян И. М., нейтронного излуче

14. Киричинский Б. Р.—В кн.: Радиационная физика, Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1964, 2.
15. Киричинский Б. Р., Левчук Ю. Н., Пасечник В. М., Таций Ю. А.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965.
16. Киричинский Б. Р., Пасечник В. М., Таций Ю. А.—Тезисы докл. Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1965.
17. Киричинский Б. Р., Таций Ю. А.—Тезисы докл. республ. Укр. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1962.
18. Kiritschinsky B., Tschebotarev E.—Herbsttagung 1963 Biophysikalische Gesellschaft in der DDR. Berlin, 1963.
19. Колесникова И. Н., Рекун Г. М.—Тезисы докл. XVII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1967.
20. Пасечник В. М.—В кн.: Радиационная физика, Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1964; в сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965; Распределение поглощенной энергии нейтронов в тканезквивалентной среде. Автореф. кандид. дисс. Минск, 1965; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
21. Пасечник М. В., Барчук І. Ф., Климентов В. Б.—Укр. фізичні записки, 1962, 7, 1.
22. Пасечник В. М., Храпачевский В. Н.—Тезисы докл. XVI Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
23. Рекун Г. М.—В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
24. Рекун Г. М., Коток В. С.—Тезисы докл. XVIII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1968.
25. Рекун Г. М., Шурьян И. М.—Тезисы докл. XVI Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
26. Рудаков Н. П.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965; Тез. докл. Укр. респ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1965; Тез. докл. XVI Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; Тез. докл. XVII Укр. республ. конф. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1967; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
27. Рябова Э. З.—Тез. докл. Укр. республ. конфер. по механизмам биол. действия ионизир. излучений. Львов, 1965; Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, 8, 6.
28. Рябова Э. З., Глинская А. С.—В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
29. Рябова Э. З., Рекун Г. М., Чеботарев Е. Е.—Тез. докл. Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1965.
30. Рябова Э. З., Рекун Г. М., Чеботарев Е. Е.—В сб.: Биофизика и радиобиология. К., 1968.
31. Рябова Э. З., Чеботарев Е. Е.—В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
32. Сиваченко Т. П.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965.
33. Сиваченко Т. П., Эстрин И. М.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965.
34. Стародуб Н. Ф., Шурьян И. М. Тезисы докл. XVI Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; Тез. докл. XVII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1967.
35. Таций Ю. А.—В кн.: Радиационная физика, Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1964; Тез. докл. XVI Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
36. Храпачевский В. Н.—Тез. докл. сессии общ. собр. отделения биохим., биофиз. и физиол. АН УССР, К., 1966; в сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1.
37. Чеботарев Е. Е., Герасимов Т. Б.—Труды VIII Всесоюз. съезда рентгенологов и радиологов. М., изд-во «Медицина», 1966.
38. Чеботарев Е. Е., Киричинский Б. Р., Шурьян И. М.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965.
39. Чеботарев Е. Ю., Рябова Э. З.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, 14, 2; Тез. докл. сессии общ. собр. отдел. биохимии, биофизики и физиологии АН УССР. К., 1966.
40. Чеботарев Е. Е., Рябова Э. З., Индык В. М., Чепур В. И.—Тез. докл. XVI республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1966.
41. Чеботарев Е. Е., Рябова Э. З., Яценко А. М., Чепур В. И.—Тез. докл. XVII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1967.
42. Шурьян И. М.—В сб.: Биол. действие быстрых нейтронов. К., 1968, 1; Тез. докл. XVIII Укр. республ. конфер. НТОРиЭ им. А. С. Попова, К., 1968.
43. Шурьян И. М., Рябова Э. З., Рудаков Н. П.—В сб.: Биол. действие нейтронного излучения. К., 1965.