

15. Седлецкий Ю. И. Современные методы лечения ожирения: Рук. для врачей. — СПб.: ЭЛБИ СПб, 2007. — 416 с.

16. Каминский А., Коваленко А. Ожирение: энергетические механизмы регуляции массы тела // Ліки України. — 2005. — № 2. — С. 41-45.

17. The relation of over weight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study / D. S. Freedman, W. H. Dietz, S. R. Srinivasan, G. S. Barenson // Pediatrics. — 1999. — Vol. 327. — P. 1175-1182.

18. Parsons T. J., Power C., Manor O. Fetal and early life growth and body mass index from birth to early adulthood in 1958

British cohort: Longitudinal study // BMJ. — 2001. — N 323 (12). — P. 1331-1335.

19. Bandini L. G., Schoeller D. A., Dietz W. H. Energy expenditure in obese and non-obese adolescents // Pediatr. Res. — 1990. — Vol. 27. — P. 198-203.

20. Strauss R. S., Knight J. Influence of the Home Environment on the Development of Obesity in Children // Pediatrics. — 1999. — Vol. 103 (6). — P. 85-89.

21. Agras W. Stewart, Mascola, Anthony J. Risk factors for childhood overweight // Current Opinion in Pediatrics. — 2005. — Vol. 17 (5). — P. 648-652.

**УДК 612.014.482**

**В. О. Ульянов, канд. мед. наук, доц.**

## **ПРОБЛЕМИ РАДІОБІОЛОГІЇ З ПОЗИЦІЙ МАТЕРІАЛІСТИЧНОЇ ДІАЛЕКТИКИ І СИНЕРГЕТИКИ**

*Одеський державний медичний університет, Одеса, Україна*

**УДК 612.014.482**

**В. А. Ульянов**

## **ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ С ПОЗИЦИЙ МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЙ ДИАЛЕКТИКИ И СИНЕРГЕТИКИ**

*Одесский государственный медицинский университет, Одесса, Украина*

Подход к решению проблем радиобиологии с позиции законов материалистической диалектики не всегда дает положительный результат. Диалектика, по ее определению, развивающаяся динамическая система, и в соответствии с законом перехода количественных изменений в качественные, мера, в пределах которой материалистическая диалектика отвечает нашим современным представлениям о ней, до известной степени исчерпала себя, и по закону отрицания наступает новый виток спирали. Возможно, синергетика есть результатом этого витка. На данном же этапе развития философии самым рациональным было бы не сопоставление материалистической диалектики и синергетики, а одновременное их применение для решения проблем современной науки.

**Ключевые слова:** радиобиология, синергетика, материалистическая диалектика.

**UDC 612.014.482**

**V. O. Ulyanov**

## **PROBLEMS OF RADIOBIOLOGY FROM POSITIONS OF MATERIALISTIC DIALECTICS AND SYNERGETICS**

*The Odesa State Medical University, Odesa, Ukraine*

It was established that the radiobiology problems solution from a position of laws of materialistic dialectics not always gives a positive result. The dialectics is a dynamic, developing system and according to the law of transition of quantitative changes into qualitative ones, is a measure within the limits of which materialistic dialectics corresponds to our modern representations about it, has exhausted itself, and under the law of denial of the denial a new coil of a spiral comes. Probably, the synergetics is a result of this coil. At this stage of the philosophy development the most rational would not be the opposition of materialistic dialectics and synergetics, but their simultaneous application for the modern science problems solving.

**Key words:** radiobiology, synergetics, materialistic dialectics.

Дія на організм людини іонізуючого випромінювання стає однією з визначальних у формуванні генофонду та здоров'я населення [1; 2]. Проте, незважаючи на десятиліття вивчення наслідків впливу іонізуючого випромінювання, залишаються невирішеними безліч проблем. Нерідко існують полярні, взаємовиключні погляди, підтверджені експериментальними даними, на одні й ті ж ефекти дії малих доз радіації. Зокрема, зараз актуальними є такі питання: про позитивний або негативний вплив радіації в малих дозах; у яких межах дози є малими; чи існує мінімальне значення поглинутої дози, нижче якого радіація не чинить свого згубного впливу на організм.

Мабуть, розв'язання спірних питань лежить у площині підходів до них із найбільш загальних законів всесвіту, тому певний інтерес викликає оцінка спірних невирішених проблем радіобіології з позицій філософії. Очевидна необхідність глибоких, детальних досліджень процесів взаємодії людина — навколишнє середовище, іонізуюче випромінювання в малих дозах — організм людини. Крім того, враховуючи ушкоджуючу дію радіації на молекули ДНК, необхідне вивчення віддалених наслідків впливу іонізуючого випромінювання на організм людини та її нащадків. Щоб виключити або максимально зменшити можливість появи суперечностей, необхідно завжди па-

м'ятати про існування загальних законів розвитку природи та застосовувати їх у дослідницькій діяльності: будь то вивчення загальних закономірностей перебігу досліджуваного процесу або деталізація окремих, недостатньо вивчених, його сторін.

### **Особливості прояву законів матеріалістичної діалектики в радіобіології**

Запорукою успішного дослідження різних за своєю природою явищ, пошуку вченого є діалектичне урахування всіх взаємозв'язків (тимчасових і просторових, внутрішніх і зовнішніх, прямих і непрямих, безпосередніх і опосередкованих, істотних і неістотних тощо), всіх тих факторів, які впливають на розвиток того або іншого явища. Підхід до вивчення конкретних медичних явищ із позицій матеріалістичної діалектики дозволяє всебічно оцінити стан проблеми на даний момент, вибрати найоптимальніші та найрезультативніші методи дослідження, уникнути поспішних, недостатньо обґрунтованих висновків. Ці процеси розкриваються в трьох законах діалектики: переходу кількісних змін у якісні, єдності та боротьби протилежностей, заперечення заперечення. Враховуючи ті проблеми, які виникли в радіобіології, радіаційній медицині в даний час, і ті можливості, які дає дослідникові використання принципу загального зв'язку та розвитку, необхідним є розгляд із позиції законів матеріалістичної діалектики суперечностей, які виникли з метою виявлення можливих шляхів їх розв'язання.

Природно, закон переходу кількісних змін у якісні знаходить застосування в радіобіології та радіаційній медицині як у розробці окремих проблем цих галузей науки, так і у формуванні шляхів їх подальшого розвитку, напрямків експериментального та теоретичного пошуку, у народженні нових ідей і гіпотез, створенні концепцій, теорій.

Застосувати закон переходу кількісних змін у якісні можна в зоні дії малих доз радіації та ефектів, що спричинюються ними. З позиції цього закону діалектики стохастичний характер наслідків низьких доз опромінювання пояснюється тим, що кількісні зміни (ушкодження організму внаслідок дії іонізуючої радіації) недостатні для стрибка від однієї якості до іншої. Природно, організм відповідає на дію ушкоджуючого агента, але зміни функціонування клітин, тканин, органів і систем органів не виходять за межі інтервалу (міри), де кількісні зміни не ведуть за собою якісні. При тривалій дії малих доз кількість індукованих ними метаболічних, генетичних порушень може досягти критичної маси, з якою захисні сили не здатні будуть впоратись, і відбудеться перехід від однієї якості — здорового, хоча і функціонуючого з навантаженням на компенсаторно-приспосувальні механізми організму, — до іншої — хвороби.

Період часу, коли кількісні зміни не спричинюватимуть якісних, тобто таких, які виходять за межі інтервалу міри даного стану, може тривати

десятиліття [3]. Виникають питання: який є механізм переходу від однієї якості до іншої в даному разі; яким чином, ніяк не проявляючи себе тривалий час, радіація може спричинити такі кардинальні зміни в стані здоров'я? З огляду на трактування даного закону матеріалістичною діалектикою, не існує простого кількісного зростання. Процес розвитку — це процес зміни якісних станів як у межах міри явища, так і поза цими межами, коли уривається поступовість у розвитку і відбувається стрибок від однієї якості до іншої. Причому внаслідок складності будови матерії конкретні форми стрибка і темпи його перебігу можуть бути надзвичайно різноманітними.

Насправді так і відбувається. Радіаційна дія призводить до ушкодження молекул ДНК, наприклад, спричинюючи одониткові та двониткові розриви, внаслідок чого одні клітини гинуть, у других відбувається репарація розривів ниток ДНК, у третіх функцію ушкоджених генів беруть на себе їх копії [4]. З часом кількість ушкоджень, що нагромадилися, призводить до неможливості функціонування клітини в колишньому режимі й вона переходить на інший — якісно новий рівень, що для організму означає хворобу.

На перший погляд, усі процеси кількісно-якісних переходів, які мають відношення до радіобіології малих доз іонізуючої радіації, можна пояснити з позиції відповідного закону матеріалістичної діалектики, враховуючи загальний взаємозв'язок явищ у природі. Проте останнім часом ведуться суперечки про характер біологічної дії іонізуючої радіації низького рівня. Існують три точки зору на цю проблему. Одні вчені доводять відсутність негативного впливу радіації нижче певного рівня [5; 6], інші вказують на позитивну дію, так званий ефект гормезису [7; 8]. Треті дотримуються концепції безпороговості дії опромінювання, згідно з якою радіація, навіть у найменшальніших дозах, чинить згубний вплив. Офіційна точка зору міжнародних регламентуючих організацій полягає у визнанні лінійної безпорогової гіпотези дії іонізуючої радіації як основи для нормування радіаційного фактора [9]. Роботи багатьох учених виявляють негативну дію радіації в малих дозах на різні органи ссавців у різних вікових групах.

Уявлення про ці процеси ґрунтується на даних, отриманих при експериментальних дослідженнях. Якщо припустити, що дослідження проводилися методологічно вірно і були зроблені зважені висновки, складається ситуація, пояснити яку з позицій матеріалістичної діалектики дуже важко. Так, опромінювання експериментальних тварин однієї лінії в однакових дозах призводить до різних, прямо протилежних, наслідків, хоча в основі біологічної дії в усіх випадках лежать принципово однакові механізми. Яким чином однорідні кількісно-якісні зміни в межах міри одного і того ж явища при переході до нової якості дають явища нового рівня, що розрізняються за знаком: гормезис або канцерогенез?

Деякі автори звертають увагу на те, що гормезис не слід ототожнювати з корисністю або нешкідливістю [10], але навіть при такому пом'якшенні позиції мова йде про різні за своєю суттю процеси. Гормезис спрямований на продовження життя опроміненої особи, а злаякісні новоутворення стоять на другому місці серед причин смерті після кардіологічних захворювань.

Отже, розглянуто один із законів матеріалістичної діалектики — закон переходу кількісних змін у якісні. Виявлено, що питання, які ставить перед собою сучасна наука, не завжди легко пояснити з позицій розглянутого закону. Для всебічного розгляду проблем через призму матеріалістичної діалектики в усій різноманітності її можливостей необхідно розібрати можливості застосування, точки прикладення інших законів матеріалістичної діалектики в радіобіології та медицині.

Стосовно радіобіології це виглядає так. Для того щоб організм адаптувався до середовища з підвищеним рівнем радіації (зовнішня суперечність), він повинен виробити в собі нові якості (інтенсивніше захоплення і нейтралізація вільних радикалів, здатність відновлювати ушкоджену ДНК, активація супресованих генів). Нові властивості вступають у суперечності з його початковими якостями, що визначають гомеостаз у всьому організмі. Відбувається перебудова організму на новому рівні функціонування. Таким чином, зовнішнє завжди діє тільки через внутрішнє. У даному разі вступають у боротьбу такі протилежності, як мінливість і спадковість — вирішення цих суперечностей виражається у формі динамічної узгодженості обох тенденцій, що веде до оптимальної адаптації даного організму до умов навколишнього середовища, що змінилися.

Взагалі всі види суперечностей здійснюються і вирішуються, знімаються і створюються, оживають у новій формі — у цьому і полягає їх рух. Рух суперечностей є способом зміни якісного стану системи, яка їх містить. Це підтверджує, що самі по собі суперечності без їх розв'язання не призводять до розвитку, вони є його необхідною умовою і стають дієвим джерелом розвитку тільки разом із їх вирішенням. Необхідно наголосити, що існують різні форми вирішення суперечностей, які залежать від їх характеру, умов їх дії, рівня організації протидіючих сторін. Воно може бути повним або частковим, разовим або поетапним. Іноді в результаті вирішення суперечностей одна сторона гине, а інша отримує перевагу. Деколи можливий компроміс сторін, їх адаптація одна до одної, а з часом — відродження суперечностей. Наприклад, у результаті дії високих доз радіації виникає променева хвороба, що по суті все той же процес боротьби організму за збереження констант і досягнення пристосовно-рівноважного стану із зовнішнім середовищем. У результаті відбувається зміна параметрів роботи окремих органів і систем, з'являються якісно нові, не властиві нормальному функціонуванню організму процеси, які є засобом боротьби орга-

нізму за досягнення оптимального режиму роботи в даних, змінених, умовах [11].

Мутація, що виникла під дією радіації, може дати початок злаякісному новоутворенню або призвести до розвитку аномалій у нащадків опромінених клітин [3]. Таким чином, у даному разі одужання і є компромісом, адаптацією до умов, що склалися, і велика ймовірність відродження розв'язаної суперечності, хоча вже в дещо іншій формі.

У будь-якому разі вирішення одних суперечностей призводить до виникнення інших — цей процес нескінченний. У результаті їх розв'язання заперечуються одні положення і стають актуальними інші. При цьому дуже важливо перенести позитивні риси старого в боротьбу нових протилежностей, що і є суттю закону матеріалістичної діалектики — закону заперечення заперечення.

### **Можливості синергетики в радіобіології та медицині**

Враховуючи наявність у медицині систем, яким притаманна самоорганізація [12; 13], а також існування проблем, розв'язання яких утруднене з позицій матеріалістичної діалектики, доцільно спробувати вирішити ці проблеми з позицій синергетики.

Як вказувалося раніше, однією з найактуальніших проблем радіобіології та медицини є проблема наслідків дії на організм малих доз радіації. Розв'язання цієї проблеми з позицій законів матеріалістичної діалектики викликає труднощі, тому доречно розглянути можливості застосування методів синергетики у вирішенні цих проблем. Останнім часом у літературі з'явилися роботи, які розглядають ефекти, спричинені дією іонізуючого випромінювання на біооб'єкти, де використовуються поняття про нерівноважні фазові переходи, нелінійність, біфуркації, принцип підпорядкування [14; 15]. На особливу увагу заслуговують дослідження, в яких указується, що особливості дії випромінювання низької інтенсивності на біооб'єкти окремо і популяції в цілому — зміна структури популяції, чутливості до дії зовнішніх стимулів, сили зв'язків між характеристиками регуляторних систем — дозволяють вважати випромінювання низької інтенсивності фактором, здатним спричинювати непередбачуваний перехід квазістаціонарних систем у новий стаціонарний стан [16].

Розглянемо більш детально дані положення. У результаті численних досліджень доведено, що залежність ефекту від дози випромінювання носить немонотонний, полімодальний характер, у певних інтервалах доз випромінювання низької інтенсивності ефективніше, ніж гостре (з позицій матеріалістичної діалектики прийнято вважати, що відповідь системи на дію виражена тим яскравіше, чим сильніша дія, наприклад закон Вебера — Фехнера у фізіології.) Автори пояснюють це тим, що системи репарації при випромінюванні в режимі малих доз та інтенсивностей або взагалі не

індукуються, або працюють з істотно меншою інтенсивністю і включаються пізніше, коли в опроміненому об'єкті вже з'явилися радіаційні ушкодження [16].

И. И. Пелевина і співавтори також вважають, що хронічне випромінювання в малих дозах при низькій інтенсивності не індукує адаптивну відповідь [17]. Разом із тим, існують роботи, у яких доводиться, що нижче певної дози випромінювання радіаційно-індуковані ушкодження репаруються захисними системами організму, тому в мінімальних дозах іонізуюче випромінювання нешкідливе. Обидві точки зору стосуються можливих наслідків опромінення організму малими дозами радіації. Виникає на перший погляд нерозв'язувана суперечність: однакові дози радіації в однакових умовах спричинюють діаметрально протилежні ефекти. З позиції синергетики ситуація не виглядає так безнадійно, якщо припустити, що в даному разі спостерігаються біфуркації Тьюінга. У будь-якому разі дія на клітину іонізуючого випромінювання призведе до зміни постійності її внутрішнього середовища, при цьому захисні системи знаходитимуться в стані флуктуацій між певними показниками функціональної активності в діапазоні за відсутності активності до роботи на повну потужність. Мабуть, це залежить від початкового стану кожної окремо взятої клітини, її мікрооточення, спеціалізації, специфічної функціональної активності у момент дії тощо. У цьому разі може бути застосовано поняття «момент сходження систем».

Існують індуковані радіацією процеси біфуркації, які можуть бути перехідною стадією на шляху системи в нову зону стійкості. Наприклад, генетичні ушкодження, ініційовані малими дозами генетично небезпечних агентів, зокрема іонізуючою радіацією, не є наслідком прямої дії цих агентів на ДНК. Вони — наслідок програмованої автогенерації структурних порушень генетичного апарату спеціалізованої субпопуляції «клітин еволюційного резерву». Така програмована ініціація генетичних ушкоджень є еволюційно закріпленим способом збільшення мінливості, на фоні досить високої надійності геному [18]. Таким чином, в основі процесів, що забезпечують природний добір, лежать нелінійність і нестійкість.

Яскраво ілюструє можливість застосування синергетики в радіобіології та медицині спроба вивчити вплив низькоінтенсивного випромінювання на біоту на рівні популяції. Головними ефектами, які виявляються в найрізноманітніших системах, є збільшення дисперсії за різноманітними ознаками, зокрема адаптаційною [16]. Наприклад, у популяції опромінених людей збільшена кількість тих, клітини крові яких не дають адаптивної відповіді на подальше опромінювання [19]. Зміна структури популяції внаслідок опромінювання веде до непередбачуваної відповіді популяції на ті або інші події. Так, зовні нормальна популяція нащадків опромінених дрозофіл в одній із генерацій проявляла так званий зрив по-

пуляції та гинула згідно з законом, відмінним від закономірностей загибелі решти генерацій [20]. П'ятнадцять генерацій клітин, попередники яких були опромінені в малих дозах, «пам'ятають» про опромінювання та відповідають на зовнішні стимули інакше, ніж контрольні [17]. Незвичайна трансформація клітинних популяцій після слабких радіаційних впливів виявлена на одноклітинних організмах із різною організацією геному і філогенетично віддалених один від одного [21]. Отже, опромінювання низької інтенсивності змінює структуру й ієрархію в популяції, її відповідь на зовнішні стимули різної природи, її взаємини з іншими популяціями, підвищує її чутливість до дії агресивних факторів, різко знижує адаптаційну здатність. Усе це може мати велике значення для стійкості та нормального розвитку біосфери в цілому.

Біосфера є грандіозною багатовимірною нелінійною системою. З позиції екології важливо встановити закономірності впливу на біосферу зовнішніх збурюючих факторів, вивчити, наскільки біосфера стабільна, як швидко і в якій мірі ефективна система її адаптації до цих дій, що дозволяє біосфері повернутися в початковий стан квазірівноваги [16].

У комп'ютерних модельних експериментах вивчалися ті квазірівноважні стани, якими міг би завершитися той або інший епізод великомасштабної дії на біосферу. Було встановлено, що коли інтенсивність дії перевершувала деякий поріг (наприклад, енергія дії порядку 2–3 тис. Мт тритилового еквівалента), біосфера ніколи не поверталася в початковий стан. Мінялися циркуляція атмосфери, структура океанічних течій, розподіл температури. У цих умовах біота якщо і збережеться, то збідненою і, найголовніше, може зберегтися без людини. Проте перехід у новий якісний стан може відбутися в результаті незначних, але постійно діючих збурень, які відіграють важливу роль у біфуркаційних переходах квазістаціонарних систем у новий стан, що виявляється і найбільш важливим, і найбільш небезпечним, оскільки перехід в іншу нову якість на початкових етапах непомітний і непередбачуваний [21]. Під час такого переходу зростає роль флуктуацій, від яких залежить, у який із безлічі можливих станів перейде система.

При дії факторів низької інтенсивності різної природи як на рівні організму, так і на популяційному не працюють адаптаційні системи, що призводить до порушення управління внутрішніми та зовнішніми регуляторами, міняється співвідношення в системі позитивних і негативних зворотних зв'язків, що призводить до порушення гомеостазу і процесу розвитку. Постійний вплив факторів низької інтенсивності або тривале збереження інформації про дію дозволяє їм проявитися саме при проходженні всією системою критичних точок біфуркації. Таким чином, біосфера може адаптуватися до найрізноманітніших зовнішніх і внутрішніх стимулів середньої сили, по-

ки вони не досягають порога, при якому адаптація неможлива. У той же час тривалий вплив факторів низької інтенсивності, який не індукує адаптаційних процесів, може активно впливати на стан біосфери через біфуркаційні процеси. «В який стан перейде система, залежатиме від величезної кількості слабких взаємозв'язаних змін, які ми зараз ще не вміємо інтегрувати» [16].

Таким чином, в основі філогенезу й онтогенезу людини, в основі еволюції всього живого на Землі лежать нелінійність, нестійкість, розвиток здійснюється проходженням точок біфуркації, причому величезне значення мають флуктуації, тому виправданим є вивчення процесів, що відбуваються в біосфері, з позицій синергетики. Проліострований вище підхід на рівні популяції виявив механізми надзвичайно небезпечних наслідків дії на біосферу факторів низької інтенсивності різної природи, які не були розпізнані з позиції лінійних наук.

Вище були розглянуті можливості застосування синергетики у розв'язанні проблем радіобіології та медицини, вивченні біосфери в цілому і її компонентів як систем, яким притаманна самоорганізація. Всі вищевикладені факти свідчать про те, що підхід до розв'язання проблем радіобіології та медицини з позиції законів матеріалістичної діалектики в деяких випадках не дає позитивних результатів. Діалектика, з її визначення, — динамічна система, що розвивається, отже, вона знаходиться на шляху свого вдосконалення. І якщо застосувати до неї її ж закони, то відповідно до закону переходу кількісних змін у якісні, міра, у межах якої матеріалістична діалектика відповідає нашим сучасним уявленням про неї, вичерпала себе, і за законом заперечення заперечення настає новий обергт спіралі. Можливо, синергетика може стати цим новим обергтом. На даному ж етапі розвитку науки найбільш раціональним було б не протиставлення діалектики і синергетики, а розв'язання проблем сучасної науки шляхом їх одночасного застосування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бариляк І. Р., Бердишев Г. Д., Бонь О. В. Генофонд народонаселення України: сучасний стан та нові підходи до проблеми захисту і збереження // Цитология и генетика. — 2001. — № 3. — С. 66-71.
2. Генофонд і здоров'я населення: методологія оцінки ризику від мутагенів довкілля, напрямки профілактики генетично обумовленої патології / А. М. Сердюк, О. І. Тимченко, Н. Г. Гойда та ін. — К.: ІГМЕ АМН України, 2003. — 191 с.
3. Мазурик В. К., Михайлов В. Ф. Радиационно-индуцированная нестабильность генома: фенотип, молекулярные механизмы, патогенетическое значение // Радиационная биология. — 2001. — Т. 41, № 3. — С. 272-289.
4. Гриневич Ю. А., Демина Е. А. Иммуногенетические эффекты плотной и редкоиницирующей излучений. — К.: Здоров'я, 2006. — 200 с.
5. Рождественский Л. М. Концепция биологического действия ионизирующей радиации низкого уровня (анализ проблемы в аспектах пороговости эффектов и радиочувствительности/радиореактивности биоструктур различного

уровня организации) // Радиационная биология. — 1999. — Т. 39, № 1. — С. 127-144.

6. Спитковский Д. М. О некоторых новых биофизических и биологических аспектах механизмов при воздействии малых и близких к ним доз ионизирующих излучений (низких ЛПЭ) на клетки эукариотов // Там же. — С. 145-155.

7. Кузин А. М. Возможные механизмы участия природного радиационного фона (ПРФ) в стимуляции деления клеток // Там же. — 1994. — Т. 34, № 3. — С. 398-401.

8. Кузин А. М. Проблема малых доз и идеи гормезиса в радиобиологии // Радиобиология. — 1991. — Т. 31, № 1. — С. 16-21.

9. Ярмоненко С. П. Проблемы радиобиологии в конце XX столетия // Радиационная биология. — 1997. — Т. 37, № 4. — С. 488-493.

10. Спитковский Д. М. Концепция действия малых доз ионизирующих излучений на клетки и ее возможные приложения к трактовке медико-биологических последствий // Радиобиология. — 1992. — Т. 32, № 3. — С. 382-400.

11. Барабой В. А. Биоантиоксиданты. — К.: Книга плюс, 2006. — 462 с.

12. Мачерет Е. Л., Коркушко А. О. Синергетика и ее перспективы в биологии и медицине // <http://www.spkurdyumov.narod.ru>

13. Теорія хаосу та злоякісні лімфоми (огляд літератури та власних досліджень) / В. Е. Орел, С. О. Сівкович, Л. О. Зотіков та ін. // Журнал АМН України. — 2006. — Т. 12, № 2. — С. 209-228.

14. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции. — М., 2007. — 272 с.

15. Еришова-Бабенко И. В. Философия, методология, синергетика и наука. — О.: ИМП ОГМУ, 1997. — 122 с.

16. Новые аспекты закономерностей действия низкоинтенсивного облучения в малых дозах / Е. Б. Бурлакова, А. Н. Голощапов, Г. П. Жижина и др. // Радиационная биология. — 1999. — Т. 39, № 1. — С. 26-34.

17. Пелевина И. И., Готлиб В. Я., Кудряшова О. В. Нестабильность генома после воздействия радиации в малых дозах (в 10-километровой зоне аварии на ЧАЭС и в лабораторных условиях) // Там же. — 1996. — Т. 36, № 4. — С. 546-560.

18. Спитковский Д. М., Зайцев С. В., Талызина Т. А. Моделирование особенностей инициации генетических повреждений малыми дозами ионизирующих излучений в клетках эукариот на основе концепции существования клеточного эволюционного резерва // Там же. — 1994. — Т. 34, № 6. — С. 739-747.

19. Пелевина И. И., Афанасьев Г. Г., Готлиб В. Я. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье человека. — М.: Центр экол. политики России, 1996. — С. 229-244.

20. Акифьев А. П., Обухова Л. К., Измайлов Д. М. К загадке тайны старения живого организма // Вестн. РАН. — 1992. — Т. 32, № 5. — С. 82-92.

21. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. — М.: Молодая гвардия, 1996. — 351 с.