



**КОЛТАЧИНА**

**Оксана Юрївна,**

канд. іст. наук., докторант ЦДПІН ім.

Г.М. Доброва НАН України,

(м. Київ)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ РЕЛІКТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРАЦЯХ Г. А. ГАМОВА (40-50-і рр. ХХ ст.)**

*Вперше проаналізовано оригінальні праці Г. А. Гамова з обчислення сучасної температури реліктового випромінювання, що вийшли друком протягом 40–50-х рр. ХХ ст. Опрацьовано та узагальнено попередні дослідження життя та наукової діяльності вченого. Показано внесок його робіт для подальшого розвитку космології.*

*Впервые проанализированы оригинальные работы Г. А. Гамова по вычислению современной температуры реликтового излучения, которые были опубликованы в 40–50-е гг. ХХ в. Обработаны и обобщены предыдущие исследования жизни и научной деятельности ученого. Показан вклад его работ для дальнейшего развития космологии.*

*The original Gamow's works on the calculation of contemporary temperature of the cosmic microwave background (relict) radiation that were published in the 40-50s XX century is analyzed for the first time. Previous researches of the life and work of a scientist are processed and summarized. It showed the contribution his work for the further development of cosmology.*



**Георгій Антонович Гамов**

Георгій Антонович Гамов (1904–1968) – фізик-теоретик, астрофізик, космолог і популяризатор науки, член-кореспондент АН СРСР (з 1932–1938, відновлено 1990), член НАН США (1953). Ще під час життя його постать зазнала неоднозначних і часом протилежних характеристик. У 1932 р.

Георгій Антонович став наймолодшим член-кореспондентом АН СРСР, він був одним із найвідоміших фізиків-теоретиків у світі. Після того, як вчений не повернувся із закордонного відрядження у 1933 р., його ім'я на довгий час зникло з радянської наукової літератури.

Майже півстоліття ім'я Г. А. Гамова було заборонено для згадування в науковій літературі СРСР. *«Перше дослідження його життя та творчості було пов'язано із значними труднощами та перешкодами, проводити його приходилося в значній мірі потай. І все це тільки із-за того, що Гамов був «невозвращенцем», – згадував перший біограф вченого Ю. І. Лісневський, – Я повинен був удатися до «самоцензури», оскільки 4 жовтня того ж року [1983 – прим. автора] відбулося те пам'ятне партбюро, на якому мені було, м'яко кажучи, «рекомендовано» припинити свою діяльність із збору матеріалів про Дж. Гамова, чому на жаль, я повинен був зрештою підкоритися» [1, с. 153, 222].*

В. Я. Френкель згадував, що у його статті в 1966 р. на колективній фотографії у видавництві постать Г. А. Гамова замінили чорним стовпом: *«До речі, з цією фотографією відбулася цікава трансформація... У 1966 р. вона була включена в книгу одного з авторів цієї статті. В той час у СРСР фігура Гамова була настільки одіозною, що у видавництві вирішили – за допомогою майстерного ретушера – замінити Гамова якимсь дивним чорним стовпом» [2, с. 87].* У таких умовах історико-наукові публікації про вченого були відсутні. Зустрічалися лише короткі згадки в довідниках та енциклопедіях, зокрема «Астрономи. Біографічний довідник» [3], «Велика радянська енциклопедія» [4], «Фізика: Біографічний довідник» [5] тощо.

Мета статті – вперше проаналізувати праці Г. А. Гамова з обчислення сучасної температури реліктового випромінювання, що були опубліковані протягом 40–50-х рр. ХХ ст., і показати їх значення для розвитку космології. Відповідно до мети дослідження поставлені наступні завдання:

– визначити, на основі опрацювання та узагальнення попередніх досліджень, рівень вивчення теми;

– здійснити історико-науковий аналіз оригінальних праць Г. А. Гамова з досліджуваної проблеми та розкрити їх роль для подальшого розвитку космології.

### **Стан вивчення проблеми**

Говорячи про Г. А. Гамова, зазначимо, що він народився в 1904 р. у м. Одеса. Протягом 1913–1920 рр. навчався в Одеському реальному училищі, 1920–1921 рр. – на фізико-математичному факультеті Новоросійського університету. З 1922 р. до жовтня 1933 р. працював у Ленінграді (не враховуючи закордонних відряджень і короткотривалої роботи в УФТІ), з жовтня 1933 р. до літа 1934 р. – у різних містах Європи, зокрема Парижі та Лондоні, з літа 1934 р. – у США. 20 серпня 1968 р. помер у м. Боулдер (США).

Першими ґрунтовними працями з висвітлення життя та наукової діяльності вченого були статті 1989 р. – «Георгій Антонович Гамов. Життя в Росії та СРСР» Ю. І. Лісневського [6] та «Повертається Г. А. Гамов» В. Я. Френкеля і А. Д. Черніна [2]. Автором першого дослідження було опрацьовано архіви Одеси, Ленінграду та Москви, вдалося налагодити зв'язок із сином вченого – Рустемом Ігорем Гамовим, зустрітися з однокласниками та родичами Георгія Антоновича. У статті, що складається з двох частин, докладно описано життєвий та науковий шлях вченого.

Автори статті «Повертається Г. А. Гамов» [2] відзначилися широким використанням матеріалів американських архівів, зокрема Центру з історії фізики, фондів Стенфордського та Каліфорнійського університетів, спогадів його американських учнів. В. Я. Френкель і А. Д. Чернін відмітили, що літератури про Георгія Антоновича було написано дуже мало не лише в Радянському Союзі, але й у США, де він працював останні 30 років свого життя. Цікавим є й той факт, що автобіографічна книга Г. А. Гамова, яка вийшла в 1970 р. у США, знаходилася довгий час у спецховищах СРСР. Уперше в дослідженні було використано матеріали інтерв'ю Георгія Антоновича від 25 квітня 1968 р. [7].

22 березня 1990 р. Загальними зборами Академії наук СРСР було прийнято Постанову «Про відновлення (посмертно) в членах Академії СРСР учених, необґрунтовано виключених з Академії наук СРСР», в якій зазначалося: «*Поновити (посмертно) в членах Академії наук СРСР ... Гамова Георгія Антоновича, скасувавши постанову Загальних зборів АН СРСР від 29 квітня 1938 р.*» [1, с. 154]. З того часу значно збільшилася кількість публікацій з вивчення життя та діяльності вченого. Зокрема, у тому ж 1990 р. виходять науково-популярна книга В. Я. Френкеля, А. Д. Черніна «Георгій Гамов – гігант трьох наук: Від альфа-розпаду до Великого вибуху» [8] (друге видання 2013 р. [9]) та препринт Г. Є. Гореліка «Передісторія ФІАНа та Г. А. Гамова» [10].

У 1993 р. у статті «Г. А. Гамов ... заступник директора ФІАНа» [11] автори, ґрунтуючись на архівних матеріалах РАН, реконструювали історію створення Фізичного інституту Академії наук СРСР і роль Г. А. Гамова в тих подіях.

У 1994 р. наукова спільнота відмічала 90-річчя від дня народження вченого, що також відзначилося низкою робіт. Друком вийшов переклад Г. А. Гамова «Моя світова лінія: Неформальна автобіографія» з доповненнями, зокрема короткою хронологією особистого та професійного життя, додатковими матеріалами Ю. І. Лісневського до біографії вченого, спогадами Д. Д. Іваненка [1]. У коментарях Ю. І. Лісневського висвітлено його переписку із сином Георгія Антоновича [1, с. 217–228]. Крім того, в роботі міститься список його публікацій, що складає 204 одиниці (нині з ним же можна ознайомитися в архіві РАН [12]). Нами встановлено, що в ньому відсутня робота: Gamow G. Half an hour of creation ... // Physics Today. – 1950. – V. 3, Is. 8. – Pp. 16–21, в якій Г. А. Гамов передбачив сучасну температуру реліктового випромінювання, що дорівнює 3 К. Крім того, посилання на статті вченого «Обертання Всесвіту?» [13] і «Розширення Всесвіту та походження елементів» [14] є невірними. Оскільки перша вийшла друком 19 жовтня, а 13 вересня (дата, що зазначена в списку публікацій Г. А. Гамова) була подана до редакції журналу Nature. Друга ж стаття була опублікована без співавторів (у

списку публікацій вона написана як спільна з Р. Альфером і Г. Бете). Повний список праць ученого ще потребує докладного опрацювання та внесення корективів.

Ювілей Георгія Антоновича був відзначений також низкою статей [15–19]. Вперше була представлена переписка Г. А. Гамова та П. Л. Капіци. У статті «Як Гамов вирахував температуру реліктового випромінювання, або трохи про мистецтво теоретичної фізики» проаналізовано лише одну роботу вченого 1953 р. з обчислення сучасної температури реліктового випромінювання. А. Д. Чернін відмітив її як «*на рідкість вдалий твір теоретичного мистецтва*» [19, с. 896].

Наступний поштовх до виходу низки публікацій про Георгія Антоновича відмічається у 2004 р. і пов'язаний з 100–річчям від дня його народження [20–25]. Вперше український історик науки Ю. М. Ранюк, опрацювавши листи дружини Синельникова Едни Купер [26], що вона писала до своєї сестри в Англію в серпні 1931 р., документально виявив факт про зарахування Г. А. Гамова на посаду консультанта УФТІ в 1931 р. До виходу низки публікацій Ю. М. Ранюка вважалось, що Георгій Антонович був у Харкові лише у відрядженнях. У своїй автобіографії вчений не згадував про той період життя. Відомість про цей факт містилася у довіднику 1934 р. «Наукові працівники Ленінграда»: «Гамов ГеоргАнтон н. 20 П 904 Одеса, ст. 925, чл-коресп. АН, ст. фізик ФМІ, ст. радіолог ДРІ, ст. н. співр. Наук.-дослід. ін.-ту фізики при ЛДУ, консульт. ЛФТІ та **Укр. фіз.-техн. і-ту**; теоретична фізика, теорія будови атомного ядра» [27, с. 429].

**\*Гамов ГеоргАнтон р. 20 и 904 Одесса, ст.925 □ чл -корресп. АН, ст. физик ФМИ, ст. радиолог ГРИ, ст. н. сотр. Н.-и. и-та физики при ЛГУ, консульт. ЛФТИ и Укр. физ.-техн. и-та; теоретич. физика, теория строения атомного ядра ~ ул. Рентгена 1, кв. 10. 11**

**Фото 1. Довідка про Г. А. Гамова із довідника 1934 р. «Наукові працівники Ленінграда» [27, с. 429]**

Оскільки довоєнні архіви УФТІ згоріли, довідатися про події того часу можливо було із спогадів очевидців. На думку Ю. М. Ранюка, завдяки ініціативі і напору Георгія Антоновича були розпочаті дослідження з розщеплення атомного ядра в Кембриджі та Харкові. Про той факт у 1934 р. А. Ф. Йоффе говорив: «Теорія Гамова відкрила шлях для проникнення в ядро» [28]. У своїй статті Ю. М. Ранюк висловив також припущення, що в період короткотривалого перебування Г. А. Гамова у Харкові в 1931 р. його було зараховано на посаду консультанта в УФТІ.

Підсумовуючи вищезазначене відмітимо, що присвячені Георгію Антоновичу біографічні розвідки розповідають про різні життєві віхи ученого, втім, стверджувати про достатню всебічну репрезентацію персоналії у науці не доводиться. Зокрема, потребує детального аналізу проблема з обчислення сучасної температури реліктового випромінювання, над якою працював Г. А. Гамов протягом 40–50-х рр. ХХ ст.

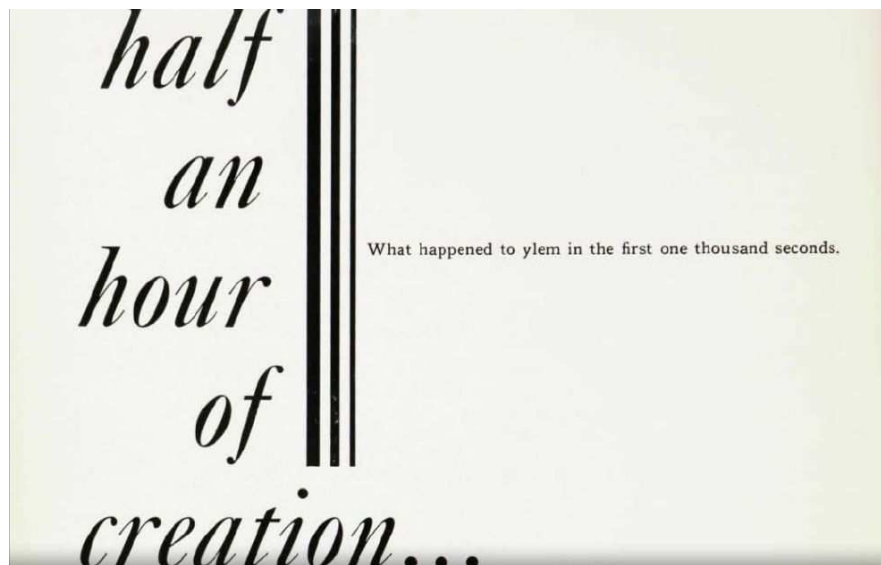
### **Історико-науковий аналіз оригінальних праць Г. А. Гамова з обчислення сучасної температури реліктового випромінювання (40–50-і рр. ХХ ст.)**

Реліктове (або космічне мікрохвильове фонове) випромінювання – космічне електромагнітне випромінювання, яке домінує в діапазоні довжин хвиль від міліметрів до метра, має високу ступінь ізотропності та спектр, характерний для абсолютно чорного тіла з температурою 2,725 К. Теоретично його існування було передбачено в 1948 р. Г. А. Гамовим, Р. Альфером і Р. Германом у рамках моделі гарячого Всесвіту, згідно з якою реліктове випромінювання рівномірно заповнює Всесвіт і збереглося з перших хвилин існування Всесвіту [29–31]. Прообраз гамівського передбачення реліктового випромінювання вперше дав бельгійський учений Г. Леметр у 30-х рр. ХХ ст.: *«Ми можемо сподіватися знайти у Всесвіті експериментальні дані, які дозволяють нам відновити те, що відбувалося до утворення зірок. Можливо, що такий документ про доастрономічну історію світу існує»* [32, с. 235–236].

Вперше до питань космології Г. А. Гамов звернувся в 1935 р. У лекції в Університеті Огайо він торкнувся проблеми походження хімічних елементів, зокрема питання їх відносного поширення у Всесвіті. Хімічний склад речовини зірок і галактик мало змінюється в різних зорях. У пошуках відповіді на це питання у 1946 р. Г. А. Гамов, застосувавши термодинаміку та ядерну фізику, запропонував модель «гарячого» Всесвіту [14]. Відповідно до неї, універсальність хімічного складу пояснюється першими секундами розширення Всесвіту, а весь простір мало б рівномірно заповнювати космічне мікрохвильове фонове випромінювання. Таке тлумачення стало несподіваним для наукового товариства та зустріло певний скептицизм. Нобелівський лауреат С. Вайнберг описав ставлення до космології в той період: *«Я згадую, що коли я був студентом, а потім у 50-ті роки розпочав свої власні дослідження (з інших проблем), то всюди вважалося, що вивчення раннього Всесвіту – це не те завдання, якому повинен присвячувати свій час поважаючий себе вчений»* [33, с. 12]. Але, як відмітив російський історик науки А. Д. Чернін, *«для фізика і людини такого рівня, як Гамов, загальні умонастрої важили, звичайно, не надто багато»* [17, с. 872].

Спільно з Г. А. Гамовим у вивченні космологічних питань брали участь його учні Р. Альфер, Р. Херман і Дж. Фоллін. У 1948 р. Р. Альфер і Р. Херман, ґрунтуючись на підрахунках первинного космологічного нуклеосинтезу, оцінили значення реліктового випромінювання в 5 К [31]. Їх підрахунки мали складний характер і не були сприйняті науковцями. Нині їх метод обчислення використовується у навчальних підручниках. У нобелівській лекції з фізики 1978 р. А. Пензіас наводить фрагмент листа 1948 р. Г. А. Гамова до Р. Альфера, з якого стає зрозумілим, що вже тоді Георгій Антонович вірно оцінював сучасну температуру реліктового випромінювання: *«Температура космічного простору, що дорівнює ~5 К, пояснюється сучасним випромінюванням зірок (С-цикли). Єдине, що ми можемо говорити, це температура, що залишилась від початкового тепла, не вища за 5 К»* [34, с. 590].

У 1950 р. у науково-популярній статті «Півгодини створення» Г. А. Гамов передбачив сучасну температуру реліктового випромінювання, що дорівнює 3 К [35]. Це була найбільш точна оцінка у низці публікацій з даного питання, що вийшли протягом 40–50-х рр. ХХ ст. У публікації 1990 р. учні Георгія Антоновича писали про передбачення свого вчителя: *«Знаючи, звичайно, про наші розрахунки в той час, він міг просто взяти та у своїй винятковій манері округлити результат»* [19, с. 895]. А .Д. Чернін у 1994 р. назвав це значення ніби «легковажне мистецтво» Г. А. Гамова.



**Фото 2** Фрагмент першої сторінки статті Г. А. Гамова 1950 р., в якій він передбачив сучасну температуру реліктового випромінювання в 3 К

У 1953 р. виходить наукова стаття Георгія Антоновича «Всесвіт, що розширюється, та утворення галактик» [36]. Детальний фізичний аналіз цієї праці провів російський історик науки А. Д. Чернін у 1994 р. [19]. Він писав про три причини, чому це дослідження Г. А. Гамова цінне: *«По-перше, це дуже легка праця. По-друге, в ній є певна загадка, яка досі здатна дивувати та ставити у глухий кут. Нарешті, по-третє, вона, безсумнівно, повчальна як в історичному, так і особливо в методичному відношенні»* [19, с. 890]. У статті Георгій Антонович, використовуючи лише вік світу та середню густину речовини у Всесвіті, підрахував температуру реліктового випромінювання, отримавши її сучасне значення в 7 К.



У цілому робота з підрахунку сучасної температури реліктового випромінювання продовжувалась протягом десяти років. У низці публікацій початкова теорія удосконалювалась і розроблялась з урахуванням зауважень, зокрема М. Бербіджа, Дж. Бербіджа, Ф. Хойла та інших. Космологічний нуклеосинтез вивчали Я. Б. Зельдович, В. М. Якубов, Ф. Хойл, Дж. Піблз. Разом із тим уточнялися спостережні астрономічні дані про хімічний склад Всесвіту. В результаті багаторічних досліджень, що були ініційовані Г. А. Гамовим, було з'ясовано космічну розповсюдженість хімічних елементів і межі сучасної температури реліктового випромінювання. Однак слід відмітити, що всі праці на той час були суто теоретичні. У листі до П. Піблза від 23 червня 1967 р. Г. А. Гамов писав, що вони не розглядали можливість детектування космічного випромінювання, яке залишилось після Великого вибуху [33, 122]. С. Вайнберг вказав на три причини, чому більшість науковців не розуміла важливості цих досліджень: *«По-перше, слід усвідомлювати, що Гамов, Альфер, Херман, Фоллін та інші працювали в межах більш загальної космогонічної теорії. В їх моделі «великого вибуху» передбачалося, що всі без винятку складні ядра, а не тільки гелій, побудовані в ранньому Всесвіті внаслідок процесу швидкого додавання нейтронів. Однак, хоча ця теорія правильно передбачала розповсюдженість низки важких елементів, вона стикалася з труднощами в поясненні того, чому взагалі з'явилися важкі елементи! ... По-друге, це був класичний приклад розриву зв'язку між теоретиками й експериментаторами. Більшість теоретиків ніколи не усвідомлювала, що ізотропний трьохградусний фон випромінювання може бути коли-небудь виявлений ... оскільки радіоастрономія була ще в дитячому стані. По-третє, і мені думається, що це найголовніше, теорія «великого вибуху» не привела до пошуку трьохградусного мікрохвильового фону тому, що фізикам було надзвичайно важко серйозно сприйняти будь-яку теорію раннього Всесвіті»* [33, с. 120–123].

Результати Г. А. Гамова широко не обговорювались до 60-х рр. ХХ ст. Вперше про можливість спостереження реліктового випромінювання писали в 1964 р. А. Г. Дорошкевич і І. Д. Новіков у статті «Середня густина

випромінювання в Метагалактиці та деякі проблеми релятивістської космології» [38]. Вже через рік група дослідників із Принстона розпочала роботи з побудови пристрою та експерименти з виявлення мікрохвильового фону, що залишився від Великого вибуху. Перш ніж вони завершили дослідження, реліктове випромінювання було випадково відкрито А. Пензіасом і Р. Вілсоном у ході вивчення фонових шумів радіотелескопа [39]. За своє відкриття вони отримали в 1978 р. Нобелівську премію з фізики.

Але зауважимо, що космічне випромінювання спостерігалось за більше, ніж двадцять років до відкриття А. Пензіаса та Р. Вільсона. В 1941 р. канадський астроном Е. Мак-Келлар спостерігав збуджений стан молекул міжзоряного ціану [40]. Температура збудження дорівнювала 2,3 К. Це було сигналом про наявність у космічному просторі відповідного випромінювання. Пояснення цього ефекту було дано вже після відкриття А. Пензіаса та Р. Вільсона. Більш того, у 1956 р. радіоастроном (на той час аспірант) із Пулковської обсерваторії Т. А. Шмаонов зареєстрував радіовипромінювання космічного фону: *«Виявилось, що абсолютна величина ефективної температури радіовипромінювання фону ... дорівнює  $4 \pm 3$  К»* [41, с. 86]. Він відмітив і про незалежність інтенсивності випромінювання від напрямку в просторі та від часу. Оскільки стаття була опублікована в маловідомому журналі, вона залишилась непоміченою.



**Тигран Арамович Шмаонов**

Після спостереження реліктового випромінювання космологія стала наукою респектабельною. С. Вайнберг писав: «Гамов, Альфер і Херман заслуговують колосальної поваги крім усього іншого за те, що вони захотіли серйозно сприйняти ранній Всесвіт і дослідити те, що повинні сказати фізичні закони про перші три хвилини» [33, с. 123]. Дослідженнями з питань виникнення та еволюції Всесвіту протягом другої половини ХХ ст. займалися космологи, астрофізики, фізики-теоретики й астрономи. Результатом спільних зусиль стала ґрунтовна космологічна концепція –  $\Lambda$ CDM–модель (лямбда Cold Dark Matter), в якій були розвинуті ідеї Г. А. Гамова. Нині вивчення мікрохвильового фону дає розуміння про великомасштабну структуру Всесвіту, його еволюцію. У 1992 р. Дж. Мазером і Дж. Смутом було відкрито анізотропію реліктового випромінювання [42], що було відзначено Нобелівською премією з фізики у 2006 р. Дослідження неоднорідностей космічного мікрохвильового фонового випромінювання триває нині, зокрема в космологічних проектах WMAP і Plank.

### **Список використаної літератури**

1. *Гамов Дж.* Моя мировая линия: Неформальная автобиография : пер. с англ. / Дж. Гамов. – М. : Наука, 1994. – 304 с.
2. *Френкель В.Я* Возвращается Г.А. Гамов / В. Я. Френкель, А. Д. Чернин // Природа. – 1989. – № 9. – С. 82–102.
3. *Колчинский И. Г.* Астрономы : биограф. справочник / И. Г. Колчинский, А. А. Корсунь, М. Г. Родригес. – К. : Наук. думка, 1977. – 415 с. – С. 63–64.
4. *Большая советская энциклопедия.* – 3-е изд.– М.: Сов. энциклопедия, 1971. – Т. 6. – 640 с.
5. *Храмов Ю. А.* Физики : биограф. справочник / Ю. А. Храмов. – М. : Наука, 1983. – С. 74.
6. *Лисневский Ю. И.* Георгий Антонович Гамов. Жизнь в России и СССР. / Ю. И. Лисневский // Вопросы истории естествознания и техники. – 1989. – Ч. 1, вып. 1. – С. 48–62; Там само. – 1989. – Ч. 2, вып. 2. – С. 97–107.
7. *Interview with George Gamow by Charles Weiner at Professor Gamow's home in Boulder, Colorado. April 25, 1968* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aip.org/history/ohilist/4325.html>
8. *Френкель В. Я.* Георгий Гамов – гигант трех наук : от альфа-распада до Большого взрыва / В. Я. Френкель, А. Д. Чернин. – 1-е изд. – М. : Знание, 1990. – 64 с.

9. *Френкель В. Я.* Георгий Гамов – гигант трех наук : от альфа-распада до Большого взрыва / В. Я. Френкель, А. Д. Чернин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 136 с.
10. *Горелик Г. Е.* Предыстория ФИАНа и Г. А. Гамов / Г. Е. Горелик. – М., 1990. – 30 с. (препринт № 41).
11. *Горелик Г. Е.* Г. А. Гамов... заместитель директора ФИАНа / Г. Е. Горелик, Г. А. Савина // *Природа*. – 1993. – № 8. – С. 82–90.
12. *Гамов Георгий Антонович (Gamow George)* / Информационная система «Архивы Российской академии наук» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isaran.ru/?q=ru/person&guid=835B1B3D-E9A1-8015-9B19-3E394BD33468>
13. *Gamow G.* Rotating Universe? / G. Gamow // *Nature*. – 1946. – № 1046. – P. 549.
14. *Gamow G.* Expanding Universe and the origin of elements / G. Gamow // *Physical Review*. – 1946. – V. 70, Oct. 1. – P. 572 – 573.
15. *Лисневский Ю. И.* Георгий Гамов – выдающийся соотечественник / Ю. И. Лисневский, А. Д. Чернин // *Историко-астрономические исследования*. – 1994. – Вып. XXIV. – С. 295–330.
16. *Френкель В. Я.* Георгий Гамов: линия жизни 1904–1933 (К 90-летию со дня рождения Г. А. Гамова) / В. Я. Френкель // *УФН*. – 1994. – Т. 164, № 8. – С. 845–866.
17. *Чернин А. Д.* Гамов в Америке: 1934–1968 (К 90-летию со дня рождения Г. А. Гамова) / А. Д. Чернин // *УФН*. – 1994. – Т. 164, № 8. – С. 867–878.
18. *Френкель В. Я.* Переписка Г. А. Гамова и П. Л. Капицы / В. Я. Френкель // *УФН*. – 1994. – Т. 164, № 8. – С. 879–888.
19. *Чернин А. Д.* Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики / А. Д. Чернин // *УФН*. – 1994. – Т. 164, № 8. – С. 889–896.
20. *Горелик Г. Е.* Вот пример: советский парень Гамов... / Г. Е. Горелик // *Знание – сила*. – 2004. – № 3. – С. 82–90.
21. *Ranyuk Yu.* Yang Gamov and his kharkiv friends and colleges / Yu. Ranyuk, P. Josephson // *Вопросы атомной науки и техники*. – 2004. – № 5. – С. 5–8.
22. *Ранюк Ю. М.* Георгій Гамов і розщеплення атомного ядра: До 100-річчя від дня народження Г. А. Гамова / Ю. М. Ранюк // *Наука та наукознавство*. – 2004. – № 3. – С. 167–171.
23. *Ranyuk Yu.* George Gamov and nuclear physics in Ukraine Astrophysics and cosmology after Gamov / Yu. Ranyuk, O. Shevchenko, P. Josephson // *Proceeding of the Gamov memorial international conference*. – Cambridge: Scientific Publishers, 2007. – P. 71–79.
24. *Ранюк Ю.* Георгій Гамов і розщеплення атомного ядра / Ю. Ранюк, О. Шевченко // *Electromagnetic Phenomena*. – 2004. – V. 4, № 1(13). – С. 123–127.
25. *Смирнов А. Р.* Георгий Гамов – трижды нелауреат Нобелевской премии / А. Р. Смирнов // *Химия и жизнь*. – 2005. – № 3. – С. 34–37.

26. *I married a Russian*. Letters from Kharkiv edited by Lucie Street. – London : George Allen & Unwin Ltd. – 1946. – 340 p.
27. *Наука и научные работники Ленинграда* : справочник / сост. Комис. "Наука и науч. работники СССР", под наблюдением акад. С. Ф. Ольденбурга и акад. Е. Ф. Карского ; Акад. наук СССР. – 1934. – XX, 723 с.
28. *Йоффе А.Ф.* Атомное ядро сегодня. Лекция, читанная 19 февраля 1934 г. в клубе 1 МГУ / А. Ф. Йоффе. – М. ; Л., 1934. – С. 31.
29. *Gamow G.* The Origin of Elements and the Separation of Galaxies / G. Gamow // *Physical Review*. – 1948. – V. 74. – P. 505–506.
30. *Gamow G.* The evolution of the universe / G. Gamow // *Nature*. – 1948. – V. 162 (4122). – P. 680–682.
31. *Alpher R.* On the Relative Abundance of the Elements / R. Alpher, R. Herman // *Physical Review*. – 1948. – V. 74. – P. 1737–1742.
32. *Лемэтр Г.* Расширяющаяся Вселенная / Г. Лемэтр // *Мироведение*. – 1935. – Т. 24, № 4. – С. 225–236.
33. *Вайнберг С.* Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной / С. Вайнберг. – М. : Энергоиздат, 1981. – 208 с.
34. *Пензиас А.* Происхождение элементов (Нобелевские лекции по физике 1978 года) / А. Пензиас // *УФН*. – 1979. – Т. 129, вып. 4. – С. 581–593.
35. *Gamow G.* Half an hour of creation ... // *Physics Today*. – 1950. – V. 3, Is. 8. – P. 16–21.
36. *Gamow G.* Expanding Universe and the origin of galaxies / G. Gamow // *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Matematisk–fysiske Meddelelser*. – 1953. – Bind 27, nr. 27. – 15 p.
37. *Дорошкевич А.Г.* Средняя плотность излучения в Метагалактике и некоторые вопросы релятивистской космологии / А. Г. Дорошкевич, И. Д. Новиков // *ДАН СССР*. – 1964. – Т. 154, № 4. – С. 809–811.
38. *Penzias A.* A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s / A. Penzias, R. Wilson // *Astrophysical Journal*. – 1965. – V. 142. – P. 419–421.
39. *McKellar A.* Molecular Lines from the Lowest States of Diatomic Molecules Composed of Atoms Probably Present in Interstellar / Space McKellar A., Kan-Mitchell J., Conti P. // *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory (Victoria, BC)*. – 1941. – V. 7 (6). – P. 251–272.
40. *Шмаонов Т. А.* Методика абсолютных измерений эффективной температуры радиоизлучения с низкой эквивалентной температурой / Т. А. Шмаонов // *Приборы и техника эксперимента*. – 1957. – № 1. – С. 83–86.
41. *Smoot G.* Structure in the COBE differential microwave radiometer first-year maps / Smoot G., Mather J. and others. // *The Astrophysical Journal. Part 2. Letters*. – 1992. – V. 396, no. 1, Sept. 1. – P. L1–L5.