

УДК 521.1:523.2:523.6:523.9:524.6:524.8:532.5.01:534.1:621.891

Ю.П. ЗАСПА

Хмельницький національний університет, e-mail: zaspa\_yuriy@ukr.net

## VIII

На основі співвідношень контактної електромагнітної гідродинаміки (КЕМГД), альтернативної щодо відомої магнітної гідродинаміки (МГД), розглянуті механізми контактної генерації електромагнітного поля в космічних системах. Основна увага приділяється математичному оформленню ключової ролі колективних процесів в динаміці систем. Запропоноване гідродинамічне рівняння внутрішніх інерційних хвиль, яке містить в якості базового параметра кооперативну в'язкість, що описує процеси дисипації та енергетичної накачки в окрему хвильову моду з врахуванням діючих зворотних зв'язків у всій системі. Розглянуті «динамічні кооперативи» контактено-наведених інерційних хвиль в системі Земля – Місяць та в Сонячній системі. Показано, що найтривалішому геодинамічному циклу з періодом 700–800 мільйонів років відповідають внутрішні інерційні хвилі з довжиною середньої орбіти Місяця. Інтерференція цих хвиль в тілі Землі обумовлює глобальний рух континентів та плюм-тектонічну активність земних надр, що відкидає поширений конвективний сценарій глибинної геодинаміки. Встановлено, що глобальні (в масштабах Сонячної кулі) та локальні (комірки грануляції та надгрануляції, гігантські комірки, спікули, філаменти, протуберанці та ін.) геліодинамічні структури руху описуються спільним параметром кооперативної в'язкості. У цьому контексті стверджується, що назва «конвективна зона» Сонця є неадекватною, оскільки хибно відноситься на рахунок конвекції динамічні процеси суто хвильового характеру. Відмічено, що дисипація енергії глобальних інерційних хвиль та локалізованих когерентних структур руху в процесах їх взаємної трансформації пояснює з-поміж іншого «аномально високу» температуру Сонячної корони. Як окремий вид дисипації енергії того чи іншого «динамічного кооперативу» розглядається контактено-обумовлене витікання речовини та електромагнітного поля за його межі, що веде до формування космічних систем значно більших просторових масштабів (Сонячної системи та геліосфери, галактичних систем, Метагалактики). В катастрофічних випадках воно завершується повним динамічним самознищенням материнської системи (вибухи наднових зір). Показано, що границі короткохвильових кластерів у спектрах космічних променів надвисоких енергій обумовлені не відомим ефектом Грейзена – Зацепіна – Кузьміна, а значеннями кооперативної в'язкості (і відповідними їм значеннями магнітної в'язкості) галактичних ядер, а також відношенням групової швидкості інерційних хвиль в генеруючих контактних розривах ядер до швидкості світла у вакуумі. Стверджується, що це відношення для космічних променів надвисоких енергій значно перевищує одиницю. Підкреслена топологічна спільність гідродинамічного поля швидкостей і вектор-потенціалу електромагнітного поля в провідному середовищі космічних систем. На противагу до відомих концепцій МГД, джерелом електромагнітного поля в цих системах вважаються не струми провідності, а поверхневий ротор вектор-потенціалу (для магнітної компоненти поля) і часова зміна вектор-потенціалу в генеруючи контактах (для електричної компоненти). При цьому збереження топології контактено-згенерованих когерентних структур руху в космічних системах забезпечується збереженням гідродинамічної та магнітної спіральності не у виділених Лагранжевих областях середовища (як це постулюється в МГД), а у виділених Ейлерових областях простору, що фактично «розморозжує» магнітне поле та гідродинамічне поле завихореності, формуючи хвильові структури. Встановлені динамічні аналогії катастроф у технічних (енергетичних) та космічних системах за участю контактено-наведених інерційних хвиль. Розглядається гідродинамічно-флаттерний сценарій вибухів нових та наднових зір. В якості технічного аналога наводиться відома катастрофа на СШГЕС в серпні 2009 р. Відмічено, що хронічні невдачі МГД у забезпеченні керованого термоядерного синтезу обумовлені, з-поміж іншого, неврахуванням механізмів генерації когерентних пакетів інерційних та електромагнітних хвиль у плазмі. Як приклад наводиться периферійний зрив реакції синтезу на термоядерному реакторі JET в жовтні 1997 р.

**Ключові слова:** контактне динамо, космічна система, інерційні хвилі, динамічний кооператив, кооперативна в'язкість, магнітна в'язкість, контактна електромагнітна гідродинаміка, магнітна гідродинаміка, глибинна геодинаміка, плюм-тектоніка, геліодинаміка, конвективна зона, космічні промені, топологія, спіральність, флаттер, катастрофа, СШГЕС, термоядерний реактор JET.

**CONTACT DYNAMO AS A GENERATOR OF THE COHERENT (CO-OPERATIVE) SPACE  
FORMS OF MOTION AND A SOURCE OF THE PLANETARY, SOLAR, GALACTIC  
, AND METAGALACTIC ENERGY AND ELECTROMAGNETISM. PART VIII**

*On the basis of the relations of contact electromagnetic hydrodynamics (CEMHD), an alternate relatively known magnetic hydrodynamics (MHD), mechanisms of contact generation of an electromagnetic field in space systems are considered. The main attention is paid to the mathematical design of the key role of collective processes in the dynamics of systems. The proposed hydrodynamic equation of internal hydrodynamic waves, which contains as a basic parameter co-operative viscosity, describes the processes of dissipation of energy and pumping in a separate wave mode, taking into account the existing feedback bonds throughout the system. The "dynamic co-operatives" of contact-induced inertial waves in the system of the Earth-Moon and in the Solar system are considered. It is shown that the longest geodynamic cycle with a period of 700-800 million years corresponds to inertial waves with the length of the middle orbit of the Moon. The interference of these waves in the Earth's body causes the global motion of the continents and the plume-tectonic activity of the earth's interior, which rejects the common convective scenario of hypogene geodynamics. It has been established that global (on the scale of the Solar Ball) and local (granulation and supergranulation cells, giant cells, spicules, filaments, prominences, etc.) heliodynamic structures of motion are described by a common parameter of co-operative viscosity. In this context it is argued that the name "convection zone" of the Sun is inadequate, as it falsely attributes dynamic processes of a wave nature to the account of convection. It is noted that the dissipation of the energy of global inertial waves and localized coherent structures of motion in the processes of their mutual transformation explains, among other things, the "abnormally high" temperature of the Solar Corona. As a separate type of energy dissipation of a "dynamic co-operative", the contact-caused leakage of matter and the electromagnetic field beyond its boundary is considered, which leads to the formation of space systems of considerably larger spatial scales (Solar System and Heliosphere, Galactic Systems, Metagalaxy). In catastrophic cases, it ends with a complete dynamic self-destruction of the maternal system (an explosion of supernovae). It is shown that the boundaries of short-wave clusters in the spectra of cosmic rays of ultrahigh energies are not due to the effect of Greisen-Zatsepin-Kuzmin, but the values of the co-operative viscosity (and their corresponding values of magnetic viscosity) of galactic nuclei, as well as the ratio of the group speed of inertial waves in generating contact ruptures of the nuclei and the speed of light in a vacuum. It is argued that this ratio for ultra-high energy cosmic rays is significantly higher than unit one. The topological commonality of the hydrodynamic field of velocities and the vector-potential of the electromagnetic field in the conducting medium of space systems is emphasized. In contrast to the well-known MHD concepts, the sources of electromagnetic fields in these systems are not conduction currents, but the surface rotor of the vector potential (for the magnetic component of the field) and the time-varying vector-potential in the generating contacts (for the electrical component). Moreover, the conservation of the topology of contact-generated coherent structures of motion in cosmic systems is ensured by the preservation of hydrodynamic and magnetic helicity not in the isolated Lagrangian regions of the medium (as posited in MHD), but in the allocated Euler regions of the space that actually "defrosts" the magnetic field and the hydrodynamic vorticity field, forming wave structures. Dynamic analogies of disasters in technical (energy) and space systems with the help of contact-induced inertial waves are established. The hydrodynamic-flutter scenario of explosions of new and supernovae stars is considered. As a technical analogue, a well-known catastrophe at the Sayano-Shushenskaya Dam is reported in August, 2009. It is noted that chronic failures in MHD in providing controlled thermonuclear fusion are due to failure of the mechanisms of generating coherent packets of inertial and electromagnetic waves in plasma. As an example, the peripheral failure of the synthesis reaction on the JET thermonuclear reactor in October 1997 is presented.*

*Key words: contact dynamo, space system, inertial waves, dynamic co-operative, co-operative viscosity, magnetic viscosity, contact electromagnetic hydrodynamics, magnetic hydrodynamics, hypogene hydrodynamics, plume tectonics, heliodynamics, convection zone, cosmic rays, topology, helicity, flutter, catastrophe, the Sayano-Shushenskaya Dam, the JET thermonuclear reactor.*

Нижче наводяться результати аналізу механізмів контактної генерації електромагнітного поля в космічних системах, отримані на основі запропонованої раніше [1] концепції контактної електромагнітної гідродинаміки (КЕМГД), що є прямою альтернативою відомої магнітної гідродинаміки (МГД) [2–6]. Остання, як вже зазначалось [1], демонстративно ігнорує струм зміщення (змінне в часі електричне поле) в рівняннях Максвелла та ґрунтується на ідеях Дж. Лармора та Х. Альфвена щодо генерації магнітного поля конвективними рухами плазми та т.з. «вмороженості» магнітного поля у високопровідне середовище (відповідно) [2–6]. Як буде показано нижче, обидві ці базові ідеї МГД в дійсності виявились хибними, що власне й пояснює повну неспроможність магнітної гідродинаміки як науки пояснити механізми генерації електромагнітного (а не лишень магнітного) поля в космічних системах.

Основна увага в даній роботі приділяється математичному оформленню ключової ролі колективних процесів в динаміці технічних та космічних систем.

Продовжуючи розпочатий раніше [1] аналіз системи рівнянь Максвелла із збереженням струму зміщення, запишемо відповідні співвідношення для електромагнітного поля у електронейтральному рухомому провідному середовищі ( $\rho_e = 0$ , де  $\rho_e$  – густина електричного заряду):

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - \vec{\nabla} \phi, \quad \vec{B} = \text{rot} \vec{A} \quad (1, 2)$$

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \text{rot} \vec{B} = \frac{4\pi\mu}{c} \vec{j} + \frac{\epsilon\mu}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3, 4)$$

$$\vec{\nabla} \vec{E} = 0, \quad \vec{\nabla} \vec{B} = 0 \quad (5, 6)$$

Тут  $\vec{A}$ ,  $\phi$  – векторний та скалярний потенціали електромагнітного поля,

$\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  – відповідно напруженість електричного та індукція магнітного поля,

$\vec{j}$  – густина електричного струму,  $\epsilon$ ,  $\mu$  – відносна діелектрична та відносна магнітна проникності (ізотропного) середовища,  $c$  – швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі.

Для електронейтрального середовища конвективна компонента густини струму зануляється ( $\rho_e \times \vec{x} = 0$ , де  $\vec{v}$  – швидкість елемента рухомого середовища), залишаючи в  $\vec{j}$  лише струм провідності  $\vec{j}_c$ , густина якого стандартно виражається через  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  та  $\vec{v}$  [2–6]:

$$\vec{j} = \vec{j}_c = \sigma \left( \vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v} \times \vec{B}] \right), \quad (7)$$

де  $\sigma$  – електропровідність середовища, яка у використаній тут Гаусовій системі одиниць має розмірність частоти (сек<sup>-1</sup>).

На основі співвідношень (1–7) неважко отримати наступне рівняння для потенціалів електромагнітного поля:

$$\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \vec{\nabla}(c\phi) - [\vec{v} \times \text{rot} \vec{A}] = v_m \left( \Delta \vec{A} - \frac{\epsilon \mu}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} \right), \quad (8)$$

де  $v_m$  – так звана магнітна в'язкість [2–6]:

$$v_m = \frac{c^2}{4\pi c \sigma}. \quad (9)$$

При виводі рівняння (8) використана наступна калібрувальна умова для потенціалів поля:

$$\vec{\nabla} \left( \vec{\nabla} \vec{A} + \frac{\epsilon \mu}{c} \frac{\partial \phi}{\partial t} \right) = 0. \quad (10)$$

Ця умова не ідентична відомому Лоренцевому калібруванню потенціалів, що зануляє вираз під градієнтом у (10), а не сам градієнт [7, 8].

Взявши ротор від обох частин рівняння (8), отримаємо:

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \text{rot} [\vec{v} \times \vec{B}] = v_m \left( \Delta \vec{B} - \frac{\epsilon \mu}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \right). \quad (11)$$

Це рівняння суттєво відрізняється від базового рівняння МГД [2–6] саме останнім членом у правій частині, що прямо враховує струм зміщення, проігнорований у МГД.

Леонард Ейлер, відокремивши більш як два з половиною століття тому [9] конвективну похідну від субстанціональної в рівнянні другого закону Ньютона для руху елемента суцільного середовища, тим самим в якісному відношенні різко відділив цей елемент від окремої матеріальної точки, для якої конвективна похідна відсутня, а частинна похідна швидкості за часом просто співпадає з повною похідною, тобто з прискоренням. Ця різниця недооцінена тими теоретиками, які намагаються звести матеріальне середовище до простої сукупності матеріальних точок, «відірваних від колективу». В протилежність до цього запишемо наступне гідродинамічне рівняння руху матеріального середовища:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \times \vec{\nabla}) \vec{v} = \dots + v_{co} \times \left( \Delta \vec{v} - \frac{1}{v_{ph}^2} \frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial t^2} \right). \quad (12)$$

Ліва частина цього рівняння, що містить, по суті, інерційні складові, взята з рівняння Ейлера. Права – за формою першого члена – з рівняння Нав'є – Стокса, що містить відому комбінацію з двома в'язкостями (першою  $\eta$  та другою  $\zeta$ ) [9]:

$$v \Delta \vec{v} + \frac{1}{\rho} (\zeta + \eta/3) \vec{\nabla} (\vec{\nabla} \times \vec{v}), \quad (13)$$

де  $v = \eta / \rho$  – кінематична в'язкість,  $\rho$  – густина середовища.

Трьома крапками в (12) позначені решта об'ємних густин сил (поділених на  $\rho$ ), що в рамках першого наближення у розв'язанні задачі описання інерційних хвиль мають другорядне значення. Серед них градієнт тиску та електромагнітні пондеромоторні сили. Останні, як буде показано нижче, взагалі зануляються. На відміну від (13), в (12) відсутній член з другою в'язкістю, що еквівалентно обмеженню:

$$\vec{\nabla} (\vec{\nabla} \vec{v}) = 0, \quad (14)$$

подібному до (10). Натомість рівняння (12) містить в правій частині член з другою похідною швидкості за часом, де через  $v_{ph}$  позначено фазову швидкість хвилі накачки – дисипації. Через  $v_{co}$  в (12) позначено деяку кооперативну в'язкість, що характеризує всю динамічну систему в цілому та описує одночасно як дисипацію енергії окремої моди руху, так і енергетичну накачку в цю моду. Цю хвильову форму руху представимо у вигляді:

$$\vec{v}(t, \vec{r}) = \vec{v}_a \times e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}. \quad (15)$$

Тут  $\vec{v}_a$  – комплексна амплітуда хвилі швидкості,  $\omega$ ,  $\vec{k}$  – циклічна частота та хвильовий вектор (взагалі кажучи, комплексні),  $t$  – час,  $\vec{r}$  – радіус-вектор,  $i$  – уявна одиниця.

У першому наближенні параметри  $\omega$ ,  $\vec{k}$  вважаються сталими, однак при більш точному топологічному аналізі слід вести мову про поле хвильових векторів  $\vec{k}$ , що відповідають полю швидкості  $\vec{v}$ . Однак, у всіх наближеннях циклічна частота  $\omega$  залежить лише від часу, а поле хвильових векторів  $\vec{k}$  – лише від координат:

$$\omega = \omega(t), \quad \vec{k} = \vec{k}(x, y, z). \quad (16)$$

Підставляючи (15) в (12) у першому наближенні отримуємо:

$$i(\omega - \vec{k} \times \vec{v}) \vec{v} = \dots - v_{co} \times \left( k^2 - \frac{\omega^2}{v_{ph}^2} \right) \vec{v}. \quad (17)$$

Рівняння (17) задовольняється за умов:

$$\omega = \vec{k} \times \vec{v} = k v \cos \alpha, \quad k^2 = \omega^2 / v_{ph}^2, \quad (18, 19)$$

де  $\alpha$  – кут між векторами  $\vec{k}$  і  $\vec{v}$ . Умова (18) встановлює неявно закон дисперсії внутрішніх інерційних хвиль, з якого визначаються їх групова швидкість  $\vec{v}_{gr}$  (явно) та фазова швидкість  $v_{ph}$  (неявно):

$$\vec{v}_{gr} = \frac{\partial \omega}{\partial \vec{k}} = \vec{v}, \quad v_{ph} = \omega / k = v \cos \alpha. \quad (20, 21)$$

Як видно, групова швидкість хвиль співпадає з  $\vec{v}$ , а тому рівняння (12) описує хвильове (а не конвективне) поле швидкостей рухомого середовища. Особливістю цих хвиль, як слідує з (21), є те, що їх фазова швидкість за модулем не перевищує групову. За умови (18) (у першому наближенні) фактично збалансовуються інерційні компоненти силового поля в (12), що й виправдовує наведену вище назву таких хвиль. Між тим, вони суттєво відрізняються від відомих інерційних хвиль, збуджених силою Коріоліса у середовищі, що обертається [9]. Зокрема, частоти хвиль, що розглядаються тут, не обмежені зверху – тоді як відомі інерційні хвилі у нестискуваній рідині обмежені по  $\omega$  подвоєною циклічною частотою обертання середовища [9].

Ліві частини рівнянь (12, 17) можуть бути охарактеризовані одночасно і як інерційні, і як топологічні (розглядається нижче), праві – як енергетичні. З умови необхідного домінування інерційно-топологічних компонент щодо енергетичних (за модулем для кожної) слідує обмеження:

$$\omega > v_{co} \times k^2, \quad \omega > v_{co} \times \frac{\omega^2}{v_{ph}^2} \quad (22, 23)$$

або ж

$$v_{co} \times k^2 < \omega < \frac{v_{ph}^2}{v_{co}}. \quad (24)$$

Умови (22–24) задовільняються одночасно, якщо прийняти

$$\omega = N_{ch} \times v_{co} \times k^2 = \frac{v_{ph}^2}{N_{ch} \times v_{co}}, \quad (25)$$

де  $N_{ch}$  – параметр когерентності, що задає число коливань до збою фази і може бути безпосередньо визначений з часових періодограм, або ж із Фур'є-спектрів відповідних динамічних процесів.

Таким чином, закон дисперсії встановлюється вже у першому наближенні, застосовність якого (як легко перевірити підстановкою (15) в (12)) визначається умовами:

$$\left| t \times \frac{\partial \omega}{\partial t} \right| < |\omega|, \quad \left| \vec{r} \times (\vec{v} \times \vec{v}) \vec{k} \right| < |\vec{k} \times \vec{v}| \quad (26, 27)$$

Ці умови, як видно, вимагають локальності хвильового процесу як у часовому, так і у просторовому вимірах.

Співвідношення (25) включають як базову величину згадуваний вже параметр кооперативної в'язкості  $v_{co}$ , що за розмірністю ( $\text{см}^2/\text{с}$ ) співпадає з потоком завихореності через переріз локалізованої трубки поля завихореності  $\vec{\Omega} = \text{rot} \vec{v}$ , який зберігається в процесі релаксації при топологічному тлумаченні когерентних структур руху в космічних системах [1].

Перетворивши ліву частину (12) за відомою формулою Лемба – Громеко [9], отримуємо рівняння:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla (v^2 / 2) - [\vec{v} \times \text{rot} \vec{v}] = \dots + v_{co} \times \left( \Delta \vec{v} - \frac{1}{v_{ph}^2} \frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial t^2} \right), \quad (28)$$

яке у структурному відношенні цілком аналогічне рівнянню (8) для потенціалів електромагнітного поля, що підкреслює відмічену раніше [1] топологічну аналогію між  $\vec{v}$  та  $\vec{A}$ . Занулення у першому наближенні лівих частин (12, 28) за умови (18) з врахуванням такої аналогії та співвідношень (1, 2, 7) фактично зануляє струм провідності у середовищі, а також відповідну пондеромоторну силу Лоренца. Це, як уже відмічалось, виправдовує нехтування цією силою в (12, 17).

Взявши ротор від обох частин (28), матимемо:

$$\frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} - \text{rot}[\vec{v} \times \vec{\Omega}] = \dots + v_{co} \times \left( \Delta \vec{\Omega} - \frac{1}{v_{ph}^2} \frac{\partial^2 \vec{\Omega}}{\partial t^2} \right) \quad (29)$$

Це рівняння цілком аналогічне рівнянню (11) для індукції магнітного поля в рухомому середовищі, що відображає топологічну аналогію полів  $\vec{\Omega}$  та  $\vec{B}$  [1].

Як слідує з (15), у першому наближенні розв'язання задачі

$$\vec{\nabla} \vec{v} = -i\vec{k} \times \vec{v} = -i\omega, \quad \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \vec{v}) = -i\vec{\nabla} \omega = 0, \quad (30, 31)$$

що задовольняє умову (14). З (30) слідує, що при ненульових частотах дивергенція швидкості не дорівнює нулю, що свідчить про стискуваність середовища. Це додатково відрізняє дані інерційні хвилі від згадуваних вже інерційних хвиль, збуджених силою Коріоліса у нестискуваній рідині [9].

Топологічна аналогія між  $\vec{v}$  та  $\vec{A}$  в даному контексті свідчить про те, що дивергенція  $\vec{A}$  у когерентних (щодо внутрішніх) електромагнітних хвилях також не рівна нулю. Це якісно відрізняє останні від електромагнітних хвиль у вакуумі, описання яких стандартно включає умову  $\vec{\nabla} \vec{A} = 0$  [7, 8].

З (12, 15, 17, 30) слідує, що в лаконічній формі застосування першого наближення при описанні інерційних хвиль виражається умовою:

$$(\vec{v} \times \vec{\nabla}) \vec{v} = \vec{v} \times (\vec{\nabla} \times \vec{v}). \quad (32)$$

Взявши ротор (15), у тому же наближенні отримаємо:

$$\vec{\Omega} = \text{rot} \vec{v} = -i[\vec{k} \times \vec{v}], \quad (33)$$

що говорить про ортогональність векторів  $\vec{v}$  та  $\vec{\Omega}$ , яка автоматично зануляє гідродинамічну спіральність  $h$ :

$$h = \vec{v} \times \text{rot} \vec{v} = \vec{v} \times \vec{\Omega}. \quad (34)$$

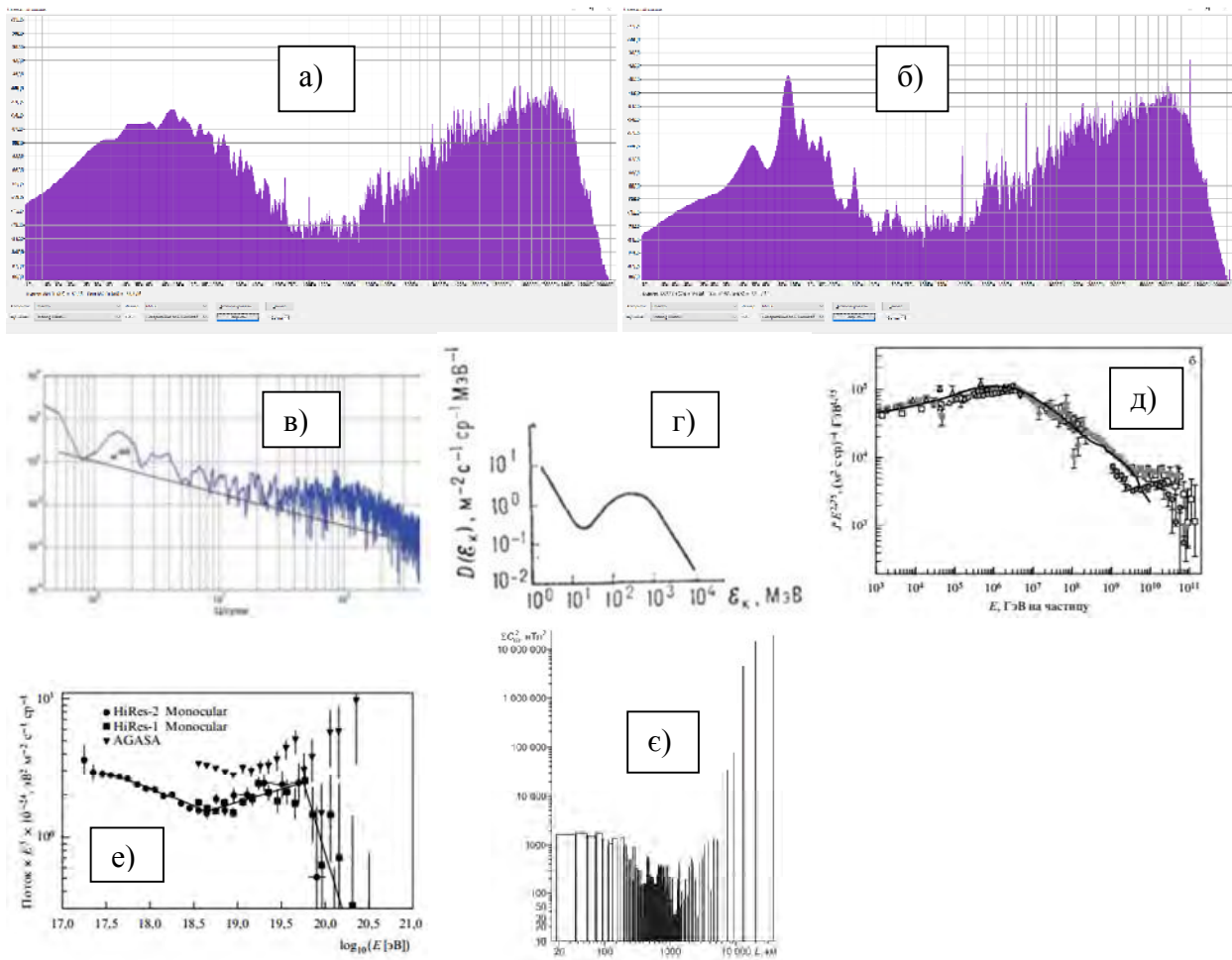
Оскільки зазвичай саме спіральність формує топологію когерентних структур руху [1], то при аналізі такої топології слід вийти за рамки першого наближення. Космічні системи у цьому відношенні доступні, принаймні, візуально.

Зауважимо, що незважаючи на збалансованість (у першому наближенні) інерційних компонент в (12, 17), наявність компонент правої частини цих рівнянь порушує умови відомої теореми Томсона (Кельвіна) щодо збереження циркуляції швидкості [9]. Це фактично «розморожує» гідродинамічне поле завихореності та відповідне магнітне поле, формуючи когерентні хвильові структури руху вже не в речовині, а у просторі. Такий підхід повністю суперечить МГД, де панує конвекція, «приправлена» диференціальним обертанням та силою Коріоліса [2–6]. У всіх попередніх частинах даної роботи наводились експериментальні результати, що підтверджують можливість поширення внутрішніх інерційних хвиль не тільки в рідині, чи газі, але й в твердому тілі, де конвекція відсутня як така.

Зауважимо також, що фазова швидкість  $v_{ph}$ , що входить у вище наведені співвідношення, а також відповідна їй швидкість  $c/\sqrt{\epsilon\mu}$  електромагнітних хвиль у речовині, можуть мати, взагалі кажучи, комплексні значення (у т.ч. суто уявні). Це відображається на формі часової розгортки відповідного сигналу – синусоподібної (у випадку переважно дійсної фазової швидкості), або ж автомодуляційної (у випадку переважно уявної). Емісійні спектри інерційних хвиль в технічних, гідродинамічних та космічних системах зазвичай поділяються на низькочастотні (довгохвильові) та високочастотні (короткохвильові) кластери, розділені «спектральними долинами» [29] – рис. 1. Низькочастотні кластери пов'язані, передусім, з перенесенням моменту імпульсу – переважно в напрямі великих часових та просторових масштабів. Такого роду кооперативне перенесення моменту в ансамблі інерційних хвиль пояснює, зокрема, некеплерівський розподіл швидкостей в астрофізичних дисках, що в рамках існуючих уявлень [38], ніби-то свідчить на користь прихованої маси та темної енергії. Виходячи лише з кеплерових форм руху речовини в астрофізичних дисках, автори роботи [39] апелюють до транзйентних (немодальних) механізмів перенесення моменту імпульсу на периферію системи. Однак, кеплерові форми далеко не вичерпують можливостей внутрішнього синтезу руху в космічних системах за участю контактано-наведених інерційних хвиль.

До прикладу, на рис. 1 показані дисипаційні спектри в технічних, гідродинамічних та космічних системах, що відображають розділення внутрішніх інерційних хвиль на високочастотний (короткохвильовий) та низькочастотний (довгохвильовий) кластери, відповідно з переважно дійсною та з переважно уявною фазовою швидкістю хвиль. Щодо інерційних хвиль, наведених контактаною взаємодією приливів з берегом (рис. 1в), то вони, як і відповідні хвилі в космічних системах, частково «маскуються» відміченими вже Коріолісовими інерційними хвилями, спонукаючи, зокрема, авторів робіт [10, 11] до висновків про «аномальну мінливість інерційних хвиль».

Високочастотні кластери спектрів, показаних на рис. 1, відповідають кооперативному перенесенню, власне, імпульсу, а не його моменту. В гідродинамічних системах це виражається в цугах солітоподібних внутрішніх хвиль, що характеризуються підвищеною когерентністю [10–12]. Крім відмічених двох кластерів у спектрах контактано-наведених інерційних хвиль проявлені також і гібридні моди – з порівняними значеннями перенесення імпульсу та його моменту. В технічному спектрі рис. 1б це виявилось у вигляді виділеної лінії на роторній частоті ( $\approx 200$  Гц) посеред відміченої «спектральної долини» між двома кластерами.



1.

( , );

( ) [5]

( , ) [24, 25];  
( ) [36]

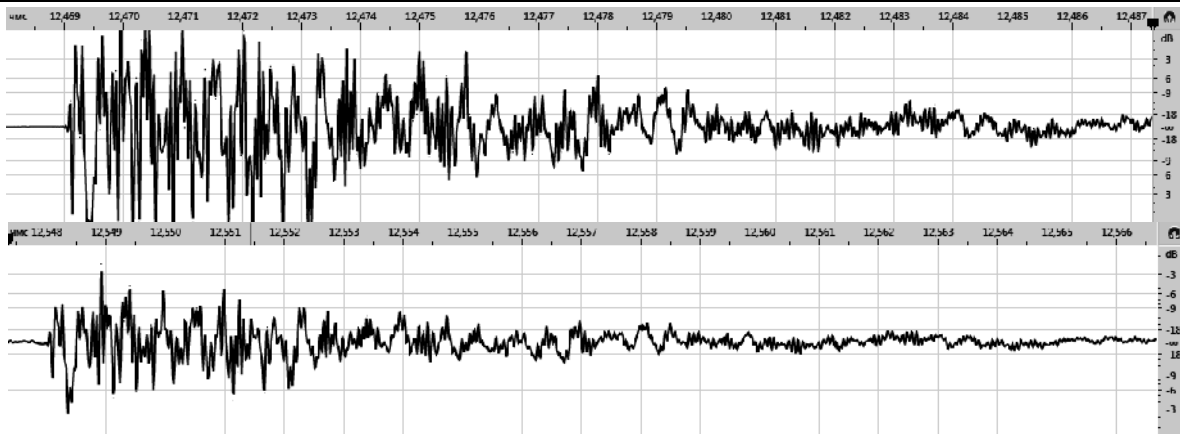
( ) [12];

Перевантажена нестандартними математичними образами, фрактальна топологія та дивна кінетика [37] в питаннях космічної спектродинаміки застосовує всі ті ж підходи, що й класична МГД: ігнорування струму зміщення, уявлення про вмороженість магнітного поля в плазму, переоцінку ролі нехвильових процесів переносу (дифузії та конвекції). Це відображено у коментарях [37] щодо особливостей у спектрах, наведених на рис. 1г,д.

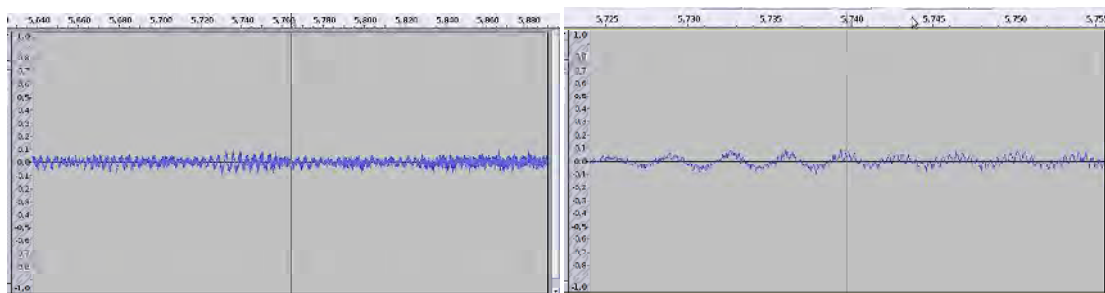
Відносно велика спектральна ширина низькочастотних компонент спектрів, показаних на рис. 1, свідчить про те, що параметр  $N_{ch}$  для них близький до одиниці. З вище наведених співвідношень, між тим, слідує, що  $N_{ch}$  близький до відомого числа Рейнольдса: гідродинамічного ( $Re$ ) та магнітного ( $Re_m$ ). Отже, для низькочастотних хвиль в рамках даного розгляду  $Re \sim Re_m \geq 1$ , що суттєво відрізняється від постулатів МГД щодо «космічних» значень чисел Рейнольдса в космічних системах на рівні  $10^6$ - $10^{10}$  [2–6].

Форма правої частини (12) відображає, принаймні, дві характерні особливості динамічних систем, що розглядаються тут: 1) колективна взаємодія збурень є настільки сильною, що практично повністю визначає динаміку системи, 2) накачка та дисипація енергії в окрему моду збурень тісно взаємопов'язані (через параметр  $v_{co}$ ) – за принципом «що віддав – те твоє». Останнє, очевидно, є ознакою динамічної самоорганізації в системі.

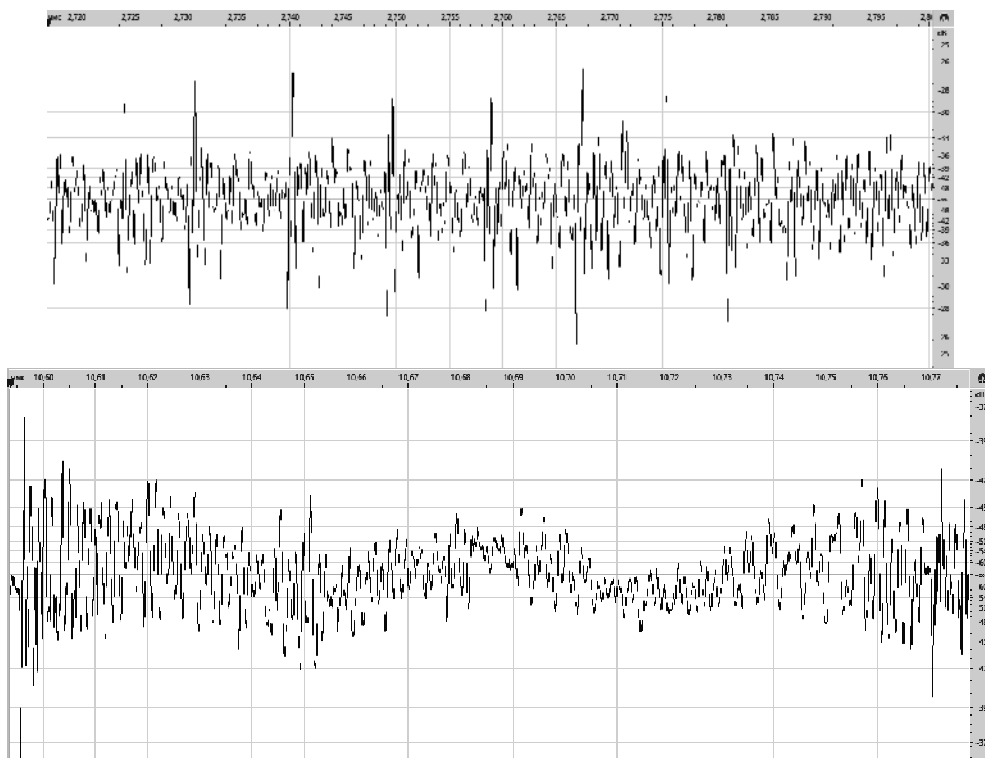
Взаємна трансформація мод і перенесення енергії та енстрофії за спектром збурень здійснюються переважно в процесах їх взаємодії на контактних поверхнях. Лінійність трансформації, що зберігає модовий характер збурень, підтверджується, зокрема, осцилограмами сигналів акустичної емісії в технічних системах. Приміром, на рис. 2 показані осцилограми трансформації акустичних хвиль (на основі яких в даному випадку формуються внутрішні хвилі) на поверхні дзеркала в результаті двох послідовних ударів кульки підшипника. Як видно, зберігаються практично всі характерні (і вельми заплутані) особливості сигналів. Спостерігається лише зменшення амплітуди по мірі згасання енергії ударника. Подібна ідентичність «акустичного підпису» спостерігалась також при ударах по інших поверхнях – зі зміною енергії ударника в межах, принаймні, трьох порядків величини, що прямо підтверджує лінійність процесів поверхневої трансформації хвиль.



. 2.



. 3.



. 4.

( )

( )

Приклад взаємодії трансформації двох мод (низькочастотної та високочастотної), збуджених коченням кульки підшипника поверхнею того ж дзеркала, показаний на рис. 3. Частотний спектр подібних процесів контактної взаємодії суттєво залежить від демпфуючих характеристик поверхні контакту. На рис. 4 наведені осцилограми акустичної емісії процесів кочення кульки підшипника поверхнею гетинаксового стола за відсутності (а) та за наявності (б) демпфуючої прокладки з листків паперу товщиною 0,1 мм. Як видно з осцилограм, а також з відповідних Фур'є-спектрів прийнятого акустичного сигналу, введення демпфера суттєво подавляє високочастотний кластер сигналу, практично не змінюючи загальний вид низькочастотного. Це свідчить про рівноправність останнього щодо свого незалежного походження – як окремої власної форми руху неперервного спектру. Такого роду моди суттєво розширюють спектр власних

мод обмеженого (локалізованого) середовища, який зазвичай зводять лише до відомих мод дискретного спектру.

В даному контексті зауважимо, що прийнятий в гідродинаміці підхід щодо розмежування акустичних та вихрових мод шляхом переходу до нестискуваного середовища (з відповідним зануленням дивергенції поля швидкості) [9] є неадекватним, оскільки, по суті, залишає поза увагою важливий клас внутрішніх інерційних хвиль у стискуваному середовищі, що розглядаються тут.

Відмітимо також важливу роль просторового та часового самообмеження в кооперативній динаміці систем. Без автолокалізації (незважаючи на можливість експансії в часі та просторі) та створення власних границь (у т.ч. контактних) кооперативна система не здатна самоорганізуватись, оскільки така самоорганізація ґрунтується на замиканні зворотних зв'язків, що неможливо в нелокальній системі. Формально це означає обмеженість просторових і часових спектрів збурень як згори, так і знизу.

Як не дивно, нарощування зворотних зв'язків врешті не тільки не заплутує, а навпаки, різко спрощує динамічне описання систем рівняннями виду (12), де фігурує єдиний «конституціональний» параметр  $v_{co}$ . В плазмі та металах, як показує дослід [1], утворення когерентних пакетів інерційних та електромагнітних хвиль можливе за умови близькості параметрів кооперативної та магнітної в'язкості:

$$v_m \approx v_{co}. \quad (35)$$

Між тим, інерційні та електромагнітні хвилі в таких пакетах не ідентичні за параметром когерентності  $N_{ch}$ , що пояснюється, зокрема, впливом мод дискретного спектру на інерційні моди неперервного спектру. Цей вплив виражається у частковій синхронізації мод, порушення (відновлення) якої обумовлює внутрішню динаміку пакетів.

Періоди  $T = 2\pi/\omega$ , довжини хвиль  $\lambda = 2\pi/k$  та модуль групової швидкості хвиль (і кут  $\alpha$ ) у таких пакетах пов'язані згідно (25) наступним чином:

$$\frac{\lambda^2}{T} = 2\pi N_{ch} v_{co}, \quad \frac{2\pi}{T} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{N_{ch} v_{co}}. \quad (36, 37)$$

Нижче будуть наведені результати аналізу такого роду «динамічних кооперативів» в космічних системах різного масштабу.

« — »

Параметр  $v_{co}$  для цієї системи не важко визначити з енциклопедичних джерел [5] щодо часових та просторових масштабів вікових варіацій геомагнітного поля в межах відповідно 60–7000 років та 600–6000 км, що дає:

$$v_{co} \approx (2,5-3,5) \times 10^5 \text{ см}^2/\text{с} \quad (38)$$

Така кооперативна в'язкість згідно з (9, 35) відповідає ефективній провідності надр Землі

$$\sigma \approx (2-3) \times 10^{14} \text{ с}^{-1} \approx (2-3) \times 10^4 \text{ См/м} \quad (39)$$

Остання в цілому відповідає провідності підконтактних (з рідким ядром) зон мантії, а також (з врахуванням високої температури) – провідності рідкого та твердого ядер Землі.

Найцікавішим (для нас) результатом аналізу даного «динамічного кооперативу» стало визначення просторового масштабу  $\lambda$ , що відповідає найбільшому часовому періоду  $\approx 700-800$  мільйонів років глобального руху континентів та плюм-тектонічної активності в історії Землі [13]. Як слідує з (36, 38), цей період добре узгоджується зі значенням  $\lambda \approx 2\pi R_{3-M}$ , де  $R_{3-M} \approx 384$  тис. км [5] – середня відстань від Землі до Місяця. З цього слідує, що глобальний рух континентів на нашій планеті та глибинні геодинамічні процеси в тілі Землі визначаються інтерференцією інерційних хвиль в кооперативній динамічній системі Земля – Місяць з параметром  $v_{co}$  згідно з (38). Це відкидає конвективний сценарій глобальної геодинаміки, розтиражований академічними інститутами [13], так само, як і аналогічний сценарій генерації геомагнітного поля конвективними рухами речовини рідкого ядра Землі [2–6].

« — »

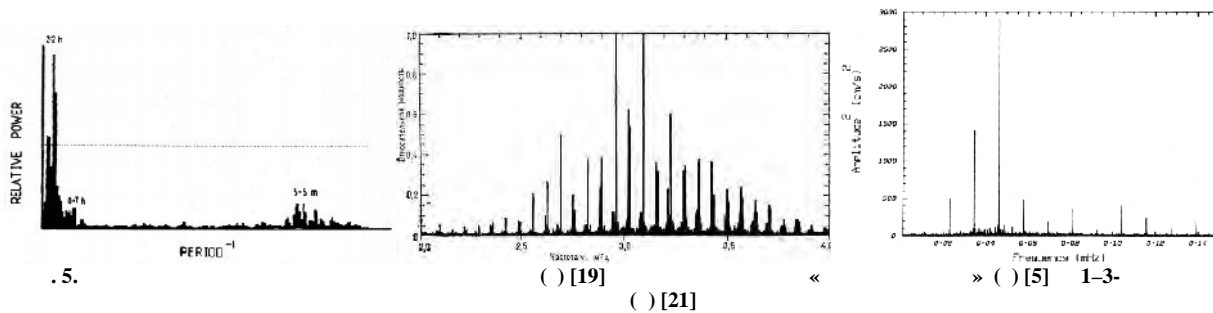
Основні періоди варіацій сонячної активності ( $\approx 11$  років та  $\approx 100$  років), а також просторово-часові параметри локалізованих когерентних структур руху в конвективній зоні та атмосфері Сонця (комірок грануляції, надгрануляції, гігантських комірок, сонячних плям, спікул, філаментів, протуберанців та ін.) взаємно узгоджені з параметром

$$v_{co} \approx (5-10) \times 10^{12} \text{ см}^2/\text{с} \quad (40)$$

При цьому підвищена когерентність основного періоду варіацій сонячної активності ( $N_{ch} \sim 10$ ) обумовлена частковою синхронізацією з періодом обертання Юпітера ( $T_{Ю} = 11,86$  років). Інерційно-хвильовий характер т.з. «торсійних коливань» на поверхні Сонця в ході основного циклу активності, що відмічений лише в окремих роботах [14], як і хвильовий характер надгрануляції [15], стандартно заперечується в основній масі публікацій, що декларують суто конвективний механізм динамічних процесів у однойменній зоні Сонця [5, 16–18]. У цьому контексті зауважимо, що сама назва «конвективна зона» Сонця є неадекватною, оскільки хибно відносить на рахунок конвекції динамічні процеси суто хвильового характеру. Це пояснює, зокрема, можливість реєстрації на поверхні Сонця не тільки відомих т.з. «п'ятихвилинних» коливань всього диску, що мають переважно акустичний характер [5, 19, 20], але й



значно триваліших 1–3-годинних коливань, що відповідають гравітаційним хвилям [19–21] – рис. 5. Останні в стандартній інтерпретації аж ніяк не змогли б подолати вельми широку конвективно-нестійку зону на поверхні Сонця. Контактна генерація внутрішніх інерційних хвиль, синхронізованих (частково) з гравітаційними модами Сонця, дозволяє подолати цей бар'єр. Накладання та взаємна трансформація інерційних мод суцільного спектру та акустично-гравітаційних мод дискретного спектру пояснює також існуючі розбіжності з фактом в теоретичних розрахунках останніх [5].



Топологічно-складні локалізовані структури руху, що спостерігаються на поверхні Сонця, потребують конкретизації кута  $\alpha$  в (18, 21, 37), а також просторової орієнтації векторів  $\vec{v}$  та  $\vec{k}$  у хвилях. Як показує, зокрема, аналіз динаміки спікул, для них кут  $\alpha$  між  $\vec{v}$  і  $\vec{k}$  становить  $80^\circ\text{--}85^\circ$ . При цьому спікули т.з. I–II роду [22] відрізняються орієнтацією хвильового вектора  $\vec{k}$ : радіальною (для спікул II роду), або ж тангенційною (для спікул I роду). Ця суто топологічна різниця вельми далека від наведених в роботі [22] різноманітних механізмів генерації спікул, що розглядаються у вузьких рамках МГД.

Взаємна трансформація мод в «динамічному кооперативі» Сонця, яка супроводжується дисипацією енергії, пояснює «аномально високу» температуру Сонячної корони. Щодо процесів у геліосфері поза внутрішньою короною Сонця, то вони відображають, безумовно, перехід до цілком іншої кооперативної динамічної системи. При періоді існування в декілька місяців найхарактернішої когерентної структури руху в цій системі (т.з. спіралі Паркера [5]), визначаючи параметр  $\lambda$  периметром геліосфери, з (36) отримуємо оцінку

$$v \sim 10^{24} \text{ см}^2/\text{с}, \tag{41}$$

що виходить далеко за межі (40) розглянутого вище «маленького Сонячного кооперативу».

Прихильники відомого ГЗК-обрізання (Грейзена – Зацепіна – Кузьміна) енергетичного спектру космічних променів [23] вперто відстоюють існування короткохвильової границі спектру на рівні  $\lg(E(\text{eV})) \approx 20,5$ , незважаючи на дані детектора AGASA (рис.1 е) та намагаються спростувати ці дані [23] без усвідомлення контактних механізмів генерації самих космічних променів надвисоких енергій [26].

Як уже відзначалось, характерною особливістю внутрішніх інерційних хвиль є відсутність обмежень на значення групової швидкості. Одночасно, виходячи лише з рівнянь Максвелла, не слід обмежувати фазову швидкість електромагнітних хвиль у провідному середовищі. Принаймні формально  $v_{ph} = c/\sqrt{\epsilon\mu} \gg c$  при  $\sqrt{\epsilon\mu} \ll 1$  (в даному випадку при рівнорозподілі електричної та магнітної енергії у хвилях домінуватиме вже не магнітна, як при  $v_{ph} \ll c$  [1], а електрична компонента поля – за умови  $\mu \sim 1$ ).

Із врахуванням (9, 35, 37) отримаємо оцінку верхньої границі частотного спектру пакетів інерційних та електромагнітних хвиль залежно від електропровідності середовища:

$$f = T^{-1} \leq \frac{v^2}{c^2} \times 2\mu\sigma \tag{42}$$

Енергіям космічних частинок на межі ГЗК-обрізання відповідають частоти  $f \sim 10^{35}$  Гц, що при обмеженні  $v \leq c$  згідно з (42) приводить до нереальних («космічних») значень  $\sigma$  на тому ж рівні, що й  $f$ . Значно логічніше однак взяти ці обмеження, допустивши наступне:

$$v^2 / c^2 \gg 1, \tag{43}$$

що автоматично понижає електропровідність генеруючих галактичних ядер до прийнятних значень. Таке допущення ставить під сумнів вже не лише загальну теорію відносності Ейнштейна [1, 26], але й спеціальну теорію відносності, яка успішно зарекомендувала себе в рамках земних умов та технологій. Добре усвідомлюючи той факт, що форма гідродинамічного рівняння Ейлера, яке лежить в основі (12), далека від релятивізму, і спираючись лише на топологічну спорідненість полів  $\vec{v}$  та  $\vec{A}$ , залишимо, однак, допущення (43) в силі. Протилежне, вочевидь, легко доведуть теоретики релятивізму, що звели свої побудови на основі механіки матеріальної точки Лагранжа, а не концепції поля Ейлера – Фарадея.

Отже, наявна різниця в спектрах космічних променів, зареєстрованих різними детекторами (рис. 1е)

пояснюється різницею в параметрах  $v_{co}$  (і відповідно –  $v_m$ ) для галактичних ядер, що є джерелами цих променів на різних ділянках неба. При цьому самі ядра, вочевидь, знаходяться від нас на відстанях, які не перевищують радіус т.з. ГЗК-сфери [23], що й пояснює відсутність «жаданої» границі спектру космічних променів, зокрема, в даних детектора AGASA.

Природа, вочевидь, не любить катастроф. Це, зокрема, виражається у вкрай рідкісних спалахах нових та наднових зір [27]. Однак, допускає катастрофи. Власне, як і наша технократична цивілізація, одне існування якої вже слід вважати катастрофою.

Відмітимо також поширеність «мікрокатастроф» у космічних системах, наприклад, сонячних спалахів, що супроводжуються гігантськими виверженнями плазми й електромагнітного поля в геліосферу. Ці «мікрокатастрофи», однак, можуть бути представлені лише особливим видом контактано-обумовленого витікання речовини і поля за межі системи, вже врахованим у параметрі  $v_{co}$ . Тому нижче мова йтиме про «справжні» макрокатастрофи, які знищують систему в цілому. Таке знищення, однак, веде до створення цілком нової дочірньої системи, причому у максимально стислі строки. Наприклад, на рис. 6а наведений знімок чудового космічного «намиста», що виникло на місці спалаху наднової зорі SN1987A за якихось півтора десятка років після вибуху [27]. Для порівняння на рис. 6б наведений знімок звичайної спіральної галактики, еволюційний синтез якої зайняв мільярди років.



. 6.

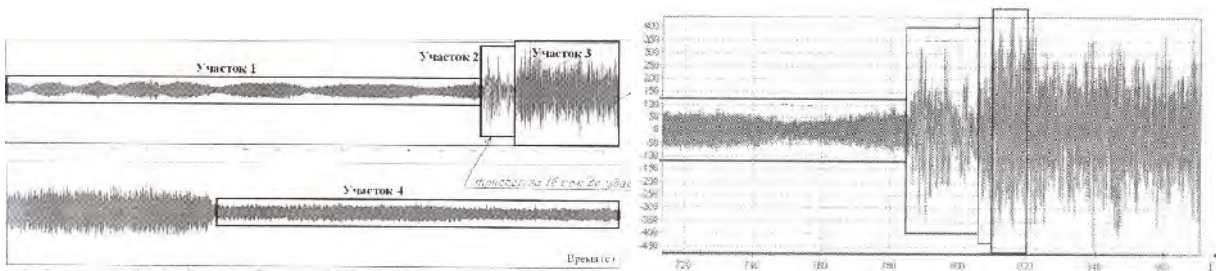
( ) [27]

( )

Флаттер (динамічне тріпотіння) як несумісне з цілісністю системи накопичення енергії в одній моді руху, що «відірвалась від колективу», в цілому нетиповий для космічних систем в зв'язку з наявністю щільного ряду конкуруючих власних частот і форм дискретного спектру для небесних тіл. Щодо Сонця це було доведено ще в процесі тривалої полеміки навколо виділеності т.з. 160-хвилинних коливань Сонця [5, 20, 28], які врешті виявились артефактом, пов'язаним з дев'ятою гармонікою обертання Землі [21]. Однак, тут, як і в технічних системах, можливий колективний флаттер за участю контактано-наведених інерційних хвиль, що розглядались вище. В такому випадку енергія збурень надмірно накопичується одразу у всій системі, що веде до її динамічного самознищення. З врахуванням оберненого енергетичного каскаду контактано-наведених внутрішніх хвиль [1, 26] максимальне накопичення енергії характерне саме для найбільших просторових та часових масштабів, що й пояснює знищення системи в цілому. Основний механізм енергопостачання тут внутрішній - за рахунок термоядерного синтезу та переходів ущільненої метастабільної речовини ядер систем у більш рівноважний стан [1, 26, 29].

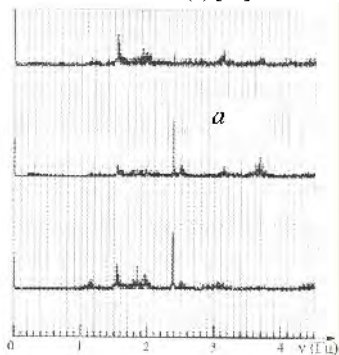
Ще у першій частині даної роботи [29] було відмічено співпадання генеруючого контактано розриву в сонячному ядрі з основною зоною термоядерного синтезу. У вельми рідкісних випадках вибухів нових та наднових зір подібне співпадіння створює прийнятні умови для ефективної енергетичної автомодуляції системи шляхом узгодженої з коливаннями оболонки зміни тиску в області термоядерного синтезу. Така автомодуляція в критичних випадках спричиняє як мінімум скидання оболонки, як максимум – крах системи. Подібний механізм дозволяє обійтись без штучних теоретичних конструкцій з колапсом ядра, жодна з яких не здатна змоделювати скидання оболонки [5, 27]. Внутрішня суперечливість цих конструкцій полягає у тому, що гіпотетичний колапс ядра вважається закономірним фіналом еволюції зір з масою, що перевищує вісім мас Сонця, в той час, як самі вибухи нових та наднових зір є вкрай рідкісними подіями [27].

Крім того, у випадку наднової SN1987A спостерігались не один, а два нейтринних спалахи, розділені часовим інтервалом майже в п'ять годин. Це аж ніяк не вписується в стандартну модель колапсу [5] та змушує розвивати альтернативні моделі декількох послідовних колапсів у сильно деформованій системі, що обертається [27]. Подібні моделі, як і початкова, виглядають вельми штучними та суперечливими.

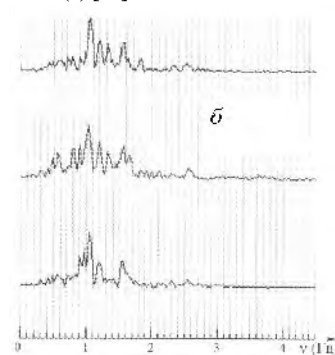


. 7. ( ) [32]

( ) [33]



а

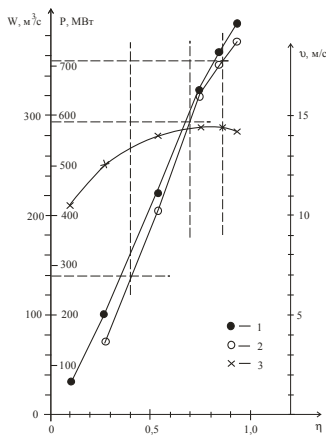


б

. 8. , , . 7,

: ( ) - [33] - 2 , ( ) -

В якості технічного аналога коротко розберемо тут механізм відомої гідроенергетичної катастрофи на Саяно-Шушенській ГЕС, офіційно зведений до шпильок [30]. Незатягнуті шпильки кришки турбіни другого гідроагрегату (ГА-2) СШГЕС, безумовно, зіграли свою фатальну роль у цій (найбільшій за всю історію гідроенергетики) катастрофі. Роль найслабшої ланки. Однак, були й інші (невстановлені досі) чинники, що розглядаються нижче.



. 9.

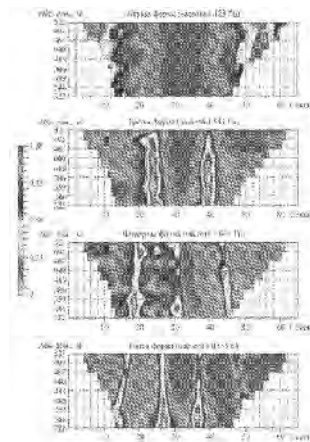
(1),

. 10.

(2)

(3),

[31]



[34]

З сейсмограм катастрофи (рис. 7) чітко видно якісну зміну сейсмічного пакету збурень, що генеруються роботою гідроагрегатів в уміщальному геологічному середовищі, в момент виведення ГА-2 з робочої (третьої) в аварійно-небезпечну другу зону в процесі планового зниження потужності гідроагрегата. В значно підсиленому пакеті інерційних хвиль домінують моди з періодами  $\approx 1$  с,  $\approx 6-7$  с та  $\approx 20$  с, які забезпечують типовий каскадний процес [26, 29] перенесення енергії потоку з лопаток направляючого апарату ГА-2 на статор і далі в уміщальне геологічне середовище. В спектрі височастотних збурень на першому етапі катастрофи (до порушення цілісності кришки турбіни) домінує частота  $\approx 1,08$  Гц (рис. 8б), яка за нашими розрахунками (рис. 9), є другою гармонікою частоти обертання потоку біля лопаток направляючого апарату. На подальших етапах катастрофи по мірі наростання швидкості потоку здійснюється перехід на третю, четверту та частково п'яту гармоніку початкової частоти, що говорить про еволюцію колективної гідродинамічної структури руху, сформованої на першому етапі. Такого роду структури стали справжнім прокляттям СШГЕС з початку її експлуатації [31]. Вони візуально проявляли себе в т.з. другій та четвертій [31] аварійно-небезпечних зонах через концентрацію завихореності потоку за турбінами у вигляді відомих жгутів спіральної форми [31, 33]. Однак менш відомо (точніше – невідомо зовсім), що аналогічні жгути завихореності неминуче продовжувались у статор, формуючи вкرای

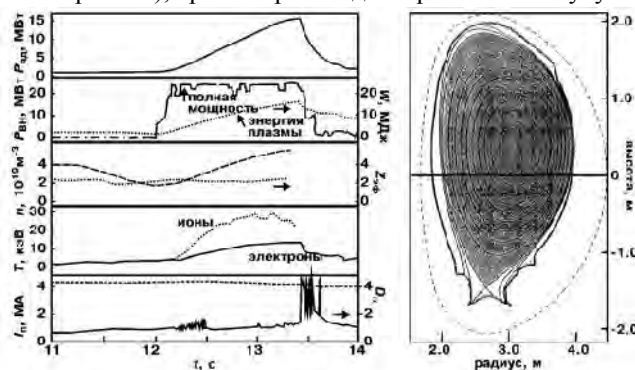
анізотропне поле вібронпружень, під яке врешті попадали й окремі шпильки кришок турбін. Анізотропія пошкоджень в ряду шпильок ГА-2 добре висвітлена в акті [30] на відміну від причин катастрофи.

Наведені вище гармоніки частоти обертання потоку дуже близькі до частот відповідно першої, третьої, четвертої та п'ятої форм радіальних коливань плотины СШАЕС (рис. 10), що позначає частковий флаттер в системі. Однак, значно більшу роль у виникненні катастрофи зіграв флаттер лопаток конструктивно-слабкого направляючого апарату ГА-2, що забезпечив згадувану вже енергетичну автомодуляцію системи. Після формування когерентної гідродинамічної структури руху ці лопатки фактично стали зайвими і були частково зрізані потоком води по мірі наростання енергії збурень [30]. Подальша енергетична накачка катастрофи здійснювалась контактною взаємодією потоку з колонами статора (спіральної камери) ГА-2.

На завершення даного розгляду коротко зупинимось на деяких проблемах керованого термоядерного синтезу (КТС), що мають пряме відношення до теми. Інтерес «катастрофічної цивілізації» до КТС прокинувся, як відомо, одразу після «успішного» випробування першої термоядерної бомби. Відомо також, що подібний інтерес до мирної ядерної енергетики, який проявився одразу після настільки ж «успішного» випробування ядерної бомби (десятиліттям раніше), врешті призвів до Чорнобиля та Фукусіми.

Авторам проєктів КТС, які цілковито довіряють МГД, невідомо, однак, про існування згадуваного вже оберненого енергетичного каскаду в пакеті когерентних інерційних та електромагнітних хвиль. Цей каскад, між тим, несучи енергію в бік великих просторових масштабів, очевидно, й призвів до аварійної зупинки термоядерного реактора JET (найбільшого на той час у світі) в ході рекордного сеансу в жовтні 1997 р. – рис. 11. Основна проблема класичного КТС – уникнути контакту плазми зі стінками робочої камери – впирається саме в цей каскад, що спонукає локалізовану плазмову конфігурацію до розширення (експансії) у просторі. Чи вдасться зупинити таку експансію заміною токамаків на стелларатори – велике питання. Принаймні, за рік, що пройшов від церемоніального пуску найбільшого на-сьогодні стелларатора, відповіді ми на нього не отримали.

Стосовно ж альтернативних проєктів інерціального термоядерного синтезу в даному контексті зауважимо, що для забезпечення відомого критерію Лоусона тут вкрай важлива ізотропія фронту ударних хвиль, ініційованих взаємодією випромінювання накачки з мішенню. Однак, супутні інерційні хвилі, що неодмінно виникнуть в результаті такої взаємодії, як показують всі попередні дослідження, характеризуються чим завгодно, тільки не просторовою ізотропією.



. 11.

JET ( )

JET

( ) [35].

( )

1. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарної, сонячної, галактичної та метagalacticної енергії та електромагнетизму. Частина VII / Ю.П. Заспа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 3. – С. 212–221.

2. Эльзассер В.М. Магнитная гидродинамика / В.М. Эльзассер // УФН. – 1958. – Т. LXIV, № 3. – С. 529–588.

3. Сыроватский С.И. Магнитная гидродинамика / С.И. Сыроватский // УФН. – 1957. – Т. LXII, № 3. – С. 247–303.

4. Соколов Д.Д. Динамо: на пути от астрофизических моделей к лабораторному эксперименту / Д.Д. Соколов, Р.А. Степанов, П.Г. Фрик // УФН. – 2014. – Т. 184, № 3. – С. 313–335.

5. Физическая энциклопедия : в 5 т. / под. ред. А.М. Прохорова. – М. : Большая рос. энц., 1999. – 760 с.

6. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М. : Наука, 1982. – 660 с.

7. Ландау Л.Д. Теория поля / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М. : Наука, 1988. – 512 с.

8. Савельев И.В. Основы теоретической физики / Савельев И.В. – М. : Наука, 1991. – 496 с.

9. Ландау Л.Д. Гидродинамика / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М. : Наука, 1986. – 736 с.

10. Бондур В.Г. Внутренние волны на материковом и островном шельфах открытого океана: сравнительный анализ на примере наблюдений на Нью-Йоркском и Гавайском шельфах / В.Г. Бондур, Ю.В. Гребенюк, К.Д. Сабинин // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 46, № 5. – С. 694–702.

11. Бондур В.Г. Аномальная изменчивость инерционных колебаний океанских вод на Гавайском шельфе / В.Г. Бондур, К.Д. Сабинин, Ю.В. Гребенюк // ДАН. – 2013. – Т. 450, № 1. – С. 100–104.

12. Ярошук И.О. Экспериментальные исследования внутренних волн в прибрежной зоне Японского моря / И.О. Ярошук, А.П. Леонтьев, А.В. Кошелева // Подводные исследования и робототехника. – 2013. – № 1 (15). – С. 37–44.

13. Кузьмин М. Глубинная геодинамика – основной механизм развития Земли / М. Кузьмин, В. Ярмолюк, В. Кравчинский // Наука в России. – 2013. – № 6 (198). – С. 10–19.
14. Ulrich R.K. Very Long Lived wave Patterns Detected in the Solar Surface Velocity Signal / R.K. Ulrich // The Astrophys. – 2001. – V. 560. – P. 466–475.
15. Gizon L. Wave-like Properties of Solar Supergranulation / L. Gizon, T.L. Duvall, J. Schou // Nature. – 2003. – V. 421. – P. 43–44.
16. Zlebciak R. Space-time Segmentation Method for Study of the Vertical Structure and Evolution of Solar Supergranulation from data provided by local helioseismology / R. Zlebciak, M. Svanda, M. Klvana // New Astronomy. – 2011. – V. 16. – P. 1–5.
17. Hathaway D.H. Giant Convection Cells Found on the Sun / D.H. Hathaway, L. Upton, O. Colegrove // Science. – 2013. – V. 342, N 6163. – P. 1217–1219.
18. Rast M.P. The Scales of Granulation, Mesogranulation and Supergranulation / M.P. Rast // The Astrophys. J. – 2003. – V. 597. – P. 1200–1210.
19. Brookes J.R. The Search for Solar Oscillations, 1974 to 1976 / J.R. Brookes, G.R. Isaak, C.P. McLeod et. al. // Mon. Not. R. Astr. Soc. – 1978. – V. 184. – P. 759–767.
20. Воронцов С.В. Собственные колебания Солнца и планет-гигантов / С.В. Воронцов, В.Н. Жарков // УФН. – 1981. – Т. 134, № 4. – С. 675–709.
21. Elsworth Y.P. The 160 Minute Solar Oscillation: an Artifact? / Y.P. Elsworth, S.M. Jefferies, C.P. McLeod et.al. // The Astrophys. J. – 1989. – V. 338. – P. 557–562.
22. De Pontieu B. A Tale of Two Spicules: The Impact of Spicules on the Magnetic Chromosphere / B. De Pontieu, S. McIntosh, V.H. Hansteen et.al. // Publ. Astron. Soc. Japan. – 2007. – V. 59. – P. S655–S662.
23. Ткачев И.И. Наблюдение эффекта Грейзена – Зацепина – Кузьмина обсерваторией Telescope Array / И.И. Ткачев // УФН. – 2011. – Т.181, № 9. – С. 990–997.
24. Птускин В.С. Происхождение космических лучей / В.С. Птускин // УФН. – 2010. – Т. 180, № 9. – С. 1000–1004.
25. Филоненко А.Д. Радиационный метод измерения потоков космических частиц сверхвысокой энергии / А.Д. Филоненко // УФН. – 2012. – Т. 182, № 8. – С. 793–827.
26. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарної, сонячної, галактичної та метagalacticної енергії та магнетизму. Частина VI / Ю.П. Заспа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 1. – С. 221–231.
27. Ряжская О.Г. Нейтрино от гравитационных коллапсов звезд: современный статус эксперимента / О.Г. Ряжская // УФН. – 2006. – Т.176, № 10. – С. 1039–1050.
28. Kotov V.A. 160 Minute Solar Variations and the 22 Year Cycle / V.A. Kotov, T.T. Tsap // Solar Phys. – 1990. – V. 128. – P. 269–280.
29. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарного, сонячного і галактичного магнетизму. Частина I / Ю.П. Заспа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 5(229). – С. 106–118.
30. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 17 августа 2009 года в филиале Открытого Акционерного Общества «Русгидро» / Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного. – Ростехнадзор, 2009. – 70 с.
31. Брызгалов В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций / Брызгалов В.И. – СШГЭС, 1999. – 561 с.
32. Марчук А.Н. Геологические и геодинамические аспекты в комплексе причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС / А.Н. Марчук, Н.А. Марчук // Гидротехническое строительство. – 2012. – № 1. – С. 48–57.
33. Лобановский Ю.И. Гидроакустический бустинг – способ возбуждения катастрофических автоколебаний в напорной системе Саяно-Шушенской ГЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://synerjetics.ru/article/busting.htm>
34. Инженерно-сейсмологические исследования зданий и крупных промышленных сооружений с использованием мощных вибрационных источников [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://org.sssc.ru/attachments/013-ch-10c.pdf>
35. Мирнов С.В. Токамаки: триумф или поражение? / С.В. Мирнов // Природа. – 1999. – № 12. – С. 26–37.
36. Ладынин А.В. Дипольные источники главного геомагнитного поля / А.В. Ладынин // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 4. – С. 634–649.
37. Зеленый Л.М. Фрактальная топология и странная кинетика: от теории перколяции к проблемам космической электродинамики / Л.М. Зеленый, А.В. Милованов // УФН. – 2004. – Т. 174, № 8. – С. 809–852.
38. Засов А.В. Темная материя в галактиках / А.В. Засов, А.С. Сабурова, А.В. Хоперсков, С.А. Хоперсков // УФН. – 2017. – Т.187, № 1. – С. 3–44.
39. Раздубурдин Д.Н. Транзиентная динамика возмущений в астрофизических дисках / Д.Н. Раздубурдин, В.В. Журавлев // УФН. – 2015. – Т. 185, № 11. – С. 1129–1161.

#### References

1. Zaspа Yu.P. Kontaktne dynamo yak henerator koherentnykh kosmichnykh form rukhu ta dzherelo planetarnoi, halaktychnoi ta metahalaktychnoi enerhii ta elektromagnetyzmu. Chastyna VII / Yu.P. Zaspа // Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences. – 2017. – # 3. – S. 212–221.

2. Elzasser V.M. Mahnytnaia hydrodynamika / V.M. Elzasser // UFN. – 1958. – Т. LXIV, # 3. – С. 529–588.
3. Syrovatskiy S.Y. Mahnytnaia hydrodynamika / S.Y. Syrovatskiy // UFN. – 1957. – Т. LXII, # 3. – С. 247–303.
4. Sokolov D.D. Dynamo: na puty ot astrofizycheskykh modelei k laboratornomu eksperimentu / D.D. Sokolov, R.A. Stepanov, P.H. Fryk // UFN. – 2014. – Т. 184, # 3. – С. 313–335.
5. Fizycheskaia entsyklopediya : v 5 t. / pod. red. A.M. Prokhorova. – M. : Bolshaia ross. ents., 1999. – 760 s.
6. Landau L.D. Elektrodynamika sploshnykh sred / Landau L.D., Lyfshyts E.M. – M. : Nauka, 1982. – 660 s.
7. Landau L.D. Teoriya polia / Landau L.D., Lyfshyts E.M. – M. : Nauka, 1988. – 512 s.
8. Savelev Y.V. Osnovy teoretycheskoi fizyky / Savelev Y.V. – M. : Nauka, 1991. – 496 s.
9. Landau L.D. Hydrodynamika / Landau L.D., Lyfshyts E.M. – M. : Nauka, 1986. – 736 s.
10. Bondur V.H. Vnutrennye volny na materykovom y ostrovnom shelfakh otkrytoho okeana: sravnitelnyi analiz na primere nabliudeni na Niu-Yorkskom y Havaiskom shelfakh / V.H. Bondur, Yu.V. Hrebenuk, K.D. Sabynyn // Yzvestiya RAN. Fizyka atmosfery y okeana. – 2010. – Т. 46, # 5. – С. 694–702.
11. Bondur V.H. Anomalnaia yzmenchivost ynerzsiyonykh kolebaniy okeanskykh vod na Havaiskom shelfe / V.H. Bondur, K.D. Sabynyn, Yu.V. Hrebenuk // DAN. – 2013. – Т. 450, # 1. – С. 100–104.
12. Yaroshchuk Y.O. Eksperimentalnye yssledovaniya vnutrennykh voln v prybrezhnoi zone Yaponskoho moria / Y.O. Yaroshchuk, A.P. Leontev, A.V. Kosheleva // Podvodnye yssledovaniya y robototekhnika. – 2013. – # 1 (15). – С. 37–44.
13. Kuzmyn M. Hlubynnaia heodynamika – osnovnoi mekhanyzm razvityia Zemly / M. Kuzmyn, V. Yarmoliuk, V. Kravchynskiy // Nauka v Rossy. – 2013. – # 6 (198). – С. 10–19.
14. Ulrich R.K. Very Long Lived wave Patterns Detected in the Solar Surface Velocity Signal / R.K. Ulrich // The Astrophys. – 2001. – V. 560. – P. 466–475.
15. Gizon L. Wave-like Properties of Solar Supergranulation / L. Gizon, T.L. Duvall, J. Schou // Nature. – 2003. – V. 421. – P. 43–44.
16. Zlebciik R. Space-time Segmentation Method for Study of the Vertical Structure and Evolution of Solar Supergranulation from data provided by local helioseismology / R. Zlebciik, M. Svanda, M. Klvana // New Astronomy. – 2011. – V. 16. – P. 1–5.
17. Hathaway D.H. Giant Convection Cells Found on the Sun / D.H. Hathaway, L. Upton, O. Colegrove // Science. – 2013. – V. 342, N 6163. – P. 1217–1219.
18. Rast M.P. The Scales of Granulation, Mesogranulation and Supergranulation / M.P. Rast // The Astrophys. J. – 2003. – V. 597. – P. 1200–1210.
19. Brookes J.R. The Search for Solar Oscillations, 1974 to 1976 / J.R. Brookes, G.R. Isaak, C.P. McLeod et. al. // Mon. Not. R. Astr. Soc. – 1978. – V. 184. – P. 759–767.
20. Vorontsov S.V. Sobstvennye kolebaniya Solntsa y planet-hyantov / S.V. Vorontsov, V.N. Zharkov // UFN. – 1981. – Т. 134, # 4. – С. 675–709.
21. Elsworth Y.P. The 160 Minute Solar Oscillation: an Artifact? / Y.P. Elsworth, S.M. Jefferies, C.P. McLeod et.al. // The Astrophys. J. – 1989. – V. 338. – P. 557–562.
22. De Pontieu B. A Tale of Two Spicules: The Impact of Spicules on the Magnetic Chromosphere / B. De Pontieu, S. McIntosh, V.H. Hansteen et.al. // Publ. Astron. Soc. Japan. – 2007. – V. 59. – P. S655–S662.
23. Tkachev Y.Y. Nabliudeniye effekta Hreizena – Zatsyepyna – Kuzmyna observatoryei Telescope Array / Y.Y. Tkachev // UFN. – 2011. – Т. 181, # 9. – С. 990–997.
24. Ptuskyn V.S. Proyskhozhdniye kosmycheskykh lucei / V.S. Ptuskyn // UFN. – 2010. – Т. 180, # 9. – С. 1000–1004.
25. Fylonenko A.D. Radyastronomicheskiy metod yzmereniya potokov kosmycheskykh chastyts sverkhvysokoi enerhiy / A.D. Fylonenko // UFN. – 2012. – Т. 182, # 8. – С. 793–827.
26. Zaspа Yu.P. Kontaktne dynamo yak henerator koherentnykh kosmichnykh form rukhu ta dzherelo planetarnoi, soniachnoi, halaktychnoi ta metahalaktychnoi enerhii ta mahnyetizmu. Chastyna VI / Yu.P. Zaspа // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2017. – # 1. – С. 221–231.
27. Riazhskaia O.H. Neitryno ot hravytatsyonykh kollapsov zvezd: sovremenniy status eksperimenta / O.H. Riazhskaia // UFN. – 2006. – Т. 176, # 10. – С. 1039–1050.
28. Kotov V.A. 160 Minute Solar Variations and the 22 Year Cycle / V.A. Kotov, T.T. Tsap // Solar Phys. – 1990. – V. 128. – P. 269–280.
29. Zaspа Yu.P. Kontaktne dynamo yak henerator koherentnykh kosmichnykh form rukhu ta dzherelo planetarneho, soniachnoho i halaktychnoho mahnyetizmu. Chastyna I / Yu.P. Zaspа // Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences. – 2015. – # 5(229). – С. 106–118.
30. Akt tekhnicheskoho rassledovaniya prychny avaryy, proysshedshei 17 avhusta 2009 hoda v fyliale Otkrytoho Aktsyonernoho Obshchestva «Rushydro» / Saiano-Shushenskaia HES ymeny P.S. Neporozhneho. – Rostekhnadzor, 2009. – 70 s.
31. Bryzghalov V.Y. Yz opyta sozdaniya y osvoiniia Krasnoiariskoy y Saiano-Shushenskoii hydroelektrostantsyi / Bryzghalov V.Y. – SShHES, 1999. – 561 s.
32. Marchuk A.N. Heolohycheskye y heodynamicheskye aspekty v komplekse prychny avaryy na Saiano-Shushenskoii HES / A.N. Marchuk, N.A. Marchuk // Hydrotekhnicheskoe stroitelstvo. – 2012. – # 1. – С. 48–57.
33. Lobanovskiy Yu.Y. Hydroakusticheskiy bustynh – sposob vobuzhdeniia katastroficheskyykh avtokolebaniy v napornoii sisteme Saiano-Shushenskoii HES [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://synerjetics.ru/article/busting.htm>
34. Ynzhenerno-seismolohycheskye yssledovaniya zdaniy y krupnykh promyshlennykh sooruzheniy s spozlyovanyem moshchnykh vybratsyonykh ystochnykov [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://org.sssc.ru/attachments/013-ch-10c.pdf>
35. Myrnov S.V. Tokamaky: tryumf yly porazheniye? / S.V. Myrnov // Pryroda. – 1999. – # 12. – С. 26–37.
36. Ladynyn A.V. Dypolnye ystochnyky hlavnoho heomahnytnoho polia / A.V. Ladynyn // Heolohiya y heofizyka. – 2014. – Т. 55, # 4. – С. 634–649.
37. Zeleniy L.M. Fraktalnaia topolohiya y strannaia kynetyka: ot teoryy perkoliatsyy k problemam kosmycheskoi elektrodynamiky / L.M. Zeleniy, A.V. Mylovanov // UFN. – 2004. – Т. 174, # 8. – С. 809–852.
38. Zasov A.V. Temnaia materyia v halaktykakh / A.V. Zasov, A.S. Saburova, A.V. Khoperskov, S.A. Khoperskov // UFN. – 2017. – Т. 187, # 1. – С. 3–44.
39. Razdoburdyn D.N. Tranziyentnaia dynamika vozmushcheniy v astrofizycheskykh diskakh / D.N. Razdoburdyn, V.V. Zhuravlev // UFN. – 2015. – Т. 185, # 11. – С. 1129–1161.

Рецензія/Peer review : 18.09.2017 р.

Надрукована/Printed :27.10.2017 р.