

БІОЛОГІЧНА ЕНЕРГІЯ

Анотація: Відштовхуючись від базових визначень енергії як універсальної міри фізичного руху матерії та міри можливих корисних перетворень даного руху, розглядаються особливості екстраполяції поняття енергії до біологічних систем. Біологічна енергія подана як надлишок вільної енергії біосистеми за виключенням елементарних (фізичних) вільних енергій її. Біологічна енергія еквівалентна максимальній біологічній роботі, яка проявляється в переході від безладдя до впорядкованості та структурованості біосистеми. Причому вказаний процес відбувається за внутрішнього керування від самої біосистеми.

Ключові слова: енергія, робота, вільна енергія, біологічна форма матерії.

Summary: Starting from the basic definitions of energy as a universal measure of physical movement of matter and a measure of possible useful transformations of this motion, the features of extrapolation of the concept of energy to biological systems are considered. Biological energy is presented as the excess free energy of the biosystem with the exception of its elementary (physical) free energies. Biological energy is equivalent to maximum biological work, which is manifested in the transition from disorder to orderliness and structure of the biosystem. Moreover, this process occurs under internal control from the biosystem itself.

Key words: energy, work, free energy, biological form of matter.

В процесі викладання курсу біофізики студентам Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ) провідний акцент завжди ставився на категорії “Енергія”. Видатний фізик ХХ-го століття А. Ейнштейн, автор спеціальної та загальної теорії відносності, основною працею свого життя

вважав не теорію фотоефекта, за що він отримав Нобелівську премію (1921 р.), а створення єдиної теорії поля, в якій би об'єднались загальні закономірності всіх типів взаємодій, зокрема електромагнітних та гравітаційних. Одним із інтегруючих факторів цієї нової теорії виступала енергія, немає **матерії** без енергії, як немає **енергії** без матерії, любив повторювати вчений.

Особливість базової природничої освіти університетського рівня біологічного напрямку, до яких відносяться практично всі спеціальності вищої освіти **аграрного** профілю, полягає в регулярному прямому чи прихованому використанні логічного модуля “**біологічна енергія**“, розуміння якого серед студентів недостатнє. Зробимо кілька уточнень та зауважень стосовно цього.

В дослідній фізиці **енергія** визначається за допомогою вихідного поняття механічної **роботи** та ньютонівської категорії **сили** – зовнішнього фактора, що призводить до зміни швидкості тіла, а точніше зміни його імпульсу (другий закон Ньютона). **Механічна робота** або **робота сили** (A) – це добуток величини сила (F_l) на величину переміщення тіла у напрямку сили (l): $A = F_l \cdot l$. Зменшення запасу **енергії** системи еквівалентне виконаній системою **роботі**. З іншої сторони, сила може бути розглянута як похідна енергії, а саме, як зменшення **потенціальної** енергії (U) на одиницю довжини у напрямку найшвидшого спадання потенціальної енергії (взятий з протилежним знаком **градієнт потенціальної енергії**): $\vec{F} = -\text{grad}U$.

В теоретичній фізиці найпростіший стан досліджуваної системи – механічний стан – повністю описується **функцією Лагранжа**, за допомогою якої, відповідно до принципу найменшої дії, знаходиться загальне формулювання закону руху механічних систем. Вказана функція вимірюється в тих самих одиницях, що і **енергія**, точніше функція Лагранжа еквівалентна різниці кінетичної та потенціальної енергій механічної системи. Поняття енергії в теоретичній механіці [1, с. 24] пов'язується з існуванням **інерціальних** систем відліку, в яких форми існування матерії - простір і час – мають ознаки глобальної симетрії, вони **однорідні** та **ізотропні**. Зокрема із закону руху механічної системи, який інтерпретується як другий закон Ньютона, та

принципу **однорідності часу** і впливає збереження величини, яку називають **енергією**. Закон збереження енергії механічних систем справедливий не тільки для **замкнутих** систем, але й для **відкритих** систем, що знаходяться в постійному, не залежному від часу зовнішньому полі. До речі механічні системи, енергія яких залишається незмінною, називають **консервативними**, на відміну від неконсервативних систем.

В термодинаміці розрізняють два шляхи зміни енергії (внутрішньої енергії макроскопічної системи): шляхом зміни об'єму системи (розширення тіла) та шляхом зміни її температури. Перший шлях називається **макроскопічною роботою**, а другий – теплопередачею. Таким чином, якщо механічна робота означає переміщення тіла під дією сили, що виконує дане переміщення, то термодинамічна робота **узагальнює** поняття роботи до переміщення робочого тіла в усіх напрямках одночасно, тобто до загальної зміни границь локалізації макроскопічного тіла.

Електричний вид енергії (E) пов'язується з характерним типом глобальних взаємодій у природі, індукованих такою властивістю матерії, яка називається **електричним зарядом** (q): $E = q \cdot \Delta\varphi$, де $\Delta\varphi$ – різниця потенціалів між заданими точками простору. Але дане співвідношення можна звести до стандартного (механічного) через категорію сили: $E = -q \cdot \Delta\varphi = -q \cdot (-\text{grad}\varphi \cdot \Delta\vec{r}) = F_{\Delta r} \cdot \Delta\vec{r}$, де $-\text{grad}\varphi$ – напруженість електричного поля. **Аналогічно** будь-який вид **фізичної енергії** можна прив'язати до класичного поняття “робота сили” (механічна робота).

Глобальна роль енергії в науках природничого напрямку полягає в двох тезах:

1) Енергія не щезає в нікуди і не виникає ні звідки, сума всіх видів енергії в ізольованій системі залишається **постійною** величиною. Тому енергія виступає **універсальною мірою фізичного руху** матерії.

2) Шлях **перетворення** енергії з одного виду в інший пов'язується з роботою. У вузькому сенсі під роботою розуміють **міру корисного**

використання певного запасу енергії. Робота походить не від слова “раб“, а від слова “корисність“.

Так в чому ж родзинка біологічної енергії? Жива матерія має кілька характерних ознак [2, с. 19].

1. Принципова відкритість біологічних систем. Біологічна система не може існувати без постійного обміну **енергією** та речовинами з оточуючим середовищем.

2. Подразливість живого. **Активна** вибіркова внутрішньо керована реакція на зовнішній подразник. Загальний та частковий рух біооб’єкта безпосередньо обумовлюється подразливістю.

3. Здатність відтворювати собі подібних. Розмноження. Вірус, клітина, організм – це фабрики фабрик, здатні наситити своїм “товаром“ оточуючий світ. Нові біооб’єкти утворюються з таких же, за тією ж матрицею – генетичним кодом. Реалізується **енергетична економічність** “біологічного виробництва“.

4. **Саморегуляція**. Біосистема має обернений зв’язок з внутрішніми процесами в ній, здатним впливати на них, наприклад для стабілізації параметрів або потоків. Вона є **автоколивальною**, самоорганізуючою системою..

5. Живі організми **розвиваються** та пристосовуються до нових викликів середовища, адаптації до нього. Відбувається ускладнення складного, нелінійні зміни, мінливість в напрямку досконалості, **енергетичної ефективності**.

6. Висока складність та **узгодженість** підсистем. Структурна та функціональна впорядкованість. Цілісність та дискретність компонентів і структурно-функціональна їх єдність. В основі біологічної форми руху матерії лежить взаємозв’язок та підпорядкованість різних рівнів організації біосистем, що реалізуються завдяки постійному **обміну енергії** між ними.

7. Живі організми складаються з високо впорядкованих молекул – білків та нуклеїнових – **високоенергетичних** та **високоінформативних** модулів живої матерії.

Життя, як сказав класик, є спосіб існування білкових тіл, можна лише додати і нуклеїнових кислот.

В контексті визначального зв'язку енергії з роботою слід відмітити наступне. Якщо для **механічної** енергії будь-яке перетворення її і складає власне роботу, то для енергії в широкому повному її розумінні з залученням складових частин енергії макроскопічної системи – **внутрішньої** енергії, яка по своїй природі може бути і тепловою, і хімічною, і атомною, і ядерною, - не вся ця енергія може бути перетворена в роботу. Завжди при даній температурі існує частина внутрішньої енергії не доступна для використання – зв'язана енергія, мірою величини якої є **ентропія** – характеристика безладдя системи. Інша частина внутрішньої енергії, яка може бути перетворена в роботу і визначає її найбільшу величину, має назву **вільної енергії**. Розрізняють вільну енергію Гельмгольца (F), функції температури (T) та об'єму (V) та вільну енергію Гіббса (G), функції температури (T) та тиску (P). **Біологічна енергія** виступає надлишком відповідних вільних енергій за виключенням чисто фізичних робіт:

$$E_B = [-\Delta F]_{T,V}; \quad E_B = [-\Delta G]_{T,P}$$

- відповідно біологічна енергія за Гельмгольцом та Гіббсом.

По знаку зміни вільних енергій ΔF або ΔG можна зробити висновок про направленість процесу – від'ємний знак означає **екзергонічний** (самодовільний) процес, додатній знак означає **ендергонічний** процес, процес, що потребує додаткового надходження енергії.

Таким чином, біологічна енергія є **вільною енергією біологічної системи, що цілеспрямовано витрачається на здійснення біологічної корисності** для даної чи оточуючих біосистем в контексті пунктів 1-7: енергетичного обміну, подразливості, розмноження, саморегуляції, адаптації, структурно-функціональної підпорядкованості, макромолекулярного синтезу.

Біологічна енергія як і фізичне поле перебуває в постійному русі, вона є складовою постійності потоків накопичення і витрат (гомеорез) біосистеми. Сенс життя і полягає в продукуванні корисності не тільки самій особині, виду, але й іншим видам популяціям та й взагалі біоценозу. Посадити дерево,

побудувати будинок, народити дитину – створити щось значуще чи просто бути потрібним – ось напрямок трансформації біологічної енергії. Якщо в елементарних, фізичних процесах справедливий закон деградації рівня енергії, перетворення її в неупорядковану хаотичну форму, то біологічна енергія має тенденцію на обернене перетворення: від простого до складного, від безладдя до впорядкованості та структурованості. Сходження до досконалості. Причому вказаний процес відбувається при внутрішньому керуванні від самої біосистеми, на відміну від елементарного компоненту вільної енергії, трансформація якого в роботу запускається зовнішніми факторами.

Біологічна енергія, як континент в океані загальної енергії природи, може диференціюватись на частини, які ще більше не пізнані та таємничі. Психологічна енергія, чоловіча та жіноча енергія, енергія людей похилого віку, дитяча енергія – дослідження цих островів живої матерії попереду.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д. Теоретическая фізика. Т. 1. Механика. / Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М. : Наука. 1973.- 208 с.
2. Кемп П. Введение в биологию. / П. Кемп, К. Армс.- М.: Мир, 1988. - 671 с.

*

biological energy

(mechanical) work

*механічна / термодинамічна корисність **паралельні енергетичні зв'язки.