

УДК 574.4

ПОРІВНЯННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ ЕНТРОПІЇ В АВТОГЕННИХ СУКЦЕСІЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

О.В. Макарчук¹, І.В. Хом'як²

^{1,2}Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. В. Бердичівська, 40,
Житомир, 10008, Україна

Ентропія як фізична величина вперше була введена в термодинаміку Р. Клаузіусом в 1865р. Він визначив зміну ентропії термодинамічної системи при оборотному процесі як відношення зміни загальної кількості тепла до величини абсолютної температури.

У середині ХІХ століття практично одночасно відбулись революційні відкриття в галузі термодинаміки та системної біології. В цей час Р. Клаузіус сформулював другу основу термодинаміки (1850), Ч.Дарвін опублікував теорію еволюції (1842-1858), а К. Мебіус публікацією про біоценози поклав початок системної екології (1877) [1, 6, 7]. Однак, до середини ХХ століття вчені не ставили перед собою мету застосувати закони термодинаміки, що описують фізичні та хімічні процеси для біологічних систем. Однією із причин є чітке формулювання Р.Клаузіуса, що «енергія світу постійна, а ентропія світу прямує до нескінченності», яке знаходило багато експериментальних підтверджень в неживій природі і мало протилежний ефект для живих об'єктів. Подальші роботи таких фізиків як Л.Больцман, Д. Гіббс, А. Ейнштейн в галузі нерівноважної статистичної фізики не подолали, а лише поглибили парадокс.

Складалося відчуття, що на застосування термодинаміки в біології накладено табу. Першим зруйнувати його наважився в 1944 році Е. Шредінгер в своїй роботі «What is Life? The Physical Aspect of the Living.» [5]. Він пояснював термодинамічний парадокс живих систем її постійним обміном енергією із навколишнім середовищем та здатністю до самоорганізації. Перше явище за словами Е. Шредінгера і його послідовників призводить до зниження ентропії за рахунок викидання її за межі системи. Друге, самоорганізація є силою з протилежним вектором до наростаючого хаосу, який май з'явиться при зростанні кількості та різноманітності елементів системи і зв'язків між ними. Ідеї Е. Шредінгера втілились в ряд досліджень термодинамічних характеристик екосистем.

Дослідження фізико-хімічних характеристик екосистем з другої половини ХХ століття дозволяють нам зараз аналізувати їх як термодинамічні системи [2, 3]. Насамперед, це стосується обігу енергії, адже усі термодинамічні характеристики системи будуються на її кругообігу та перетвореннях і величинах похідних від неї (ентальпії, ентропії тощо). Потужність потоку енергії та умови для його акумуляції повністю міняють характеристики екосистем. Вони впливають на видове різноманіття, обсяги біомаси, структуру та інше. Від змін енергетичного потенціалу екосистем залежать усі види їхньої динаміки [2].

Час переходу між надходженням енергії і підняттям температури в молекулярних системах настільки малий, що ним можна нехтувати. В екосистемах затримка енергії може відбуватися протягом століть. До того ж, кількість законсервованої енергії залишається відносно сталою протягом перебування екосистеми на певній стадії розвитку в константних умовах [4]. Таким чином для екосистем формула ентропії матиме такий вигляд:

$$dS_e = \frac{\Delta E_e}{\sum m_n t_n}$$

де dS – ентропія, ΔE_e – зміна енергії в екосистемі, m_n – біомаса автотрофів, t_n – вік біомаси автотрофів.

Отже, першим правилом динаміки екосистем буде те, що під час автогенних сукцесій ентропія кожної наступної екосистеми в серії буде знижуватись.

$$S_{e1} > S_{e2} > S_{e3}$$

де S_{e1}, S_{e2}, S_{e3} – екосистеми сукцесійної серії за порядком.

Звідси, клімакс буде мати найменші із можливих на цьому етапі еволюції показники ентропії:

$$S_{climax} = S_{e\ min}$$

де S_{climax} – ентропія клімаксу, $S_{e\ min}$ – мінімально можлива ентропія для певного етапу еволюції біоти.

Література

1. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. 2-е изд. — М.: Высшая школа, 1981. — 536 с.
2. Дідух Я.П. Лисенко Г. Проблеми термодинамічного оцінювання структури та організації екосистем // Вісн. НАН України. — 2009. — N 5. — С. 16-27.
3. Дідух Я.П. Синергетичні підходи до оцінки структури, розвитку і стійкості біотопів та проблеми прогнозування їх змін (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 29 жовтня 2014 р.) // Вісник Національної академії наук України. — 2014. — № 12. — С. 29-38.
4. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз ступеня трансформації екосистем Центрального Полісся. // Питання біоіндикації та екології – 2012. Вип. 17, № 1. С. 3-11
5. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика / Пер. с англ. - М.: Атомиздат. -1972. - 88 с.
6. Darwin, C. R. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life London: John Murray. 1859. 502 p.
7. Möbius Karl August Die Auster und die Austernwirthschaft. Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey, 1877. 126 p.