

ПОРІВНЯННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ ЕНТРОПІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Однією з важливих, але непростих для розв'язання проблем екосистемології, є визначення енергетичних та термодинамічних показників конкретних екосистем та прогнозування їхньої динаміки. Екосистема це багатоелементний об'єкт із великою кількістю різноманітних зв'язків, що робить врахування всіх елементів і підсистем технічно складним. Єдиним способом розв'язання цих проблем є метод побудови моделей. Згідно із законами синергетики модель не зможе відображати всі властивості реального об'єкту, але через основні фундаментальні характеристики дозволяє будувати теорії та застосовувати їх на практиці. Ключовою задачею, яку слід насамперед вирішити, є дослідження термодинамічних характеристик фітоценозу. Опираючись на основи філософії космізму, головними будуть показники ентропії – перехід системи від менш упорядковано стану до більш упорядкованого.

Виходячи із трактування другого закону термодинаміки, ентропія надгранізованої біологічної системи – це баланс між трьома потоками енергії: вхідного, вихідного та законсервованого. Із вищеназваного переліку прогнозованому упорядкуванню та переміщенню в межах системи підкоряється лише та, що фіксується автотрофами. Її частина одразу розсіюється, а інша якийсь час рухається ланцюгами живлення. В межах кожної екосистеми протягом тривалого часу зберігається певна кількість енергії, яка не покидає першого енергетичного рівня (консервується автотрофами). Величина законсервованої енергії буде оберненою до рівня ентропії, тому, що саме вона уникає прямого чи відтермінованого розсіювання. Другим важливим показником є час, протягом якого ця маса зберігається – система протистойть розсіюванню енергії. Для кожного конкретного опису це буде співвідношення енергії зафіксованої автотрофами до енергії, яку вони утримують протягом певного часу:

$$S_{\varepsilon} = \frac{\Delta E_a}{\sum E_k t}$$

де S_{ε} – співвідношення між поглинутою та законсервованою енергією; ΔE_a – енергія поглинута автотрофами; E_k – енергія, що утримується автотрофом; t – тривалість утримання енергії автотрофом.

Оскільки, поглинуте в результаті фотосинтезу світло накопичується у вигляді органічних речовин, то основним показником ентропії буде величина фіто маси:

$$E_k = \sum m_a k_m$$

де m_a – маса особини автотрофа в описі; k_m – коефіцієнт відповідності фітомаси поглинутій енергії.

Визначення точних показників фітомаси є складною емпіричною проблемою. Точні дані можна було б отримати лише через повне знищення рослинності описової ділянки, що у багатьох випадках є неприпустимою практикою. Окрім того, енергоефективність мас різних частин рослини у різні періоди їхнього життя, в різних умовах відрізняються, тому ми пропонуємо замінити абсолютні показники маси на відносні. На основі численних досліджень ми можемо стверджувати, що фітомаса буде прямопропорційна проективному покриттю. Під час обрахунку маси окремих особин похибка буде значною, але для великого масиву даних вона знизиться до допустимих величин. Таким чином, ми отримуємо формулу для енергії, що утримується видом автотрофів в межах опису:

$$E_k = \sum P k_p k_m$$

Де P – проективне покриття, k_p – коефіцієнт перерахунку зв'язку проективного покриття з масою.

Під час встановлення взаємодій між проективним покриттям і підземної та наземної частини рослин. В умовах оптимальної зволоженості вони співвідносяться як один до одного. Відхилення вологості обернено пропорційні до співвідношення між покриттям підземної і надземної частин. Отже, формула 1 після перетворення набуває такого вигляду:

$$S_e = \frac{E_a}{\sum P k_p k_m t} = \frac{E_a}{\sum m_n t_n}$$

Коливання показника енергоефективності для різних видів, відбуваються в межах похибки вимірювання проективного покриття за традиційними способами. Вони будуть прямо пропорційними віку тканини рослин, який є співвідносним із тривалістю утримання енергії автотрофами. Для визначення відносного показника ентропії в межах запропонованої моделі скористасмося коефіцієнтом відповідності фітомаси поглинутій енергії. Дослідження показують, що для більшості видів одного типу біоморфи коефіцієнт перерахунку зв'язку проективного покриття з масою змінюється мало. Представники із різними типами біоморф матимуть збільшення біомаси пропорційне їхньому віку. Отже, коефіцієнтами перерахунку впливу на кількість енергії проективного покриття і маси можна знехтувати під час переходу від абсолютних показників ентропії до відносних.

Оскільки, в межах однієї природної зони кількість енергії, що отримують автотрофи приблизно однакова, то її можна прийняти за одиницю. Таким чином в нашій моделі у формулі визначення ентропії залишаються лише показники проективного покриття та часу консервації автотрофами отриманої енергії.

$$Sr = \frac{1}{\sum m_n t_n}$$

де Sr - відносна ентропія

Деякі дослідники стверджують, що під час саморозвитку системи (сукцесії за типом сингенезу й ендогенезу) показники ентропії знижуються. Це дозволяє вивести величину динамічного положення системи, яка буде оберненою до неї. Утворена величина характеризуватиме степінь природної трансформації.

$$St = \sum m_n t_n$$

де St – степінь природної трансформації.

Тривалість консервації енергії ми визначаємо за віком рослин. Для цієї мети використовуємо відношення діаметру стебла до середнього річного приросту. Дослідження показали, що більшість низькорослих багаторічників мають річний приріст набагато менший ніж похибка вимірювання для фанерофітів. Тому, для них, як і для однорічників, було застосовано показник $t=1$. Для чагарників цей показник рівнявся $t=2$. Відхилення, пов'язані із впливом середовища на річний приріст не враховувалися, тому що ці зміни є характерними для зростання ентропії в умовах, що не відповідають екологічному оптимуму.

Після обробки 1052 описів із території Центрального Полісся виявилось, що наша методика має ряд недоліків. З одного боку, неможливо було визначити степінь природної трансформації за вже готовими стандартними геоботанічним описами, а з другого боку навіть спрощена методика забирала багато часу через наявність в межах досліджуваної ділянки особин різного віку. Було прийнято рішення послугуватися стандартною фітоіндикаційною методикою, опираючись на сформовану базу даних із 754 видів рослин. Використавши формулу, запропоновану Я.П. Дідухом та П.Г. Плютою, ми могли отримувати дані без постійного вимірювання діаметру стовбура та пошуку даних про річний приріст. Для того щоб підвищити достовірність результатів нами запропоновано ряд формальних умов переходу на фітоіндикаційну методику. Насамперед, її можна було застосовувати лише для тих описів, де $\geq 50\%$ видів що зустрічаються в базі даних але не менше ніж 5 штук (за винятком для маловидових водно-болотних та антропогенних екосистем). Вид із бази даних використовується лише після того як він буде описаний за показниками ступені природної трансформації 10 раз. Бажаним є щоб дані про види в базу даних поступали із усіх син таксонів, де вони зустрічаються в більш як 20% описів.

Отриманий показник досить незручно використовувати через значні коливання його величини під час переходу від одного угруповання сукцесійної серії до іншого. Ми вирішили розбити всю амплітуду показників на певну кількість балів. Розмах шкали має бути співвідносним із провідними факторами диференціації. Якщо уявити, що такою моделлю буде розгортання едафічної сітки Алексеева-Погребняка в третьому вимірі, Оскільки, в однакових едафічних умовах знаходяться угруповання на різних стадіях розвитку, то розмах шкали буде 21 бал – середнє між максимальною амплітудою багаторічного режиму вологості (23 бали) та загального сольового режиму (19 балів). За максимальне значення ступені природної трансформації та мінімальне для відносної ентропії було прийнято показники отримані в заказнику «Поясківський ліс», який є найбільш збереженим протягом тривалого часу.