

## БІОХІМІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ В БІОГЕОЦЕНОЗАХ

*В.І. Шанда\*, Н.В. Хлизіна\*\**

*\*Криворізький державний педагогічний університет*

*\*\*Академія митної служби України*

В системі взаємообумовленого існування в біогеоценозах універсальними являються біохімічні зв'язки на основі екологічно поліфункціональних речовин, виділяються організмами в процесах життя і помертвого розкладання. Ці зв'язки утворюють специфічні біохімічні ланцюги і мережі, які об'єднують трофічні пасовищні і детритні системи (мережі).

*Біогеоценоз, зв'язки, мережі, поліфункціональні речовини.*

### ВСТУП

Сутність біохімічних взаємодій є широкою екологічною проблемою [3, 4, 9, 10, 11, 14–16, 19]. Біохімічні взаємодії охоплюють всі рівні живої природи, вони є атрибутами всіх рівнів організованості органічного світу з різними екологічними та генетичними ефектами, одним із проявів біогенної міграції хімічних елементів, спрямованих і циклічних рухів інформації, енергії та речовин [14, 16, 19] від фагової інфекції, хімічної індукції в ранньому онтогенезі та змін активності генів в організмах до запліднення, взаємодій статевих клітин, діаспор, тканин [2], організмів, біогеоценозів на основі специфічних і неспецифічних речовин.

Складні комплекси речовин, які виділяються організмами в процесі життя та помертвого розкладання, формують у біогеоценозах специфічне біохімічне середовище [16] і є однією з характерних особливостей ландшафтів.

Б.Б. Полинов, описуючи великий виділ (до 70 км протяжності) пустелі Гобі, в рослинному покриві якої переважали види цибулі, відзначив, що весь ландшафт настільки був пов'язаний з часниковим запахом, що це дозволило вважати цей запах характерною особливістю ландшафту [16]. Загально визнана поліфункціональність речовин, що виділяються організмами, ще недостатньо осмислена в своїй екологічній значущості в житті організмів і в біогеоценозах.

Мета досліджень – окреслити деякі особливості біохімічних взаємовпливів організмів у біогеоценозах на основі аналітичного, системного підходів, формалізації та узагальнень.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Широка біологічна інтерпретація біохімічних зв'язків у органічному світі [3, 16] має бути осмислена з різних позицій наукового бачення, включаючи формалізований елементно-структурний і системний підходи. Біохімічні взаємовпливи організмів у біогеоценозах (антагоністичні, симбіотичні, одно- або багатобічні) формують біохімічні ланцюги, які поєднуються у відповідну сітьову, мережисту систему [17].

Уявлення про сітьову організованість живої природи розвивались від стародавніх авторів, уявлявших ланцюги живлення до Ч. Дарвіна з його „сіттю життя” [13].

Д.Н. Кашкаров [5] відзначав, що вплив Ч. Дарвіна дав можливість Х. Мебіусу, Ч. Елтона та Е. Шелфорду сформулювати вихідне положення про сіті живлення або трофічні сіті. Звертаючи увагу на особливу важливість у біогеоценозах трофічних зв'язків, Д.Н. Кашкаров [5] писав, що „члени біоценозу ... утворюють систему біологічної залежності..., завдяки чому саморегулювання системи коливається навколо деякого середнього положення, структура біоценозу є інтегрована реакція його компонентів на екологічні ... фактори. Кожний біоценоз так чи інакше організований, і ця організованість залежить від того, як зв'язані компоненти з середовищем та між собою”. Таким чином, поняття системності, саморегуляції, інтеграції, не дивлячись на їх сучасне звучання, розглядалися Д.Н. Кашкаровим [5, 6] як важливі атрибутивні властивості біогеоценозу з усіма забезпечуючими зв'язками, явищами, процесами та витікаючими наслідками для організмів і самих біогеоценозів.

Разом з тим, слід відзначити, що сітьова структура біогеоценозів здебільшого аналізувалася тільки в одному трофофункціональному відношенні, однак при цьому цілком очевидно вважалася інтеграційна, системоутворююча роль внутрішньовидових та міжвидових взаємовідносин.

Для взаємовідносин організмів характерні: багатоканальність (просторові, трофічні, хімічні, біофізичні впливи); різноманітні форми конкуренції та обміну інформацією. Вирішальні трофічні (в широкому

розумінні) та просторові відносини опосередковані безліччю інших зв'язків та взаємин. Фаготрофія (життя за рахунок поїдання) в своїх різноманітних проявах базується на сприйнятті та перенесенні енергії у вигляді їжі від її джерела через ряд організмів. Кожний такий трофічний ланцюг забезпечується передачею та сприйманням інформації про джерело їжі в кожній ланці зв'язку: хімізм у широкому розумінні (запахи, сліди), звуки, форма, колір тіла, особливості життєдіяльності та стану організмів. Оптична, акустична, хімічна, біофізична та інші форми інформації стосовно джерела їжі зв'язані з різними сигналами, тому трофічні ланцюги та сіті є також інформаційними ланцюгами та сітями з різною інтенсивністю передачі та об'ємом інформації в різних ланцюгах та ділянках. Суттєве значення хімізму їжі в трофології [12], прояв видоспецифічного метаболізму організмів у різних екскреторних функціях, дають можливість вважати канали біохімічних зв'язків, які забезпечують фаготрофію, найбільш стійкими, постійними формами відносин. Таким чином, трофічні ланцюги та трофічні сіті в своїй суті відображають існуючі визначені біохімічні ланцюги та біохімічні сіті. Проте такі сіті є лише малими біохімічними сітями, тому що вони не охоплюють усі різноманітні біохімічні зв'язки, які забезпечують системоутворення біогеоценозів. Сіті біохімічних (алелохімічних) зв'язків організмів [14] утворюються не тільки на основі прямих, але й опосередкованих, багатоступневих впливів.

Проблема біохімічних сітей біогеоценозів та, особливо, культур-біогеоценозів мало обґрунтована в теоретичному відношенні і практично не використовується. Полівалентна роль кожного виду в значній мірі визначається його видільними (донорними) та поглинаючими (реципієнтними) функціями, які суттєво вагомі у формуванні біохімічного середовища [15].

Хімічний вплив одного організму на інший є елементарною ланкою біохімічного ланцюга, а хімічні зв'язки кожного із членів цієї ланки з іншими організмами утворюють елементарну чарунку в біологічній сіті біогеоценозу. Біохімічні ланцюги та чарунки сітей одних і тих же видів у різних біогеоценозах характеризуються певним рівнем специфічності в залежності від біохімічного середовища.

В кожному біогеоценозі організми різних царств органічного світу – рослини (Р), тварини (Т), гриби (Г), мікроорганізми (М) пов'язані між собою

і в межах кожного царства складними відносинами. Їхній будь-який прямий та опосередкований вплив можна уявляти у вигляді блок-схем. Ланцюги біохімічних зв'язків можуть включати ланки (наприклад, Р-Р-Т-Г-Р-М, Т-М-Р-Г-М-Р, М-М-Р-Т) різного рівня складності та ступенів опосередкування з різнобічними проміжними та кінцевими ефектами.

Агентами біохімічного впливу одного організму на інший можуть бути як видоспецифічні, так і неспецифічні речовини. Специфічна біохімічна дія організмів обумовлена їх біохімічною індивідуальністю (унікальністю, специфічністю). Реакція будь-якого організму на конкретну дію неоднозначна, специфічна за своєю природою, проте, індивідуальний комплекс елементарних реакцій утворює загальну неспецифічну (зовні) реакцію зниження росту та розвитку на ту чи іншу дію.

Елементарні явища та процеси внутрішнього середовища будь-якого організму (ті чи інші синтези, біохімічні явища і процеси, зміна концентрації речовин у цитоплазмі, інтенсивність вбирання та виділення води, тих чи інших газів, хімічних елементів, зрушення ростових процесів, явищ росту та диференціації клітин) в кожному конкретному випадку утворюють складну систему реагування на той чи інший вплив.

Морфологічно більшість специфічних реакцій виявляються у вигляді неспецифічної схожості з іншими (іншої етіології) змінами життєдіяльності організму. Таким чином, у теорії адаптації та стресу організмів, особливо на фоні біохімічних впливів, необхідні пошуки та осмислення тонких механізмів реагування. Стрес, як неспецифічна реакція організмів на несприятливі умови, може мати різну природу в залежності від градієнтів хімічних та фізичних чинників. Напруженість, інтенсивність, частота впливів тих чи інших факторів або їх комбінацій (групи, комплекси) характеризуються специфічним складом загальної неспецифічної реакції. Достеменно відома висока специфічність речовин, що виділяються, та специфічні реакції організмів у тваринному світі. Речовини, що виділяються тваринними організмами, і які відносяться до тієї чи іншої функціональної групи, за Я.Д. Кіршенблатом [7], насправді, мають високу поліфункціональність та діють на багато організмів. Деякими дослідниками постулюється положення про неспецифічну дію та неспецифічні реакції організмів на той чи інший біохімічний вплив. Проте, неспецифічне

зниження росту та інші прояви життєдіяльності ще не доводять принципову неспецифічність реакції.

Стреси організмів, що обумовлені різними факторами, в тому числі біохімічними впливами (алелохімічні стреси), можуть мати наближені фізіолого-біохімічні внутрішні стани та зовнішні прояви, але явища та процеси фенотипічної реакції можуть бути неоднаковими, видоспецифічними. Наприклад, неспецифічне гальмування проростання насіння та росту рослин може бути зумовлено дією багатьох екологічних чинників, зокрема температури, вологості середовища, радіоактивності, електромагнітних полів, гравітації, неорганічних та органічних речовин, у тому числі біотичної та біогенної природи. В усякому разі, навіть апріорно, можна судити про незаперечну різницю внутрішніх механізмів такої неспецифічної зовнішньої реакції. Цей момент логічних міркувань є важливим для встановлення принципів підходу до побудови схеми біологічних взаємодій у біогеоценозах до розширення таких уявлень до рівня біохімічних сітей в обсязі одного чи ряду суміжних біогеоценозів, урочища та біому. Основою для цього є висока видоспецифічність речовин, що виділяються, та висока чутливість, вибірковість організмів до цих речовин, яка виявляється на великих відстанях [11] і відіграє роль у процесах саморегуляції ценопопуляцій та в міжпопуляційних взаємодіях.

Як у популяціях багатьох тваринних організмів, що обмежуються певними ценотичними виділами ландшафту, так і в популяціях надбіогеоценотичного характеру, чутливість організмів до речовин, що виділяються, може викликати реакції пошуку сприятливих умов життєдіяльності, трофічної спеціалізації, розмноження, агрегації, змін стацій, адаптацій.

В широкій екологічній перспективі будь-який біогеоценоз, у плані проблеми, яку ми розглядаємо, являє собою складну мінливу хімічну мозаїку, на основі розміщення організмів або їх залишків як джерела виділення біологічно активних речовин.

Л. Джилберт [4] хімічну мозаїку екосистем зв'язує тільки з розміщенням рослин, як джерел міжвидової різноманітності вторинних метаболітів, які визначають сенсорну та трофічну спеціалізацію тваринних організмів (в першу чергу комах), а потім і складні трофічні сіті. Проте лісові культурбіогеоценози, особливо на початкових етапах свого становлення,

характеризуються антропогенною впорядкованістю головних та супутніх порід, натиском бур'янів та регіональної рослинності, постійним або періодичним антропогенним регулюванням стану продуцентів та чисельності консументів, особливо рослиноїдних. Тому хімічна мозаїка польових культурбіогеоценозів відрізняється впорядкованим розташуванням основних продуцентів біологічно активних речовин, імовірнісним розміщенням інших видів, які спонтанно розвиваються, і в різній мірі рухомих організмів утворюють базовий рівень біохімічних сітей всіх біогеоценозів, на основі чого формуються усі інші біохімічні зв'язки.

Біохімічні зв'язки значно складніші трофічних, вони поєднують пасовищні та детритні ланцюги автотрофних та гетеротрофних організмів поза залежністю від трофічної спеціалізації як у середині цих груп, так і поза ними. Реальність біохімічних сіток, як і самого біохімічного взаємовпливу, підтверджується міграцією радіонуклідів у біогеоценозах, в ланцюгах ґрунт – рослина – тварина – тварина [1, 8].

Зелена мозаїка, на нашу думку, може бути розглянута ще в двох аспектах: вона означає не тільки просторові візерунки в концентрації тих чи інших первинних (в залежності від накопичення біомаси) і вторинних (в залежності від видової специфіки) речовин, але і в складних динамічних проявах, які утворюються індивідуальними біохімічними сферами різних організмів, у першу чергу рослинами або елементами мозаїки рослинних угруповань, ценопопуляціями, тобто групами, які представляють різні види, а також виділеннями всього сапробіонтного комплексу біогеоценозу. В межах кожного біогеоценозу організми розрізняються за масою речовин, що виділяються в середовище, та за їх значущістю в його складанні.

Біохімічне середовище біогеоценозу, що інтегрує всю масу речовин, які виділяються, являє собою фонову систему реалізації різноманітних біохімічних взаємодій. Біохімічне середовище, що формується в біогеоценозі, в першу чергу на основі сфери її летких виділень в атмосферу та водорозчинних речовин в ґрунт, визначає в кінцевому результаті видовий склад, співвідношення та чисельність видів. Багато авторів відзначали значущість речовин, що виділяються організмами для формування тих чи інших угруповань [3, 11]. До цього часу більшість учених, які вивчають біохімічні взаємозв'язки в біогеоценозах, концентрували увагу на ефектах впливу одних організмів на інші та на ідентифікацію агентів такого впливу.

Проте всім зрозуміло, що таке звуження проблеми не знімає необхідності встановлення хімічного впливу на рівні детритних трофічних ланцюгів і сітей, на відносинах некро-, сапро-, копробіонтів, включаючи фаготрофів. Крім цього, дія комплексу речовин, сумішей виділень, що й спостерігається в живій природі, практично не вивчалась і експериментально не моделювалась.

Л. Джілберт [4], не торкаючись еволюційних аспектів хімічної мозаїки та трофічних ланцюгів в екосистемах, відмічав, що у рослиноїдних комах історично сформувалися сенсорна та трофічна спеціалізація, що визначається вторинними речовинами рослин, тобто такими, які не відіграють важливої ролі в первинних метаболічних процесах (синтези, дихання і т.п.). Дж. Харборн [14], узагальнюючи дані з біохімічної екології, звертав увагу на біохімічну коеволюцію тварин та рослин (нижчих та вищих), а залишив поза полем зору екологічно та еволюційно важливі зв'язки тварин та грибів, тварин та мікроорганізмів і грибів. Теорія екологічної біохімії (алелохімії), що торкається ролі вторинних рослинних сполук (в тому числі, що виділяються в середовище) за Д. Харборном [14] пояснює: 1) вторинні речовини рослин є ефективним засобом, який стримує великий руйнівний потенціал травоїдних комах; 2) більшість рослиноїдних комах добре розрізняють рослини за їх кормовою придатністю, а багато з них більш чи менш спеціалізовані в своїй трофіці; 3) різні види рослин, що є хазяїнами комах, можуть мати схожі вторинні речовини, але відрізнятися за анатомо-морфологічними особливостями; 4) багато вторинних сполук токсичні для комах, але абсолютно токсичних не існує; 5) для покритонасінних рослин характерна видова (родова) спеціалізація за накопиченням вторинних сполук тільки певного класу; 6) вторинні сполуки можуть характеризувати хімічну мімікрію рослин, їх токсичність може бути прихованою, неповною або такою, що не підлягає точному визначенню. Дж. Харборн [14] також детально розглядає біохімію запилення (в тому числі роль летких речовин), дію рослинних токсинів на тварин, гормональні взаємодії між рослинами та тваринами (гормони линьки та ювенільні гормони комах у рослинах), дію вторинних речовин як харчових аттрактантів та детергентів, роль феромонів та інших захисних речовин тварин, біохімічну взаємодію вищих та нижчих рослин (власне алелопатія).

Складна біохімічна взаємодія та коеволюційні зв'язки в природних біогеоценозах визначаються зеленою мозаїкою їх рослинних угруповань.

Проблема біохімічних сітей біогеоценозів є однією з ключових у біохімічній екології [17]. Структура біохімічної сіті може бути тільки простою моделлю трофічної сіті, проте за своєю суттю біохімічна сіть охоплює більше число видів незалежно від їх трофічної спеціалізації та супідрядності, а з іншого боку, вона може покривати значні простори ряду біогеоценозів. Специфіка хімічних комунікацій тварин, висока вибірковість дій антибіотиків, видова та родова специфіка вторинних рослинних сполук, свідчать про ефективність неспецифічних сполук рослинного походження та є показником складності та невизначеності біохімічних зв'язків. Біохімічні сіті біогеоценозів є одним з полів біогенної міграції хімічних елементів, рухом речовин, енергії та інформації. Біохімічні взаємовпливи характеризуються широкою значущістю як засіб не тільки внутрішньо-, але й міжбіогеоценотичних зв'язків та інтегруючого фактору в масштабах ландшафтів і, в цілому, біосфери.

Ефекти впливу організмів у всіх ланках біохімічних ланцюгів та сіток біогеоценозів визначаються їх біогеоценотичною значущістю як факторів середовища або споживання корму та сприймання біологічно активних речовин. Екологічний вплив виділень організмів всіх функціональних груп (продуценти, консументи, біоредуценти) та специфічного детритного комплексу біогеоценозів зв'язаний з їх діяльністю як екзогенних регуляторів росту, розвитку, життєдіяльності, реакцій, поведінки як тератогенів, мутагенів, антимутагенів, танативних факторів [18, 19].

Перспективи розвитку цієї проблеми пов'язані не тільки з її розширенням і поглибленням, але й з виходом на більш високий рівень теоретичного осмислення біохімічних зв'язків на міжекосистемному та біосферному рівнях.

## **ВИСНОВКИ**

1. Біохімічні взаємовпливи організмів у біогеоценозах відзначаються різними ефектами та реакціями, включаючи стреси. Загальне неспецифічне реагування обумовлене видоспецифічними явищами та процесами фенотипічних норм реакцій організмів.
2. Біохімічні взаємовпливи виявляються в біохімічних реакціях і сітях, які інтегрують трофічні пасовищні та детритні системи (мережі) на основі специфічного біохімічного середовища біогеоценозу. Це середовище є фоном будь-яких взаємодій організмів.



### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Верховская М.Н., Вавилов П.П., Маслов В.И. Радиоэкологические исследования в природных биогеоценозах. – М.: Наука, 1972. – С. 243–257.
2. Гершензон С.М. Основы современной генетики. – К.: Наукова думка, 1979. – 508 с.
3. Гродзинский А.М. Геохимическая роль аллелопатии // Физиолого-биохимические взаимодействия растений в фитоценозах. – К.: Наукова думка, 1973. – Вып. 4. – С. 3–6.
4. Джилберт Л. Организация пищевой цепи и охрана неотропического разнообразия // Биология охраны природы. – М.: Мир, 1983. – С. 28–54.
5. Кашкаров Д.Н. Основы экологии животных. – М. – Л.: Госиздат. мед. лит., 1938. – 601 с.
6. Кашкаров Д.Н. Основы экологии животных. – Л.: Гос. пед. уч. изд-во Наркомпроса РСФСР, 1944. – 383 с.
7. Киришенблат Я.Д. Телергоны – химические средства взаимодействия животных. – М.: Наука, 1974. – 126 с.
8. Куликов Н.В., Молчанова И.В. Континентальная радиоэкология. – М.: Наука, 1975. – 184 с.
9. Матвеев Н.М. Общие закономерности аллелопатического фактора экологической среды // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев: КГУ, 1985. – С. 12–24.
10. Остроумов С.А. Введение в биохимическую экологию. – М.: МГУ, 1986. – 176 с.
11. Райс Э. Аллелопатия. – М.: Мир, 1978. – 392 с.
12. Уголев А.И. Естественные технологии биохимических систем. – Л.: Наука, 1987. – 317 с.
13. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: МГУ, 1980. – 464 с.
14. Харборн Дж. Введение в экологическую биохимию. – М.: Мир, 1985. – 312 с.
15. Чернобривенко С.И., Шанда В.И. О биохимической среде биоценоза // Физиологические основы взаимного влияния растений в фитоценозе. – М.: Наука, 1966. – С. 26–29.

16. Чернобривенко С.И., Шанда В.И. О химической биоценологии // Журнал Биологические науки, 1970. – С. 77–80.
17. Шанда В.И. Некоторые экологические аспекты учения о фитонцидах // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. – К.: Наукова думка, 1985. – С. 54–60.
18. Шанда В.И. Растительные выделения как вероятные факторы спонтанного мутагенеза // Материалы III съезда генетиков и селекционеров Украины. Часть 1. Общая генетика. – К.: Наукова думка, 1976. – С. 140.
19. Шанда В.И. Генетические аспекты воздействия фитонцидов // Фитонциды. VIII совещание. – К.: Наукова думка, 1981. – С. 92–95.

## **BIOCHEMICAL RELATIONS IN BIOGEOCENOSIS**

*V.I.Shanda, N.V.Khlyzina*

In the system of mutual conditional existence of organisms in biogeocenosis the biochemical relations which are based on ecological multifunction substances secreted by organisms in the process of life and posthumous decomposition are universal. These relations create specific biochemical chains and siti (nets), which combine trophic pasture and detritus systems (siti).

УДК 571.524

Шанда В.І., Хлизіна Н.В. Біохімічні зв'язки в біогеоценозах // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 13, № 2. – С. 10–19.

В системі взаємообумовленого існування організмів у біогеоценозах універсальними є біохімічні зв'язки на основі екологічно поліфункціональних речовин, що виділяються організмами в процесі життя та посмертного розкладання. Ці взаємозв'язки формують специфічні біохімічні ланцюги та сіті (мережі), які поєднують трофічні пасовищні та детритні системи (сіті).

Бібл. 19.