

УДК 581.526.45(477.53)
<https://doi.org/10.33989/2414-9810.2019.5.1.195116>

Л. Д. Орлова¹, Є. М. Власенко², О. В. Коваль³

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

¹orlova-ld@rambler.ru,

²vllasenko70@gmail.com

³kovalolya86@ukr.net

ORCID

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ КРУГООБИГУ РЕЧОВИН ЗА УЧАСТЮ РІЗНИХ ТИПІВ ФІТОЦЕНОЗІВ

У даній статті висвітлено коротку історію вивчення кругообігу речовин від початкових уявлень про нього до сучасного стану дослідження в різних фітоценозах.

Нами було виокремлено умовно чотири етапи вивчення кругообігу речовин, які різняться між собою поглядами науковців різних епох. Перший етап (II ст. д.н.е. – V ст. н.е.) – центральне місце займає ідея циклічності. У той час вважалося, що кругообігу підпорядковується вода, повітря й вогонь. Також була опрацьована перша ідея кругообігу, яка була хибною, але існувала майже два тисячоліття, яка згодом вона доповнилася припущенням, що рослини живляться «жирною вологою землі».

На другому етапі (XV ст. – XVII ст.) дослідники продовжили справу попередників. Науковці основну увагу приділили живленню рослин «солями ґрунту», здобула свій розвиток ідея водного живлення рослин. Усі дослідження були пов'язані з практикою землеробства і витікали із запитів господарників. Був зроблений висновок, що рослини живляться водою і разом з нею отримують органічні і мінеральні речовини. У цей період вчені розглядали не кругообіг елементів, а біологічний кругообіг води.

На третьому етапі (XVIII ст. – XX ст.) простежується узагальнення та вдосконалення тверджень попередніх дослідників, а також формування знань про кругообіг речовин. На початку цього етапу почали з'являтися чіткі погляди на біологічний кругообіг речовин та розвиток ґрунтів. Були сформульовані основні положення про наявність двох типів кругообігу речовин: великого (геологічного) – відповідає за рух речовин між океаном та сушею, другий тип – малий (біологічний). Пізніше було розкрито процесуальну сутність біологічного кругообігу речовин, розвинена гумусова теорія живлення рослин. У кінці даного етапу особлива увага стала приділятися вивченню лісової підстилки, її запасів та характеристик із погляду лісорозведення та використання цих даних як показників кругообігу речовин. На даному етапі підстилка класифікувалася як один із видів мертвого покриву ґрунту. Згодом були запропоновані стислі за формою, але глибокі за змістом узагальнення, які в подальшому стали основою постановки та розробки вчення про біологічний кругообіг речовин. Почалися чіткі формулювання кругообігу речовин в тому вигляді, які дійшли до нас.

Четвертий етап (XX–XXI ст.) характеризується роботами, які пов'язані з кругообігом речовин в різних типах фітоценозах. Було проведено систематизацію робіт попередніх науковців, проведено нові дослідження, що сприяло розширенню знань про кругообіг речовин в природі. Удосконалюються методики дослідження біологічного кругообігу речовин та пропонуються і упродовжуються нові, більш сучасні. На цьому етапі з'ясовуються запаси, фракційний склад підстилки, опаду, вміст різних речовин, в тому числі важких металів, у рослинних об'єктах, ґрунті, мортмасі різних типів лісів, лучних фітоценозах та ін., визначаються і встановлюються різні типи кругообігу речовин залежно від рослинного угруповання. Показано перспективи робіт в даному напрямку, важливість вивчення проблематики кругообігу речовин.

Ключові слова: кругообіг речовин, фітоценози, етапи дослідження.

Вступ. У сучасному світі постійно збільшуються викиди різних відходів в оточуюче середовище, в яких міститься велика кількість хімічних елементів, що негативно впливають як на організм людини, так і на флору та фауну. Рослинний світ – це індикатор насичення ґрунту хімічними сполуками. У подальшому вони продовжать свою міграцію в природі. Адже кругообіг відбувається протягом всього часу існування нашої планети і являє собою циклічний процес, який постійно повторюється. Завдяки кругообігу відбувається перетворення і переміщення хімічних елементів, їх сполук.

Кругообіг речовин і енергії забезпечує розвиток життя на Землі. Він формує природні умови на планеті. Вчені виділяють кілька функцій кругообігу: забезпечує функціонування основних газів атмосфери – кисню, азоту та підземних газів; відповідає за окислювально-відновні процеси на планеті, сприяє розмноженню, зростанню і переміщенню в просторі живих речовин; впливає на біогеохімічну діяльність людини. Причина кругообігу обумовлена обмеженістю елементів, з яких будується тіло організмів. Кругообіг речовин – це багаторазова участь хімічних сполук у процесах, які протікають у біосфері (Шифферс, & Суховерко, 1960; Титлянова, 1979; Цветкова, 2008).

Основною метою наших досліджень був аналіз та систематизація літературних даних про вивчення кругообігу речовин за участю різних типів фітоценозів від II ст. до н.е. – до сьогодення.

Перший етап розпочинається з II ст. до н.е. і триває до V ст. н.е.). Вивчення кругообігу речовин цікавило людство довгі роки. Перша, найбільш опрацьована, ідея кругообігу була запропонована Аристотелем, і не зважаючи на свою хибність, існувала майже два тисячоліття. У кругообігу перша матерія – земля (за Аристотелем), трансформується у вогонь, вогонь – у повітря, повітря перетворюється на воду, з якої знову виникає земля, а життя при цьому зароджується як у землі, так і у воді. Учень Аристотеля і «батько ботаніки» Теофраст доповнив теорію свого вчителя припущенням про те, що рослини живляться «земним жиром», який випливає з глибин у поверхневі шари ґрунту і передає кореням живильні соки. Більш практичними у своїх міркуваннях були римляни. Вони доповнили вчення про життєві кругообіги практичними агрономічними порадами, стосовно технології та організації сільського господарства й землеробства (Родин, Ремезов, & Базилевич, 1967; Матвеева, Понятковская, & Сырокомская, 1971; Цветкова, & Якуба, 2008).

Перший період пов'язаний з роботами античних вчених. У цей час дослідники вперше звертають увагу на кругообіг речовин та перетворення енергії.

Другий етап тривав з XV ст. до XVII ст. У праці Бернара Паліссі (XVI століття) було описано, що рослини живляться «солями ґрунту», і тому ґрунт є основою життя фітоценозів. Учений вважав, що органічні добрива (гній) є ефективними тому, що повертають в ґрунт «дещо, взяте з нього раніше». Своїми працями, не стикаючись з практичною агрономією, Паліссі випередив теорію Лібіха майже на три століття, підтримуючи ідею мінерального живлення рослин і необхідність повернення ґрунту поживних речовин, вилучених із нього. Проте його думка не знайшла підтримки у великій кількості агрономічних праць XVI – XVII століття. У 1629 р. голандський вчений Ван-Гельмонт підтвердив ідею Аристотеля з приводу водного живлення рослин, посадивши у бочку з ґрунтом вербову гілку. Рослину регулярно поливали річковою водою, але ніяких добрив до бочки не додавали. Після п'яти років дослідження Ван-Гельмонт вилучив вербу з діжки, очистив коріння та зважив її. Верба збільшилась у вазі в 33 рази. З цього дослідження вчений зробив висновок про те, що рослини живляться виключно водою. З приводу повітряного живлення рослин і процесу фотосинтезу на той час було ще не відомо. У 1656 році дослідження продовжив англійський хімік Глаубер, опублікувавши працю, в якій вказувалося на ефективність використання селітри у вирощуванні рослин. Того ж століття, перевіряючи дослід Ван-Гельмонда, англієць Вудворд виступив проти теорії водного живлення рослин, а в 1757 році французький вчений Дюгамель описав вдалі досліди вирощування рослин у воді. При цьому вода забиралася з річки Сени, і рослини отримували достатню для нормального існування кількість мінеральних та органічних речовин. Спираючись на вище зазначене, можна зробити висновок, що в ті часи вчені розглядали не кругообіг елементів, а біологічний кругообіг води (Гитлянова, 1979; Ронгинская, 1988; Якуба, 2002; Цветкова, & Якуба, 2008).

Під час другого періоду відбувається накопичення знань про вплив окремих речовин та їх сполук на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин. Особливу увагу вчені приділяють вивченню біологічного кругообігу води, а не кругообігу елементів.

Третій етап охопив період з XVIII ст. до XX ст. М.В. Ломоносов сформулював більш чіткі погляди на біологічний кругообіг речовин. У своєму трактаті за 1763 р. він висловив основи розуміння біокругообігу речовин, як явища природи. Уперше правильно висловив думку про те, що розвиток ґрунтів відбувається протягом часу в результаті взаємодії рослин та гірських порід: «и каменные голые горы часто показывают на себе зелень мха молодого, которая после чернеет и становится землей; земля, накопясь долгою времени, служит после к производству крупного мха и других растений». О.М. Радищев через деякий час звернув увагу, що ґрунтовий шар «вміє» продукувати ріст урожаю рослин, так як має родючість. Він, одним із перших науковців, вказав, що кругообігу речовин підпорядковуються не всі речовини і складові частини ґрунтів і рослин, а тільки ті, які не розкладаються при звичайних умовах. У той час науковці приділяли більше уваги дослідженню органічної речовини гумусу та ґрунту. Російський вчений І.І. Комов у 1782 р. написав свою працю «О земледелии», яка служила методичним посібником із загального землеробства та агротехніки. Автор наголошував на важливості перегною в родючості ґрунту, вказав на тісний зв'язок головних його водно-фізичних властивостей та забезпеченості поживними речовинами. Гумусову теорію живлення рослин І.І. Комова було пізніше розвинено іншими вченими з різних країн. Лише в 1840 р. гумусова теорія живлення рослин була розвінчана Юстусом Лібіхом, котрий у своїй праці «Хімія у застосуванні в землеробстві та фізіології» довів, що живлення рослин відбувається не за рахунок гумусу, а за рахунок хімічних елементів. Але вчений дещо помилявся, недооці-

нивши значення в житті рослин азоту. Він вважав, що рослина отримує азот із повітря, а вуглець із землі. У 1841 році французький вчений Ж.Б. Буссенго довів, що азот має велике значення для рослин, чим виправив помилку Юстуса Лібіха (Мина, 1957; Макаревич, 1968; Друзіна, 1977; Понятковская, 1978; Цветкова, 1992; Цветкова, & Якуба, 2008).

Питаннями кругообігу цікавилися і визначні російські вчені: Д.І. Менделєєв та В.В. Докучаєв. Перший проводив дослід з сільського господарства, а другий указав на необхідність поєднання наук про рослини та ґрунти. У 1882 р. В.В. Докучаєв вперше виявив, що ґрунт не є самостійним природним тілом; його формування є складним процесом взаємодії природних факторів ґрунтоутворення; він безперервно змінюється в часі та просторі. В.В. Докучаєв висунув принципово нову думку про необхідність вивчення не тільки окремих факторів природи, а й закономірного зв'язку між ними. Видатний ґрунтознавець В.Р. Вільямс сформулював основні положення про наявність двох типів кругообігу речовин. Перший тип – великий (геологічний) – відповідає за рух речовин між океаном та сушею, другий тип – малий (біологічний) – характеризує рух речовин між рослиною та ґрунтом). Найважливіші ідеї вчений виклав у своїх працях про особливості біологічного кругообігу речовин та роль живих організмів в утворенні ґрунту (Травлеєв, 1961; Смольянинов, & Рябуха, 1971; Семенова-Тян-Шанская, 1977; Базилевич и др., 1978; Богатырѐв, 1996; Цветкова, Якуба, 2008).

У подальшому, із збільшенням актуальності дослідження біологічного кругообігу в екосистемах, зародилася необхідність визначення кількісних показників, які визначають процеси переміщення органічних та мінеральних речовин. Перша спроба кількісно визначити процес біологічного кругообігу була зроблена німецьким ученим Ембермайером у лісовій екосистемі. У своїй праці «Про лісові підстилки», яка вийшла у світ в 1876 р., він визначив такі ланки кругообігу речовин: 1) включення речовин у кругообіг та фіксація їх у деревині та гілках великих розмірів; 2) повернення з опаду в підстилку. Він вперше висунув ідею, щодо розділення кількості речовини в лісовій підстилці (у прошарку опалих залишків рослин) на число речовини в лісовому річному опаді (у масі опалого листя, хвої, гілля тощо) й отримав опадо-підстилковий коефіцієнт, яким можна визначити швидкість розкладання відмерлої органічної речовини на поверхні ґрунту в лісі. Зміни у цей розрахунок вніс О.П. Костичев у 1886 р., запропонувавши віднести до річного опаду не ту кількість підстилки, яка є на момент дослідження, а розкладену за певний проміжок часу спостереження (Бельгард, 1950; Родин, & Базилевич, 1965; Титлянова, 1971; Одум, 1975; Цветкова, 1992; Цветкова, & Якуба, 2008).

Таким чином, третій період характеризується вивченням окремих питань кругообігу речовин, розвитком гумусової теорії живлення, над якою працювало багато науковців. Це початок накопичення даних про особливості кругообігу в різних фітоценозах.

Четвертий період з ХХ ст. по нинішній час. Особлива увага приділяється дослідженню лісової підстилки, її запасів та характеристик зі сторони лісорозведення та використання цих даних як показників біологічного кругообігу речовин. Підстилка в той час була як один із видів мертвого шару ґрунту, виділення типів підстилок пов'язувалося з їх роллю в житті фітоценозу. Дані типи вміщали у собі лише один із зв'язків підстилки з рослиною або ґрунтом. У 1929 р. Гессельман запропонував класифікацію підстилок на основі хімічних властивостей. Головною ознакою він вважав співвідношення основних та кислих речовин у підстилці. По даним критеріям учений визначив п'ять типів підстилок. Видатний вчений В.І. Вернадський запропонував сталі за формою, але глибокі за змістом узагальнення, які надалі стали основою постановки та розробки вчення про біологічний кругообіг речовин: життя є безперервна зміна процесів створення та руйнації органічної речовини та у біосфері постійно відбувається переміщення хімічних елементів із живої матерії в живу і навпаки. Надзвичайно широкого розвитку вивчення кругообігу речовин набуло в 50–ті рр. минулого сторіччя. У всьому світі вчені розпочали детально вивчати цей процес у різних куточках земної кулі, з'єднавшись у межах Міжнародної біологічної програми. Для вивчення напрямку кругообігу органічної речовини у 1951 р. В.М. Міною було запропоновано визначити запаси підстилки та опаду протягом року в тонах на гектар і за цим співвідношенням визначати співвідношення процесів нагромадження та розпаду органічної речовини (Мина, 1957; Семенова-Тян-Шанская, 1960; Матвеева, & Понятковская, 1971; Шуйншалиев, 1981; Цветкова, & Якуба, 2008).

В.В. Полинов у 50–их рр. з'ясував три основні міграційні речовини у ґрунтах: елювіальна – при вододілах; супераквальна – на схилах; субаквальна – на заплавах. Через деякий час О.І. Перельман назвав перший тип автономним, другий – надводним, третій – підводним і відзначив, що шляхи біологічного кругообігу в різних угрупованнях різні та своєрідні, що визначається умовами існування та типом самого фітоценозу (Семенова-Тян-Шанская, 1977; Цветкова, & Якуба, 2008).

У 1958 році В.С. Шумаков висунув принципи класифікації, номенклатури та картування підстилок. Відзначив, що в біологічному кругообігу, який проходить в системі «грунт–рослина–грунт» різного рослинного угруповання, виділяють декілька фаз. Перша фаза – це вбирання рослиною з навколишнього середовища хімічних елементів та води завдяки кореням і листам. Друга фаза полягає в тому, що елементи які поглинулися та вода беруть участь у біохімічних реакціях, які проходять в рослині й спричиняють утворення нових елементів. Третя фаза пов'язана із сезонним відмиранням частин вегетативних органів рослин та опаданням їх на поверхню ґрунту, а також акумуляування їх в ґрунтовій масі. Нові та досить важливі принципи класифікації підстилки у 1963 році обґрунтував С.В. Зонн, в основі яких – ступінь і характер її розкладу. О.І. Перельман виокремив два типи кругообігу – прогресивний (поліпшує довкілля) та консервативний (його погіршує). При цьому прогресивними являються інтенсивні кругообіги, а консервативними – загальмовані (наприклад, із підкисленням, опідзоленням та збіднінням ґрунту) (Шифферс, & Суховерко, 1960; Травлеєв, 1961; Родин, & Базилевич, 1965; Понятковская, 1978; Ковда, 1987).

Вагомий внесок у дослідження кругообігу речовин у степовій зоні України зробили вчені Дніпропетровського національного університету. У 1949 р. на території степової зони європейської частини СРСР Дніпропетровський національний університет започаткував роботу Комплексної експедиції, в якій брали участь співробітники, аспіранти і студенти різних кафедр біологічного і частково геолого–географічного факультетів. Серед них потрібно назвати О.Л. Бельгарда, А.П. Травлеєва, Н.М. Цветкову, А.О. Дубіну, М.М. Носовську, А.Ф. Кулик та ін. Загальне керівництво експедиційними роботами здійснював видатний вчений, професор О.Л. Бельгард. Вони досліджували процеси кругообігу речовин в лісових фітоценозах. Вчені наголосили, що при вивченні окремих ланок біологічного кругообігу особливу увагу слід приділяти підстилці. Вона є одним із найважливіших складників будь–якого рослинного угруповання й структурно–функціональним компонентом, який об'єднує абіотичні та біотичні частки біогеоценозу в цілісну систему. Підстилкою вважаються усі сухі нерозкладені й напіврозкладені частини рослин, що втратили зв'язок і лежать на поверхні ґрунту. Таке визначення для лісової підстилки дають О.Л. Бельгард, А.П. Травлеєв, В.Н. Макаревич, Н.М. Цветкова і М.С. Якуба. А.М. Семенова–Тян–Шанська наводить роботи попередників з цього питання і уточнює поняття підстилки як масу багаторічних рослинних залишків різного ступеня розкладу на поверхні ґрунту. На луках до неї можуть входити також сухі пагони трав'янистих рослин, які не втратили механічного зв'язку з живою особиною, та відрізняються меншим ступенем розкладу (Бельгард, 1950; Семенова–Тян–Шанська, 1960; Травлеєв, 1961; Гришина, & Самойлова, 1971; Одум, 1975; Дубина, 1977; Понятковская, 1978; Шуйншалиєв, 1981; Богатыев, 1996). Такі вчені, як Л.Є. Родін та Н.І. Базилевич, Л.Є. Родін із співавторами розуміють під біологічним кругообігом надходження елементів з ґрунту й атмосфери в живі організми, перетворення в них елементів, що надходять, на нові складні сполуки та повернення їх у ґрунт і атмосферу в процесі життєдіяльності зі щорічним опадом органічної речовини або з повністю відмерлими організмами, що входять до складу біогеоценозів (Родин, 1965, 1967). Вони вказали, що біологічний кругообіг речовин є однією з найважливіших проблем взаємовідношень між рослинністю і ґрунтом та висвітлили методичні прийоми обліку органічної маси в різних фітоценозах, запропонували принципи побудови балансу біокругообігу, виклали деякі методи кількісного визначення речовин.

А.А. Титлянова запропонувала методику дослідження біологічного кругообігу, що дозволило розділити потоки, що входять і виходять з нього (Титлянова, 1971; Титлянова, 1979; Титлянова і др., 1988). Вона висунула характеристику біологічного кругообігу азоту і зольних елементів у трав'яних екосистемах; розглянула запаси та потоки речовин у їхніх складових, географічні закономірності та екологічні особливості біологічної продуктивності трав'яних екосистем.

Л.Є. Родін із співавторами, Н.І. Базилевич із співавторами, В.Н. Макаревич та ін. навели методичні рекомендації для вивчення цих питань у різних фітоценозах, в тому числі і лучних (Родин, & Базилевич, 1965; Родин, Ремезов, & Базилевич, 1967; Макаревич, 1968; Гришина & Самойлова, 1971; Базилевич і др., 1978).

У середині 70 рр. І.В. Царик встановив особливості накопичення і розкладу підстилки у біогеоценозах субальпійського почсу Карпат (Царик, 1977).

Біологічну продуктивність лучних угруповань, кругообіг речовин у них та інших фітоценозах досліджували Є.П. Матвеева із співавторами, Є.В. Шифферс, Р.В. Суховерко, І.І. Смольнінов та Є.В. Рябуха, А.М. Семенова–Тян–Шанська, В.Д. Друзіна, А.Т. Шуйншалиєв,

Й.В. Царик, Л.О. Гришина і Є.М. Самойлова та А.А. Титлянова зі співавторами, Н.Г. Шатохіна, Н.М. Цветкова; Н.М. Цветкової і М.С. Якуби (Шифферс, 1960; Матвеева, 1971; Смольянинов, 1971; Друзіна, 1977; Семенова–Тян–Шанська, 1977; Базилевич и др., 1978; Царик, 1977; Шатохіна, 1980; Шуйншалієв, 1981; Цветкова, 1992, 2008).

Вивченню особливостей накопичення важких металів у підстилці та опаді лісових біогеоценозів присвячені праці М.С. Якуби. Результати її досліджень важливі для діагностики й прогнозування розвитку лісових екосистем та створення штучних лісових насаджень різного призначення в умовах степової зони України (Якуба, 2002; Якуба, 2008).

Я.П. Дідух провів порівняння еколого–енергетичних аспектів та енергетичних запасів у різних екосистемах (Дідух, 2005; Дідух, 2007).

Л.Б. Анісімова з'ясувала особливості біогенної міграції марганцю, заліза, нікелю, міді, цинку і свинцю у білоакацієвих (*Robinia pseudoacacia* L.) культурбіогеоценозах степового Придніпров'я (Анісімова, 2006).

Дослідженням кругообігу речовин у лучних фітоценозах Лівобережного Лісостепу України почали займатися відносно не так давно. Цим питанням вперше зацікавилася Л.Д. Орлова. У своїх роботах вона дослідила динаміку накопичення опадів та підстилки у різних лучних фітоценозах та їх частинах. Встановлено, що по частинам лучних травостоїв в середньому найбільша кількість підстилки та опадів, як і врожайність виявляється у центральній частині заплави, в нижній частині суходільних та в середній частині низинних травостоїв. Зменшення господарського навантаження, зокрема введення режиму заповідання, на лучні фітоценози призводить в середньому до збільшення кількості підстилки та опадів. Встановлений коефіцієнт парної кореляції Пірсона між температурою, опадами та запасами підстилки і опадів. Виявлений індекс інтенсивності біологічного кругообігу на луках регіону в інтервалі 0,1–1,8, при середньому показникові $0,6 \pm 0,2$, тобто швидкість розкладу органічної речовини на досліджених фітоценозах можна вважати інтенсивним (бал 7–8). Аналіз залежності опадо–підстилкового коефіцієнту від погодних умов показав пряму кореляцію на заплавних луках і суходільних луках. Авторами встановлений енергетичний потенціал мортмаси на заплавних суходільних, низинних луках, узагальнено та порівняно результати своїх досліджень із роботами інших науковців України та близького зарубіжжя, які займаються даною проблематикою (Орлова, 2011а; Орлова, 2011b; Орлова, 2011c; Орлова, 2011d; Орлова, 2012).

Вивченню морфологічних характеристик та швидкостей розкладання підстилок у природних та штучних (на прикладі насаджень Смілянського лісгоспу) біогеоценозах присвячені роботи Н.В. Жицької та О.М. Хоменко (Жицька, & Хоменко, 2011).

В.П. Бессонова, М.В. Немченко та В.В. Ткач, вивчаючи системи захисних лісових насаджень на схилі землях, встановили, що підстилка відіграє велику протиерозійну роль, є важливою у біологічному кругообігу хімічних елементів і ґрунтоутворенні. Вона впливає на зростання і стан деревостану, фізичні, хімічні та біологічні властивості й водний режим ґрунту (Бессонова, Немченко, & Ткач, 2016).

Отже, четвертий період пов'язаний із детальним вивченням окремих питань кругообігу речовин у різних типах фітоценозів.

Висновки. На даний час вивчення кругообігу речовин триває, а поява нових підходів і методів досліджень спонукає до необхідності уточнення та узагальнення багатьох понять. Без минулого не буде майбутнього, це стосується й науки. Як ми бачимо з вищесказаного, питанням кругообігу речовин почали цікавитися ще з давніх часів і, спираючись на досягнення попередників, вчення про кругообіг речовин в природі змінювалося, доповнювалося та еволюціонувало в такий стан, який ми маємо зараз.

Аналіз джерельної бази з історії вивчення кругообігу речовин дозволяє виділити декілька етапів, різних за спрямованістю досліджень, які характеризують стан наукових досліджень, ідеї та напрямки в науці, запити практиків і перспективи подальших досліджень з цього питання. Особливо це стосується основних питань кругообігу речовин в різних типах фітоценозів, які інтенсивно використовуються людиною. Серед них потрібно вказати на з'ясування впливу погодних умов, які постійно змінюються, антропогенного впливу, типу фітоценозу, режиму охорони тощо. Важливою стороною кругообігу речовин, яку потрібно дослідити є міграція води, органічних і мінеральних речовин в системі ґрунтослина, опад–підстилка різних рослинних угруповань, як природних, так і агроценозів, їх порівняльний аналіз та виявлення головних особливостей і закономірностей.

Список використаної літератури:

- Анісімова Л. Б. Особливості біогенної міграції марганцю, заліза, нікелю, міді, цинку і свинцю у білоакацієвих (*Robinia pseudoacacia* L.) культур біогеоценозах степового Придніпров'я : автореф. дис. ... канд. біолог. наук. Дніпропетровськ, 2006. 24 с.
- Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока Украины. Киев : Изд-во КГУ, 1950. 264 с.
- Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / А. А. Титлянова и др. Новосибирск : Наука, 1988. 134 с.
- Богатырёв Л. Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах. *Почвоведение*. 1996. № 4. С. 501–511.
- Гришина Л. А., Самойлова Е. М. Учёт биомассы и химический анализ растений. Москва : Изд-во МГУ, 1971. 99 с.
- Дідух Я. П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем. *Український ботанічний журнал*. 2005. Т. 62, № 4. С. 455–467.
- Дідух Я. П. Порівняльна оцінка енергетичних запасів екосистем України. *Український ботанічний журнал*. 2007. Т. 64, № 2. С. 177–194.
- Друзина В. Д. Динамика зольных элементов и азота в луговых биогеоценозах (на примере мелкозлаково-разнотравных сообществ) : автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Ленинград, 1977. 20 с.
- Дубина А. А. Роль подстилки в жизни степного леса. *Вопросы степного лесоведения* : труды Комплексной экспедиции Днепропетр. гос. ун-та. 1977. Вып. 8. С. 46–49.
- Жицька Н. В., Хоменко О. М. Порівняльна характеристика процесів розкладання підстилки в природних та штучних лісових біогеоценозах. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2011. Т. 119. С. 56–58.
- Ковда В. А. Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. Москва : Наука, 1987. 141 с.
- Макаревич В. Н. Об изучении прироста и опада надземной части луговых растительных сообществ. *Ботанический журнал*. 1968. Т. 53, № 8. С. 1160–1169.
- Матвеева Е. П., Понятковская В. М., Сырокомская И. В. Биологическая продуктивность наиболее распространенных типов лугов Советской Прибалтики. *Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах*. Ленинград : Наука, 1971. С. 78–85.
- Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Н. И. Базилевич и др. Москва : Мысль, 1978. 184 с.
- Мина В. Н. Биологическая активность лесных почв и её зависимость от физико-географических условий и состава насаждений. *Почвоведение*. 1957. № 10. С. 73–79.
- Одум Ю. Основы экологии. Москва : Мир, 1975. 740 с.
- Орлова Л. Д. Динаміка накопичення підстилки на низинних луках Лівобережного Лісостепу України. *Промышленная ботаника* : сб. науч. тр. / Донецк. ботанический сад НАН Украины. Донецк, 2011а. Вып. 11. С. 129–134.
- Орлова Л. Д. Енергетичний потенціал підстилки лучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивуції земель*. 2011б. Вып. 40. С. 53–58.
- Орлова Л. Д. Запаси підстилки на заплавах луках Лівобережного Лісостепу України. *Український ботанічний журнал*. 2012. Т. 69, № 5. С. 652–662.
- Орлова Л. Д. Індекс інтенсивності біологічного кругообігу речовин в лучних фітоценозах Лівобережного Лісостепу України. *Відновлення порушених природних екосистем* : матеріали IV міжнар. конф. (Донецьк, 18–21 жовт. 2011 р.) / Донец. ботанічний сад НАН України. Донецьк, 2011с. Вып. 18, т. 2. С. 287–289.
- Орлова Л. Д. Формування запасів підстилки на суходільних луках Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Біологія. Екологія»*. 2011d. Вып. 19, т. 1. С. 130–136.
- Продуктивность луговых сообществ / отв. ред. В. М. Понятковская. Ленинград : Наука, 1978. 287 с.
- Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. Москва : Наука, 1965. 247 с.
- Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Ленинград : Наука, 1967. 145 с.
- Ронгинская А. В. Динамические процессы в луговых фитоценозах (на примере лугов Салаирского кряжа). Новосибирск : Наука, 1988. 152 с.
- Семенова-Тян-Шанская А. М. Динамика накопления и разложения мертвых растительных остатков в лугово-степных и луговых ценозах. *Ботанический журнал*. 1960. Т. 45, № 9. С. 1342–1350.
- Семенова-Тян-Шанская А. М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. Ленинград : Наука, 1977. 191 с.
- Смольянинов И. И., Рябуха Е. В. Круговорот веществ в природе. Киев : Наук. думка, 1971. 120 с.
- Титлянова А. А. Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах. Новосибирск : Наука, 1979. 152 с.
- Титлянова А. А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозах. Новосибирск : Наука, 1971. 136 с.
- Травлев А. П. Лісова підстилка як структурний елемент лісового біогеоценозу в степу. *Український ботанічний журнал*. 1961. Т. 18, № 2. С. 40–46.
- Царик И. В. Накопление и разложение подстилки в биогеоценозах субальпийского пояса Карпат : автореф. дис. ...канд. биолог. наук. Днепропетровск, 1977. 29 с.
- Цветкова Н. Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Днепропетровск : Изд-во ДГУ, 1992. 236 с.
- Цветкова Н. М., Якуба М. С. Біокругообіг речовин у біогеоценозах Присамар'я Дніпровського : навч. посіб. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2008. 112 с.
- Шатохина Н. Г. Продукционный процесс и круговорот азота и зольных элементов в луговых степях и агроценозах пшеницы в Барабе : автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Томск, 1980. 20 с.

Шифферс Е. В., Суховерко Р. В. Динамика накопления надземной растительной массы в пустынных, степных и луговых биогеоценозах Терско-Кумской низменности. *Ботанический журнал*. 1960. Т. 45, № 4. С. 555–564.

Шуйншалиев А. Т. Биологический круговорот энергии, зольных элементов и азота в основных ассоциациях пойменных лугов р. Урал : автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Алма-Ата, 1981. 23 с.

Якуба М. С. Особенности процессов формирования и трансформации подстилки в биогеоценозах Присамарья Днепропетровского. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія*. 2002. Т. 1, вип. 10. С. 66–71.

Якуба М. С. Типологічні особливості накопичення важких металів у підстилці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19, № 3/4. С. 67–76.

Рекомендує до друку Гапон С.В.

Отримано 3.05.2019 р.

L.D. Orlova, E.M. Vlasenko, O.V. Koval

Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University

BASIC ASPECTS OF STUDY OF THE CYCLE OF SUBSTANCES WITH PARTICIPATION OF DIFFERENT TYPES OF PHYTOCENOSES

The article covers a brief history of studying the cycle of substances from the initial ideas to the current state of studying it in different phytocoenoses.

We have identified four stages of studying the cycle of substances, which differ from each other by the views of scientists of different eras. The first stage (II century BC – V century AD) – the idea of cyclicity has the central place. At that time, it was believed that the water, air and fire is a subject of circulation. The first idea of the cycle, which was false, was also worked out, but it had been existing almost for two millennia. Subsequently, it was supplemented by the assumption that plants are fed with “earth’s fat”, which flows from the depths into the surface layers of the soil and transfers nutritious juices to the roots. The Romans at that time noticed that the soils need improvement and fertilization. To solve this problem, they began to add organic fertilizers to the soil and set crop rotations.

At the second stage (XV century – XVII centuries), researchers continued the work of predecessors. Scientists worked on nutrition of plants with “soil salts”. After some time the idea of water nutrition of plants began to develop. After conducting some studies and observations, scientists concluded that the plants are fed with water and organic and mineral substances containing in it. During this period, scientists did not consider the cycle of elements, but the biological cycle of water.

At the third stage (XVIII – XX centuries), the generalization and improvement of the statements of previous researchers, as well as the formation of knowledge about the cycle of substances that have come to the present, can be traced. At the beginning of this stage, clear views on the biological cycle of substances and the development of soils began to emerge. Later, the procedural nature of the biological cycle of substances was revealed, and the humus theory of plant nutrition was developed. At the end of this stage, particular attention was paid to the study of forest floor, its stocks and characteristics from the point of view of logging and the use of these data as indicators of the cycle of substances. At this stage, the floor was classified as one of the types of dead soil. Then, generalizations, compressed in the forms, but deep in the content, were proposed, which subsequently became the basis for the formulation and development of a doctrine on the biological cycle of substances. The clear formulation of the cycle of substances in the form that has come down to us has begun.

The fourth stage (XX–XXI centuries) is characterized by modern study and research, which are connected with the cycle of substances in different phytocoenosis types. Key words: cycle of substances, phytocoenoses, soil, stages of research.

References

- Anisimova, L. B. (2006). *Osoblyvosti biohennoi mihratsii marhantsiu, zaliza, nikeliu, midi, tsynku i svyntsiiu u biloakatsiiyevykh (Robinia pseudoacacia L.) kultur bioheotsenozakh stepovoho Prydniprovia*. [Features of biogenic migration of manganese, iron, nickel, copper, zinc and lead in pseudoacacia (*Robinia pseudoacacia* L.) cultures of biogeocoenoses of the steppe Dnieper region]. (Extended abstract of PhD dissertation). Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
- Bazilevich, N. I., Titlyanova, A. A., Smirnov, V. V., Rodnin, L. E., Nechaeva, N. T., Levin, F. I., & Medvedev, L. V. (1978). *Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonakh* [Methods for studying the biological cycle in various natural areas]. Moskva: Mysl' [in Russian].
- Bel'gard, A. L. (1950). *Lesnaya rastitel'nost' yugo-vostoka Ukrainy* [Forest vegetation of the south-east of Ukraine]. Kiev: Izd-vo KGU [in Russian].
- Bogatyrev, L. G. (1996). *Obrazovanie podstilok – odin iz vazhneishikh protsessov v lesnykh ekosistemakh* [Floor formation is one of the most important processes in forest ecosystems]. *Eurasian Soil Science*, 4, 501-511 [in Russian].
- Didukh, Ya. P. (2005). *Ekoloho-enerhetychni aspekty u spivvidnoshenni lisovykh i stepovykh ecosystem* [Ecological-coenotic aspects of correlation of forest and steppe ecosystems]. *Ukrainian Botanical Journal*, 62(4), 455-467 [in Ukrainian].
- Didukh, Ya. P. (2007). *Porivnialna otsinka enerhetychnykh zapasiv ecosystem Ukrainy* [Comparative evaluation of energy reserves of ecosystems of Ukraine]. *Ukrainian Botanical Journal*, 64(2), 177-194 [in Ukrainian].
- Druzina, V. D. (1977). *Dinamika zol'nykh elementov i azota v lugovykh biogeotsenozakh (na primere melkozlakovo-razno-travnnykh soobshchestv)* [Dynamics of ash elements and nitrogen in meadow biogeocoenoses (using the example of fine grass and forb grass communities)]. (Extended abstract of PhD dissertation). Leningrad [in Russian].
- Dubina, A. A. (1977). *Rol' podstilki v zhizni stepnogo lesa* [The role of floor in the life of the steppe forest]. In *Voprosy stepnogo lesovedeniya* [Issues of steppe forest science] (Vol. 8, pp. 46-49). Dnepropetrovsk, [in Russian].

- Grishina, L. A., & Camoilova, E. M. (1971). *Uchet biomassy i khimicheskii analiz rastenii* [Biomass accounting and chemical analysis of plants]. Moskva: Izd-vo MGU [in Russian].
- Kovda, V. A. (1987). *Biogeokhimicheskii krugovorot veshchestv v biosphere* [Biogeochemical cycle of substances in the biosphere]. Moskva: Nauka [in Russian].
- Makarevich, V. N. (1968). Ob izuchenii prirosta i opada nadzemnoi chasti lugovykh rastitel'nykh soobshchestv [On the study of growth and litter of the aboveground part of meadow plant communities]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical magazine], 53(8), 1160-1169 [in Russian].
- Matveeva, E. P., Ponyatkovskaya, V. M., & Syrokomskaia, I. V. (1971). Biologicheskaya produktivnost' naibolee rasprostranennykh tipov lugov Sovetskoi Pribaltiki [Biological productivity of the most common types of meadows of the Soviet Baltic]. In N. I. Bazilevich, & L. E. Rodin (Eds). *Biologicheskaya produktivnost' i krugovorot khim. elementov v rastitel'nykh soobshchestvakh* [Biological Productivity and Mineral Cycling in the Terrestrial Plant Communities] (pp. 78-85). Leningrad: Nauka [in Russian].
- Mina, V. N. (1957). Biologicheskaya aktivnost' lesnykh pochv i ee zavisimost' ot fiziko-geograficheskikh uslovii i sostava nasazhdenii [Biological activity of forest soils and its dependence on the physical and geographic conditions and composition of plantations]. *Eurasian Soil Science*, 10, 73-79 [in Russian].
- Odum, Yu. (1975). *Osnovy ekologii* [Fundamentals of Ecology]. Moskva: Mir [in Russian].
- Orlova, L. D. (2011c). Indeks intensyvnosti biolohichnoho kruhoobihu rehovyn v luchnykh fitotsenozakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Index of intensity of biological cycle of substances in meadow phytocenoses of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. In *Vidnovlennia porushenykh pryrodnykh ekosystem* [The destruction of natural ecosystems] : Proceeding of the IV International Scientific Conference (October 18-21 October, Donetsk, 2011), (18(2), pp. 287-289). Donetsk [in Ukrainian].
- Orlova, L. D. (2011a). Dynamika nakopychennia pidstylky na nyzynnykh lukakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Dynamics of floor accumulation in the low meadows of the Left Bank Forest-steppe of Ukraine]. *Industrial Botany*, 11, 129-134 [in Ukrainian].
- Orlova, L. D. (2011b). Energhetychnyj potencial pidstylky luchnykh fitocenoziv Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Energy potential of floor of meadow phytocenoses of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. In *Pytannia stepovoho lizoznaststva ta lisovoi rekultyvatsii zemel* [Nourishment of the steppe forest knowledge and the land reclamation] (Vol. 40, pp. 53-58). Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
- Orlova, L. D. (2011d). Formuvannya zapasiv pidstylky na sukhodilnykh lukakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Formation of floor stocks on land meadows of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. *Biosystems Diversity*, 19(1), 130-136 [in Ukrainian].
- Orlova, L. D. (2012). Zapasy pidstylky na zaplavnykh lukakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Floor stocks in the floodplains of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. *Ukrainian Botanical Journal*, 69(5), 652-662 [in Ukrainian].
- Ponyatkovskaya, V. M. (Ed.). (1978). *Produktivnost' lugovykh soobshchestv* [Productivity of meadow communities]. Leningrad: Nauka [in Russian].
- Rodin, L. E., & Bazilevich, N. I. (1965). *Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskii krugovorot v osnovnykh tipakh rastitel'nosti* [The dynamics of organic matter and the biological cycle in the main types of vegetation]. Moskva: Nauka [in Russian].
- Rodin, L. E., Remezov, N. P., & Bazilevich, N. I. (1967). *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitotsenozakh* [Guidelines for the study of the dynamics and biological cycle in phytocenoses]. Leningrad: Nauka [in Russian].
- Ronginskaya, A. V. (1988). *Dinamicheskie protsessy v lugovykh fitotsenozakh (na primere lugov Salairskogo kryazha)* [Dynamic processes in meadow phytocenoses (on the example of meadows of Salair ridge)]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
- Semenova-Tyan-Shanskaya, A. M. (1960). Dinamika nakopleniya i razlozheniya mertvykh rastitel'nykh ostatkov v lugovo-stepnykh i lugovykh tsenozakh [Dynamics of accumulation and decomposition of dead plant debris in meadow-steppe and meadow cenoses]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical magazine], 45(9), 1342-1350 [in Russian].
- Semenova-Tyan-Shanskaya, A. M. (1977). *Nakoplenie i rol' podstilki v travyanykh soobshchestvakh* [Accumulation and the role of floor in grass communities]. Leningrad: Nauka [in Russian].
- Shatokhina, N. G. (1980). *Produksionnyi protsess i krugovorot azota i zol'nykh elementov v lugovykh stepyakh i agrotsenozakh pshenitsy v Barabe* [Production process and the nitrogen and ash cycle in meadow steppes and wheat agrocenoses of Baraba]. (Extended abstract of PhD dissertation). Tomsk [in Russian].
- Shiffers, E. V., & Sukhoverko, R. V. (1960). Dinamika nakopleniya nadzemnoi rastitel'noi massy v pustynnykh, stepnykh i lugovykh biogeotsenozakh Tersko-Kumskoi nizmennosti [The dynamics of the accumulation of above-ground plant mass in the desert, steppe and meadow biogeocenoses of Terek-Kuma lowland]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical magazine], 45(4), 555-564 [in Russian].
- Shuinshaliev, A. T. (1981). *Biologicheskii krugovorot energii, zol'nykh elementov i azota v osnovnykh assotsiatsiyakh poimennykh lugov r. Ural* [Biological cycle of energy, ash elements and nitrogen in the main associations of floodplain meadows of r. Ural]. (Extended abstract of PhD dissertation). Alma-Ata [in Russian].
- Smol'yaninov, I. I., & Ryabukha, E. V. *Krugovorot veshchestv v prirode* [The cycle of substances in nature]. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].
- Titlyanova, A. A. (1971). *Izuchenie biologicheskogo krugovorota v biogeotsenozakh* [Study of the biological cycle in biogeocenoses]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
- Titlyanova, A. A. (1979). *Biologicheskii krugovorot azota i zol'nykh elementov v travyanykh biogeotsenozakh* [Biological cycle of nitrogen and ash elements in grass biogeocenoses]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
- Titlyanova, A. A., Bazilevich, N. I., Shmakova, E. I., Snytko, V. A., Dubynina, S. S., Magomedova, L. N., Nefed'eva, L. G., ... & Sambuu, A. D. (1988). *Biologicheskaya produktivnost' travyanykh ekosistem. Geograficheskie zakonomernosti i ekologicheskie osobennosti* [Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and environmental features]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].

- Travlieiev, A. P. (1961). Lisova pidstylka yak strukturnyi element lisovoho bioheotsenozu v stepu [Forest floor as a structural element of forest biogeocoenosis in the steppe]., *Ukrainian Botanical Journal*, 18(2), 40-46 [in Ukrainian].
- Tsarik, I. V. (1977). *Nakoplenie i razlozhenie podstilki v biogeotsenozakh subal'piiskogo poyasa Karpat [Accumulation and decomposition of floor in the biogeocenoses of Carpathian subalpine belt]*. (Extended abstract of PhD dissertation). Dnepopetrovsk [in Russian].
- Tsvetkova, N. N. (1992). *Osobennosti migratsii organo-mineral'nykh veshchestv i mikroelementov v lesnykh biogeotsenozakh stepnoi Ukrainy [Features of migration of organo-mineral substances and trace elements in forest biogeocenoses of Ukrainian steppe]*. Dnepropetrovsk: Izd-vo DGU [in Russian].
- Tsvietkova, N. M., & Yakuba, M. S. (2008). *Biokruhoobih rechovyn u bioheotsenozakh Prysamaria Dniprovskoho [Biocycle of substances in biogeocenoses of Presamaria Dniprovskiy]*. Dnipropetrovsk: RVV DNU [in Ukrainian].
- Yakuba, M. S. (2002). Osobennosti protsessov formirovaniya i transformatsii podstilki v biogeotsenozakh Prsamar'ya Dneprovskogo [Features of the processes of formation and transformation of the floor in the biocenoses of Presamaria Dniprovskiy]. *Biosystems Diversity*, 1(10), 66-71 [in Russian].
- Yakuba, M. S. (2008). Osoblyvosti nakopychennia vazhkykh metaliv u pidstyltsi ta opadi shtuchnykh nasadzen Prysamar'ia Dniprovskoho [Features of the accumulation of heavy metals in the floor and precipitation of artificial plantings of Presamaria Dniprovskiy]. *Ecology and Noospherology*, 19(3/4), 67-76 [in Ukrainian].
- Zhytska, N. V., & Khomenko, O. M. (2011). Porivnialna kharakterystyka protsesiv rozkladannia pidstylky v pryrodnykh ta shtuchnykh lisovykh bioheotsenozakh [Comparative characteristic of the processes of decomposition of floor in natural and artificial forest biogeocenoses]. *NaUKMA Research Papers. Biology and Ecology*, 119, 56-58 [in Ukrainian].