

УДК 591.9 (524)

Яворницька О.В., Чернобай Ю.М.

## **ВИВЧЕННЯ СУКЦЕСІЙ ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ ЯК СПОСІБ МОНІТОРИНГУ АНТРОПОГЕННОЇ ФРАГМЕНТАЦІЇ СЕРЕДОВИЩА**

*Розглянуто питання просторової фрагментації екосистем під антропогенним впливом. Дано оцінку процесів, які ініціюють фрагментацію. Встановлено, що дослідження та моніторинг явища сукцесії важливий при вивченні інвазійних видів, та показує як змінюється видове різноманіття в часі. Дослідження порівняння темпів формування ґрунтової біоти при первинних сукцесіях і демураціях дає змогу виявити типові комплекси ґрунтових безхребетних мезофауни, характерних для окремих стадій сукцесії.*

**Ключові слова:** сукцесія, фрагментація, угруповання, ґрунтові безхребетні, мезофауна.

Вивчення і збереження різноманіття ґрунтових безхребетних, з'ясування особливостей формування їхніх угруповань є актуальним і необхідним для пізнання основ стійкості, стабільності й підвищення продуктивності екосистем. Поняття сукцесії є одним із основних в сучасній екології, в ньому об'єднуються всі аспекти вивчення угруповань. Під сукцесією розуміють впорядковані, спрямовані, закономірні зміни в екосистемі, спричинені зовнішніми факторами та внутрішніми процесами її розвитку, що відображаються в удосконаленні структури і організації, закінчуються стійкими у певних умовах клімаксовими екосистемами [2].

Сукцесія забезпечує концептуальну основу для вивчення тимчасової динаміки угруповань, екосистем і ландшафтів (геосистем). Середовищетвірна роль біоти обумовлює важливе значення сукцесії в актуальному різноманітті станів екосистем на регіональному рівні. Сукцесії можуть служити індикатором антропогенних змін, у тому числі фрагментації середовища, в природних екосистемах [3].

Метою публікації є аналіз стану вивчення явища антропогенної фрагментації та її впливу на ґрунтову мезофауну, а також обґрунтування необхідності вивчення сукцесійних змін угруповань ґрунтових безхребетних.

У 1992 р. Н.Ф. Реймерсом було сформульовано правило сукцесійного моніторингу або ступеня завершеності сукцесії: якість середовища і ступінь антропогенного впливу відображаються на ступені завершеності сукцесійних рядів, тобто чим більше порушене навколишнє середовище, тим на більш різних фазах закінчується сукцесія. Ряди алогенних сукцесій позначаються змінами природних систем під впливом різноманітних антропогенних процесів: підтоплення і заболочення, гідромеліорація, рекреація, та багато ін. [5].

Фрагментацією називають зменшення розмірів та зміни конфігурації оселищ, що призводять до демографічних втрат у популяціях, що загрожують їхній життєдіяльності, знижують потенціал до самовідновлення включно з можливістю повного зникнення ізольованих і локальних популяцій у найбільш екстремальних випадках [1, 20, 21].

Фрагментація оселищ належить до основних наслідків антропогенної трансформації середовища та глобальних змін клімату і, відповідно, є потенційною загрозою для біорізноманіття наземних екосистем, загрожуючи довготерміновому існуванню виду в малих ізольованих оселищах [1, 12, 14, 19]. Фрагментація є вагомою причиною збіднення видового різноманіття, що в подальшому, без сумніву, впливатиме на ефективність функціонування екосистеми в цілому. Водночас, фрагментація є надзвичайно важливим аспектом у питанні збереження конкретних видів, які вимагають цілісних (не фрагментованих) територій [1, 12, 22].

Рослинний опад унаслідок розкладу в підстилках суходільних екосистем також закономірно змінюється і завершується повною мінералізацією та гуміфікацією, супроводжується закономірними суцесійними змінами біоти що його заселяє. Такі закономірні зміни називають суцесіями при розкладі органічних решток. Дослідження тваринного населення субстратів, що розкладаються, проводилися багатьма дослідниками здавна. Перші дані про суцесії безхребетних тварин, на прикладі ногохвісток, при розкладі органічних решток (листяні компости) були отримані Г. Гізіном [17]. Також суцесії досліджували такі вчені як Н.М. Чернова, Е.Ю. Птиця, С.І. Новикова та інші [8, 9, 15, 16].

При вивченні життя у ґрунті з позиції вчення про суцесії розглядаються зміни тварин переважно лише в процесах первинного ґрунтоутворення або в системах ландшафтних профілів. В системі ґрунтового профілю яскраво здійснюється зв'язок тимчасової і просторової заміни організмів. Процеси мінералізації і гуміфікації, які відбуваються в ґрунті, легко піддаються моделюванню розкладу по окремих частинах свіжих органічних матеріалів.

Вивчення і збереження різноманіття ґрунтових безхребетних, з'ясування особливостей формування їхніх угруповань є актуальним і необхідним, адже вони відіграють важливу роль у процесах трансформації органічної речовини та енергії екосистем, у підтриманні екологічних функцій і покращенні природної продуктивності ґрунту.

Стійкість екосистем, як і їх здатність до самовідновлення після порушень, тісно пов'язана з відновлювальними суцесіями. Стійкість означає зовнішні втілення стабільності, які свідчать про рівень відpornості об'єкту, процесу чи їх співвідношень стосовно зовнішніх збурень. Потенційна форма стійкості спричиняється складом едифікаторів угруповання та флористичною специфікою опаду. Це положення підтверджується існуванням в однотипних екотопах зовсім відмінних за будовою і властивостями підстилок [14]. Кожна екосистема має потенціал до самовідновлення, який значною мірою забезпечується суцесіями рослинного компоненту екосистем. Самовідновлення рослинного компоненту, обумовлюється відновленням ґрунтового покриву, мікроклімату, водного режиму і разом з цим тваринного угруповання екосистеми, яке її населяє [6].

В роботах Н.Ф. Реймерса [10, 11] неодноразово вказувалося на те, що індикатором екологічної рівноваги є здатність природних екосистем досягати клімаксу в ході суцесії. Якщо екосистеми не здатні самостійно відновлюватися до фази клімаксу, то це сигнал про порушення екологічної рівноваги, і відповідно це вказує про необхідність перебудови схеми природокористування. Якщо не відбудеться перебудови системи природокористування, то екосистеми в кінцевому підсумку трансформуються до гранично суцесійних омолоджених станів [7].

Сучасні екологічні та зоологічні дослідження переконливо доводять, що вплив антропогенних факторів, а саме фрагментації середовища, суттєво відбивається на розвитку екосистем, їх структурно-функціональній організації та значенні їх корисних функцій щодо самовідновлення та формування природного середовища.

З точки зору охорони природи і збереження біотичного різноманіття розмежування комплексу природних і антропогенних чинників фрагментації є цілком виправданим, хоча й часто проблемним. Трансформації, зумовлені природними факторами, здебільшого є довготривалими і спрямовані на досягнення рівноваги у системі, а зміни під впливом антропогенних факторів – відображають, насамперед, ступінь її деградації. При цьому антропогенна фрагментація часто має критичний вплив на популяцію у короткій перспективі, оскільки нерідко призводить до швидких змін структури угруповання загалом [20, 1].

Фрагментація не лише зменшує кількість видів, але й ізолює населення виду в субпопуляції, що може мати критичні наслідки та призвести до вимирання виду в цілому. Ще частіше фрагментація призводить до зміни міжвидових взаємовідносин. Більшість досліджень впливу антропогенної фрагментації стосується хребетних тварин. Незважаючи на тривале вивчення питань фрагментації оселищ, досі відсутні дані щодо її впливу на угруповання безхребетних тварин.

Зручним об'єктом для дослідження екологічних сукцесій під впливом антропогенної фрагментації є ґрунтові безхребетні, що рясно населяють підстилку та верхній шар ґрунту. Відносна простота виявлення, можливість точного кількісного обліку, багате видове різноманіття, участь в процесах мінералізації і гуміфікації, тісний їх зв'язок з умовами навколишнього середовища дозволяють прослідкувати в їх динаміці як загальні закономірності сукцесій, так і поодинокі особливості різноманітних варіантів.

Також моніторинг сукцесій важливий при вивченні інвазійних видів. Вивчення сукцесій дозволяє оцінити вплив чужорідних видів на структурно-функціональну організацію та динаміку екосистем, спрогнозувати ймовірність формування нових угруповань і екосистем чужорідними видами-трансформерами.

Вагоме теоретичне й практичне значення має оцінка здатності сприйняття інвазій на різних стадіях сукцесій. Стадії сукцесії (угруповання, відповідного сукцесійного рангу), сприйнятливі до інвазій, являють собою "інвазивне вікно" ("invasion window"), через яке чужорідні види потрапляють в даний регіон. Дослідження сукцесій дозволяє з'ясувати порогові умови вторгнення чужорідних видів, у тому числі в просторовому аспекті (на основі структури рослинного покриву, що представляє мозаїку угруповань різного сукцесійного статусу). З іншого боку, впровадження чужорідних видів може служити своєрідним експериментом при вивченні механізмів сукцесій [7].

Знання про сукцесійні процеси є важливими для планів з рекультивації порушених екосистем. Рекультивація, по суті, є маніпулюванням сукцесією з метою отримання потрібного результату. Відновлювальні роботи в різних випадках включають ініціювання сукцесії, її прискорення або уповільнення, ту чи іншу послідовність сукцесії. З іншої сторони практика рекультивації дозволяє коригувати сукцесійні моделі, тестувати теорію сукцесії.

Теорія сукцесії має забезпечити вибір найбільш ефективних методів, місця і часу рекультивативної. За великим рахунком, відновлювальна сукцесія і рекультивативна – процеси, спрямовані на формування більш-менш стійкої екосистеми. Дістав поширення сукцесійний метод рекультивативної, заснований на здатності рослинності до самовідновлення, а разом з цим і тваринного компоненту екосистеми [13]. Показники початкових стадій сукцесій можуть використовуватися для визначення шляхів рекультивативної техногенних екотопів [6].

Дослідження явища сукцесії показує, як змінюється видове різноманіття в часі, на яких стадіях спостерігається максимальна різноманітність, до яких стадій приурочені рідкісні і зникаючі види і т.д. Видове різноманіття в межах будь-якої території залежить від сукцесійного різноманіття, тобто різноманітності угруповань різного сукцесійного рангу. Якщо вся територія зайнята угрупованнями одного сукцесійного рангу, то видове різноманіття, як правило, істотно зменшується.

Охорона будь-якого виду, який вимирає має враховувати сукцесійний статус угруповання (екосистеми), в якій цей вид існує. Зміна статусу в ході сукцесії позбавляє зникаючий вид його екотопу, наприклад, зміна луки на ліс.

Для збереження і відновлення біорізноманіття необхідно знати: тривалість первинної та вторинної сукцесій, стадійність сукцесій, роль зовнішніх і внутрішніх факторів динаміки, послідовну зміну видового й екологічного складу в ході сукцесії, продуктивність угруповань, які мають різний сукцесійний статус (стадії з максимальною продуктивністю і біомасою), середовищеві роль біоти [7].

### Висновки

Підсумовуючи огляд, слід зазначити, що дослідження сукцесій безхребетних тварин дає корисну інформацію, яка може використовуватись при вирішенні екологічних проблем, оцінці екологічного стану ландшафтів, розробці геоекологічних прогнозів. Таким чином, дослідження порівняння темпів формування ґрунтової біоти при первинних сукцесіях і демутаціях дає змогу виявити типові комплекси ґрунтових безхребетних мезофауни, характерних для окремих стадій первинних і вторинних сукцесій.

1. Білонога В.М. Вплив фрагментації на структурно-функціональну організацію популяцій рослин // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2015. – Вип. 31. – С. 73-80.
2. Голубець М.А., Марискевич О.Г., Крок Б.О., Козловський М.П., Башта А.-Т.В., Гнатів П.С., Гринчак М.М., Шпаківська І.М., Яворницький В.І. Екологічний потенціал наземних екосистем. – Львів: Поллі, 2003. – 180 с.
3. Гусев А.П. Сукцессионная система как основа фитоиндикации динамики ландшафтов (на примере Полесской ландшафтной провинции) // Природные ресурсы, 2008. – № 2. – С. 51-62.
4. Гусев А.П. Оценка риска нарушения экологического равновесия по фитоиндикационным критериям // Природопользование: сб. науч. тр. Вып. 15 / НАН Беларуси; Ин-т природопользования НАН Беларуси; редкол: А.К. Карабанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Ин-т природопользования НАН Беларуси, 2009. – С. 128-133.

5. Гусев А.П. Фитоиндикационно-геоэкологический анализ динамики геосистем: теоретические и методические основы // Вест. Витеб. гос. ун-та, 2010. – № 2 (56). – С. 84-89.
6. Гусев А.П. Потенциал самовосстановления геосистем и его оценка на основе фитоиндикации // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 77-81.
7. Гусев А.П. Зачем нужно изучать сукцессии? // Географические аспекты устойчивого развития регионов: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – С. 158-161.
8. Новикова С.И. Фауна нематод лесной подстилки // Учен. зап. Моск. гос. пед. ин-та им. В.И. Ленина. – 1971. – Вып. 456. – С. 124-134.
9. Птица Е.Ю. Сукцессионная динамика орибатид в разлагающихся пнях // Фауна и экология беспозвоночных животных, ч. 1. – М.: МГПИ им. В.И. Ленина, 1976. – С. 12-19.
10. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды. Словарь-справочник. – М.: Просвещение, 1992. – 319 с.
11. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. – М.: Мысль, 1978. – 295 с.
12. Решетило О. Фрагментація оселищ тварин: наслідки та підходи до її оцінювання // Мат-ли наук. конф. "Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку" (Шацьк, 11-14 вересня 2014 р.). – Львів: Сполом, 2014 – С. 67-68.
13. Тишков А.А. Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера. – М.: Изд-во УРАО, 1996 – 112 с.
14. Чернов Н.М. Зоологическая характеристика компостов. – М.: Наука, 1966. – 154 с.
15. Чернова Н.М., Бурова Л.Г., Запрометова К.М. и др. Сукцессии в лесной подстилке // Фауна и экология беспозвоночных животных. – М.: Изд-во МГПИ им. В.И. Ленина, 1977. – С. 3-24.
16. Чорнобай Ю.М. Екологічні сукцесії детриту в гірських лісових екосистемах // Праці наук. тов-ва ім. Шевченка. – Л., 2001. – Т. VII: Еколог. зб. Екологічні проблеми природокористування та біорізноманіття Львівщини. – С. 117-128.
17. Gisin H. Okologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen in schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. – Rev. Suisse zool., 1943, v. 50.
18. Chatterjee S. Extinction risk, ecological stress and climate change: how species respond to changes in global biodiversity // hal-00868902, version 1-2. – 2013. – 11 p.
19. Fahrig L. Effect of habitat fragmentation on biodiversity // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. – 2003, vol. 34. – P. 487-515.6
20. Gonzalez-Varo J., Arroyo J., Aparicio A. Effects of fragmentation on pollinator assemblage, pollen limitation and seed production of Mediterranean myrtle (*Myrtus communis*) // Biological Conservation. – 2009, vol. 142. – P. 1058-1065.
21. Tsaliki M., Diekmann M. Fitness and survival in fragmented populations of *Narthecium ossifragum* at the species' range margin // Acta Oecologica. – 2009, vol. 35. – P. 415-421.
22. Yaacobi G., Ziv Y. Rosenzweig M.L. Habitat fragmentation may not matter to species diversity // Proceeding of the Royal Society. – B. – 2007, № 274. – P. 2409-2412.

*Яворницькая О.В., Чернобай Ю.М.*

**Изучение сукцессий почвенной мезофауны как способ мониторинга антропогенной фрагментации среды**

Рассмотрены вопросы пространственной фрагментации экосистем под антропогенным воздействием. Дана оценка процессов, которые инициируют фрагментацию. Установлено, что исследования и мониторинг сукцессии важен при изучении инвазионных видов, и показывает изменение видового разнообразия во времени. Исследование сравнения темпов формирования почвенной биоты при первичных сукцессиях и демутации позволяет выявить типичные комплексы почвенных беспозвоночных мезофауны, характерных для отдельных стадий сукцессий.

**Ключевые слова:** сукцессия, фрагментация, сообщество, почвенные беспозвоночные, мезофауна.

*Yavornytska O.V., Chernobay Yu.M.*

**Studying about soil mesofauna succession as a way of monitoring anthropogenic habitat fragmentation**

The problems of spatial fragmentation of ecosystems under anthropogenic influence is considered. The estimate processes that initiate fragmentation. Found that research and monitoring of the phenomenon of succession is important in the study of invasive species, and shows how the species diversity is changing over time. The study compared the rate of formation of soil biota in primary successions and demutation allows to detect typical groups of soil invertebrates mesofauna which is specific to individual stages of succession.

**Key words:** succession, fragmentation, community, soil invertebrata, mesofauna.