

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.

УДК 632.8:631

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОТОНУ ВІДПОВІДНО ЗА МОЗАЇЧНИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ УТВОРЕНЬ СУЧАСНИХ
ЕНТОМОКОМПЛЕКСІВ НА ПШЕНИЦІ ОЗИМІЙ****А. В. ФОКІН**, доктор сільськогосподарських наук**В. В. САХНЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук**Д. В. Сахненко**, аспірант**Національний університет біоресурсів і природокористування України**E-mail: Sakhnenko@gmail.com*

Анотація. У статті розглядається побудова основної проблеми фітосанітарної діагностики екотону - його складна екологічна структура, перш за все мозаїка, яка визначає високий рівень біорізноманіття як слідство ефекту екотонів, а також впливу на комплекси фітофагів на пшениці озимій.

Екотон зазвичай віддають перевагу певним видам рослинності і фауни над іншими. Види, що вимагають високого ступеня стабільності і безперервності середовища проживання, не будуть успішними біля екотону. Так, види, адаптовані до порушень або кордонів, можуть краще використовувати джерела, знайдені в цих нішах. Абіотичні фактори, такі як ерозія, осадження осадкових порід, накопичення снігу, доступність поживних речовин, солоність і температура, схильні до дії певних катіонів і мають тенденцію відрізнятися від однієї сторони кордону до іншого. Екотон

також можуть утворювати мікроклімат, які на додаток до інших відносяться до інших видів. Наприклад, поля пшениці озимої, оточені лісом, будуть характеризуватися більш високими екстремальними температурами і більш швидкими змінами температури, ніж навколишній ліс. Крім того, пряме світло, що досягає землі, призведе до прискореного випаровування і, можливо, висушить лугові ґрунти швидше, ніж в лісі.

Оскільки екотони часто мають невеликі розміри та відносно багаті біорізноманіттям, зусилля по збереженню в цих областях можуть виявитися ефективною та економічною стратегією збереження. Особливості екотона, зокрема наявність екологічності між популяціями, його параметри - місцеположення, щільність та інші показники.

Ключові слова: екотон, біорізноманіття, ландшафт, ентомофаги, екотонна мозаїка, агроценози, пшениця озима

Постановка проблеми.

Основною проблемою фітосанітарної діагностики екотону є його складна

екологічна структура, перш за все мозаїка, яка визначає високий рівень

Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук Доля М.М.

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.

біорізноманіття в результаті ефекту екотону. У цьому випадку застосування принципів фрактального фітосанітарного діагнозу істотно відрізняється від застосування в агроценозах. Екотон вивчався в останні чотири десятиліття в екологічному контексті, і в останні роки все більше уваги приділяється збереженню біорізноманіття. Багатство і достаток видів мають тенденцію до піку в екотон районах, хоча відбуваються виключення з цих закономірностей. Екотон є «природними лабораторіями» для вивчення ряду еволюційних процесів, таких як процес, за допомогою якого формуються нові види, також звані видоутворення. Екотон характеризується стохастичністю і переважно ефемерністю широких екологічних ніш, коливаннями інтенсивності конкуренції, значним антропогенним тиском. У той же час для оцінки кількості популяцій можна використовувати властивості екотону, зокрема наявність екологічного стану між популяціями, його параметри - місце розташування, щільність і т. д. Це може бути важливим в якості додаткового методу отримання інформації про фітосанітарний стан агроценозів (кількість фітофагів), доповнюють і коректують результати фрактальної фітосанітарної діагностики.

Моделі для оцінки просторового розподілу фітофагів відповідно до критеріїв Сведберга і Ллойда побудовані моделі екотону відповідно за мозаїчними характеристиками.

Методика досліджень. Було проведено багато досліджень по моделі біорізноманіття в екотон районах, що призвело до цілого ряду результатів. Робота забезпечує зростаюче покращення граничних регіонів між екологічними спільнотами, може бути дуже різноманітною на рівні всередині видів і підвидів. Було показано, що екотон є особливо високим за біологічною різноманітністю в декількох просторових масштабах як на рівні спільноти (при вивченні видового багатства, тобто кількості видів в районі), так і на рівні всередині видів (морфологічна і генетична різноманітність). Інші дослідження, проте, показали суперечливі результати, що ускладнює узагальнення без ретельного вивчення кожного випадку, спільноти і регіону.

Результати досліджень. Априорі, структура екотона є мозаїкою, але її природа може бути іншою: від мозаїки рослинного покриву до особливостей мікроклімату. У цьому випадку важлива мозаїка умов, що впливають на кількість фітофагів, головним чином через тиск ентомофагів. Для цього можна використовувати

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.
принцип «зворотних точок
сингулярності».

Точки сингулярності в екотона – просторово-часові точки в гетерогенному ландшафті, в яких вирівнюється стримування росту популяції фітофагів ентомофагами, середня інтенсивність (в порівнянні з перекриттям ніш) їх взаємодії зменшується і, отже, формуються області невизначеності з незначною щільністю насичення екологічних ніш. Локалізація точок сингулярності, як в просторі, так і в залежності від неоднорідності ландшафтно-складних ландшафтів, може забезпечити умови для існування більшої кількості видів і з часом в залежності від інтервалу вегетаційного періоду [3].

$$0 < N_{ent} \rightarrow \min / N_{fit} \rightarrow \max \leq 1 \leq \begin{cases} N_{ent} [max; x_2] / N_{fit} [min; x_2] \\ N_{fit} [x_2; max] / N_{ent} [x_2; min] \end{cases} \quad (1)$$

де

N_{ent} - кількість ентомофагів;

N_{fit} - кількість фітофагів;

x_2 - кількість комах в певній точці;

max, min - максимальне і мінімальне число;

$N_{ent} \rightarrow \min / N_{fit} \rightarrow \max$ - відношення числа популяцій ентомофагів і фітофагів в точці сингулярності [4,6].

Таким чином, кількість фітофагів буде індикатором мозаїки умов, що сприяють їх виживанню - простір екотона, вільний від зон точок сингулярності, є мозаїчною місцем існування, де номери фітофагів не матимуть вирішального значення для ентомофагів (рис. 1).

Відомо, що для підтримки стійкості системи зі збільшенням її компонентів середня інтенсивність їх взаємодії повинна зменшуватися [4,9]. У екотоні певні області характеризуються збільшенням чисельності фітофагів до їх стабілізації, а в інших - зменшенням числа ентомофагів до стабілізації в умовній точці. Існує також інтервал пізньої стабілізації чисельності фітофагів після стабілізації популяції ентомофагів. У цьому випадку можна говорити про «ефект метелика» з точкою сингулярності, де перетинаються числа ентомофагів і фітофагів. Формалізація моделі буде наступною:

Доказ факту мозаїки можливо за допомогою оцінки розподілу (однорідного, випадкового, заразного) числа фітофагів з урахуванням структури популяції. Щоб визначити розподіл, використовується критерій Сведберга (Кк) як відношення дисперсії до середнього, оцінка

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.
розподілу була зроблена за шкалою:
КК1 - розподіл рівномірно, $K_k = 1$ -
випадкове, K_k1 ($K_k1,1$) -
контагіозний і коефіцієнт (Кл), так як
відношення виразу ($S_2-C + C_2$) до
середнього: Кл] 0; 1 [- рівномірний,
Кл [1; 2 [- випадкове, Кл [2; + [-
заразним [5,8]. Останній коефіцієнт
більш адекватний і більш підходить
для використання екотона мозаїки,

яка буде доведена із заразним
розподілом.

Далі йде визначення
характеристик мозаїки: дискретність
(нерівномірний розподіл чисел, яке
характеризується періодичними
нульовими значеннями),
дисперсність (розсіювання
фрагментів мозаїки навколо умовної
лінії в центрі екотона) і щільність.

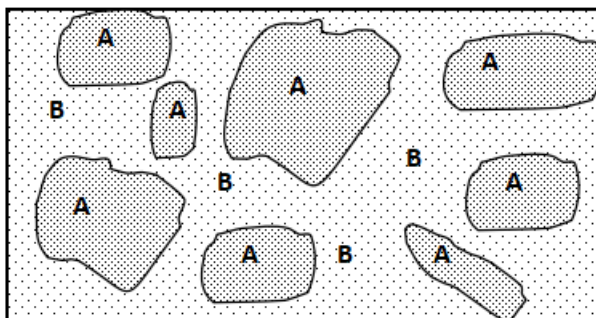


Рис. 1. Площа екотона з мозаїкою за умови виживання комах-фітофагів на пшениці озимій (А - зони точок сингулярності, В - мозаїчні зони).

Характеристики мозаїки в
основному залежать від ширини
екотона - при мінімальних значеннях
кількість фітофагів в ектотонії (N_e)
максимально близько до такого в
агроценозах (N_a), з якими межує
екотон. У міру збільшення ширини
 N_e зменшується в порівнянні з N_a .
Ставлення чисел N_a і N_e дорівнює 1
при $d = 0$ і більше 1 при $d > 0$. Чим
більше d , тим менше N_a / N_e (рис.2).

При ширині ecotone $d = 0$ або d
→ min важливі такі:

- довжина екотона, L ;
- дискретність в просторі і часі,
 $d-r$;
- дисперсність ділянок мозаїки в
просторі і часі, D_r .

При $d > 0$ значення:

- площа екотона, S ;
- дисперсність мозаїки в
просторі, D_r ;
- дискретність в просторі і часі,
 $D_r.Sc$.

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.

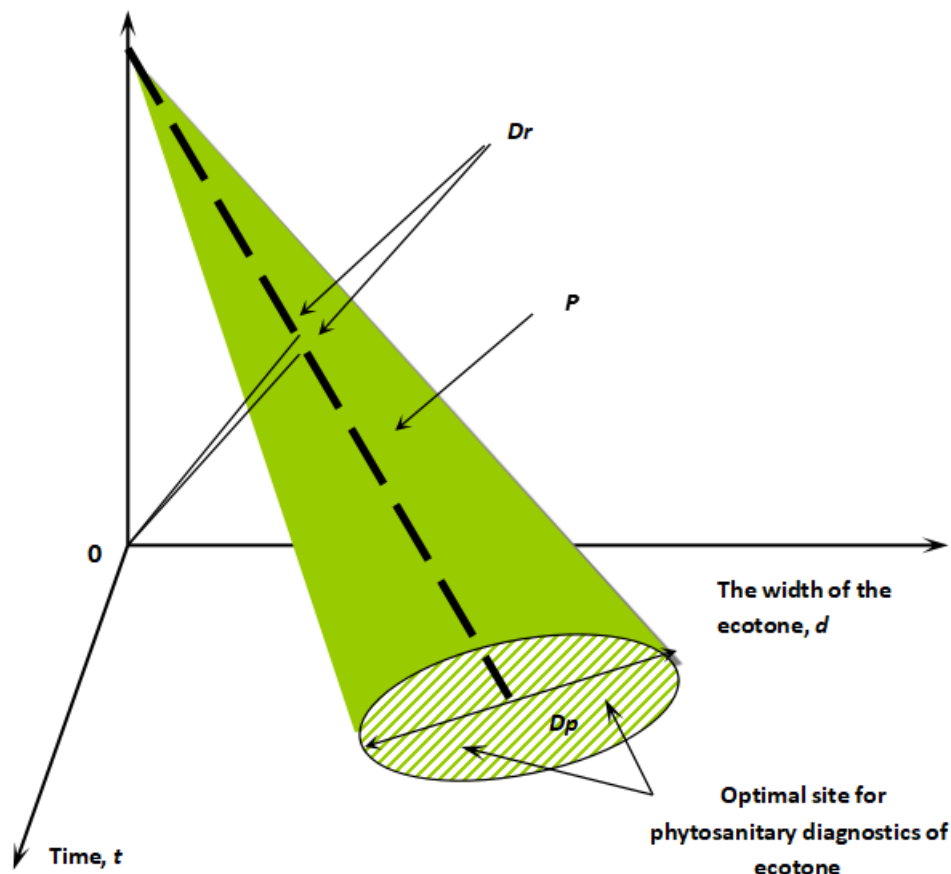
Pphytophagous population, N_{fit} 

Рис. 2. Єкотонні мозаїчні характеристики

Щільність мозаїки за малих значеннях ширини екотона можна визначити як функцію дисперсності відношення довжини і дискретності, а для значної ширини екотона у формулі визначення щільності подовження замінюється на площу:

$$P_{d=0; d \rightarrow \min}(t) = L/Dr (Dp) \quad (2)$$

$$P_{d>0}(t) = S/Dr (Dp) \quad (3)$$

Отже, умови для вибору екотона для фітосанітарної діагностики: він повинен знаходитися в найширшій частині екотона з максимальною дисперсією мозаїки і мінімальною дискретністю (незначна частка облікових точок з нульовим числом чисел).

У зв'язку із цим нагальним є дослідження багаторічних змін ентомокомплексів із уточненням механізмів еволюційних агроекологічних систем на детермінованих періодах та за умов перебудов їх структур. Важливим є комплексний аналіз і перегляд особливостей функціонування агробіоценозів за показниками екологічної стійкості ентомокомплексів пшениці озимої. В 2000-2017 рр. таксономічна структура біорізноманіття у посівах пшениці озимої була представлена, головним чином, представниками наступних рядів: твердокрилі (*Coleoptera*), двокрилі (*Diptera*),

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.
 лускокрилі (*Lepidoptera*),
 напівтвердокрилі (*Hemiptera*),
 перетинчастокрилі (*Hemynoptera*),
 рівнокрилі (*Homoptera*), які
 формувалися за популяційними
 циклами (табл.1). Достовірними
 виявились, механізми сучасного
 контролю особливостей розвитку і
 розмноження комах – фітофагів із
 застосуванням агротехнічних та
 спеціальних хімічних заходів захисту
 пшениці озимої від комплексу
 ґрунтових і внутрішньостеблових
 шкідників. Ефективність контролю

комах – фітофагів на 85% і більше
 забезпечується прогнозом,
 розробленим за екологічними та
 біологічними чинниками.

Достовірні заміни в
 популяційних циклах основних видів
 шкідників пшениці озимої відмічені
 із 3 - 7 річними проміжками (табл.).
 Водночас порівняно високі
 показники коливань температури
 повітря позитивно впливали на
 динаміку розмноження шведської,
 пшеничної, гесенської мух і клопа
 шкідливої черепашки.

1. Популяційні цикли шкідників пшениці озимої (Лісостеп України, 2000-2017 рр.)

№ п/п	Вид комах, роки масових розмножень	Тривалість масових розмножень	Проміжки в роках між черговими масовими розмноженнями, роки
1	Шведська муха (<i>Oscinella frit</i> L.) (2000, 2006, 2009, 2012)	6,3,3	3-6
2	Пшенична муха (<i>Phorbia seures</i> Tiens.)(2001, 2003, 2007, 2011, 2015)	3,3,4	3-4
3	Гесенська муха (<i>Mayetiola destructor</i> S.)(2000, 2003, 2007, 2009, 2011, 2015)	4,5,4,5	4-5
4	Хлібні жуки (<i>Anisoplia austriaca</i> H.) (2000, 2003, 2009, 2011, 2015)	4,3,4	3-4
5	Хлібна жужелиця (<i>Zabrus tenebrioides</i> G.)(2000, 2007, 2011, 2015)	7,5	5-7
6	Клоп шкідлива черепашка (<i>Eurygaster integriceps</i> Put.)(2001, 2004, 2007, 2009, 2015)	3,3,4	3-4

Висновки та перспективи подальших досліджень.
 Дослідження впливу екотона на біорізноманіття є важливим майбутнім напрямком в умовах глобальних змін, в тому числі землекористування та зміни клімату.

Ступінь ефективності екотона як ранніх предикторів впливу змін і шляхів реагування на зміни екологічних спільнот і систем. Крім того, дослідження показують, що екотон - це райони, де деякі популяції стикаються з новими видами перед обличчям потоку генів

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В. (через екотон). Важливо розглянути спільність цих моделей і процесів в різних регіонах, просторових і часових масштабах і групах. У доповненні, оптимальний екотон для фітосанітарної діагностики: повинен бути в найширшій частині екотона з максимальною дисперсією мозаїки і мінімальною дискретністю.

Список використаних джерел

1. Гаврилюк М. (2009). Особливості захисту сільськогосподарських культур від шкідників і хвороб. Аграрний тиждень України. 5. С. 12.
2. Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрющенко А. В. (2010). Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. К.: Колоб'іг. С. 392.
3. Фокін А. В. (2017). Прогноз та реконструкція інвазій комах-фітофагів. - Видавництво "Фенікс". С. 184.
4. Гиллер П., Медникова Б. М. (1988). Структура громад та екологічна ніша. М.: Москва: Мир. С. 184.
5. Фокін А. В. (2005). Rider *Latibulus argiolus* Rossi: Поведінка та екологія. К.: Колоб'іг. С. 80.
6. Фокін А. В. (2015). Принципи фрактальної фітосанітарної діагностики агроценозу. Карантин і захист розлин. 4. С. 16-18.
7. Фокін А. В., Вережнікова І. В. (2015). Від колонізації до акліматизації: сценарії розвитку інвазійного процесу. Регіональні аспекти. С. 136 - 138.

Відповідно, розробка сучасного моніторингу комплексу фітофагів за новітніми технологіями із застосуванням закономірностей формування природних популяцій в нішах прийнятих сівозмін і технологій ведення господарств є наступним кроком розвитку сучасних ентомокомплексів.

8. Jevtic R., Zupunski V., Lalosevic M., & Zupunski L. Predicting potential winter wheat yield losses caused by multiple disease systems and climatic conditions. *Crop Protection*. 2017. P.17-25. (<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.005>)
9. Milosavljevic, Ivan, Esser, Aaron D. Effects of environmental and agronomic factors on soil-dwelling pest communities in cereal crops. *Agriculture Ecosystems & environment*. 2016. No. 225. P. 192 - 198. (<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.006>)

References

1. Gavrilyuk, M. 2009. *Features of protection of agricultural crops from pests and diseases*. Agrarian week Ukraine. 5. P. 12
2. Trybel', S. O., Het'man, M. V., Stryhun, O. O., Kovalyshyna, H. M. & Andryushchenko, A. V. 2010. *Methodology of evaluation of resistance of wheat varieties to pests and pathogens*. Koloboig. P. 392.
3. Fokin, A.V. 2017. *Forecast and reconstruction of invasions of phytophagous insects*. Feonix. P. 184.
4. Giller, P., Mednikova, B. M. 1988. *Community structure and*

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В. *ecological niche*]. Moskow: Mir. P. 184.

5. Fokin, A. V. 2005. *Rider Latibulus argiolus Rossi: Behavior and Ecology*. Koloboig. P. 80.

6. Fokin, A. V. 2015. *Principles of fractal phytosanitary diagnosis of agrocenosis*. Karantyn i zakhyst roslyn. 4. P. 16-18.

7. Fokin, A.V., Verezhnikova I.V. 2015. *From colonization to acclimatization: scenarios for the development of the invasive process*. Rehional'ni aspekty. P. 136 - 138.

8. Jevtic, R., Zupunski, V., Lalosevic, M., & Zupunski, L. (2017).

Predicting potential winter wheat yield losses caused by multiple disease systems and climatic conditions. (pp. 17-25), Crop Protection. (<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.005>)

9. Milosavljevic, I. & Esser, A. D. (2016). Effects of environmental and agronomic factors on soil-dwelling pest communities in cereal crops. (pp.192-198), Agriculture Ecosystems & environment. 225. (<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.006>)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОТОНА В СООТВЕТСТВИИ С МОЗАИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОБРАЗОВАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ЕНТОМОКОМПЛЕКС НА ПШЕНИЦЕ ОЗИМОЙ

А. Фокин, В. Сахненко,
Д. Сахненко

Анотация. В статье рассматривается построение основной проблемы фитосанитарной диагностики экотона - его сложная экологическая структура, прежде всего мозаика, которая определяет высокий уровень биоразнообразия как следствие эффекта экотонов, а также влияния на комплексы фитофагов на пшенице озимой.

Экотоны обычно предпочитают определенные виды растительности и фауны над другими. Виды, требующие высокой степени стабильности и непрерывности среды обитания, не

будут успешными в орнеар экотоне; виды, адаптированные к нарушениям или границам, могут лучше использовать источники, найденные в этих нишах. Абиотические факторы, такие как эрозия, осажжение осадочных пород, накопление снега, доступность питательных веществ, соленость и температура, подвержены воздействию определенных катионов и имеют тенденцию отличаться от одной стороны границы к другой. Экотоны также могут образовывать микроклиматы, которые в дополнение к другим относятся к другим видам. Например, поля озимой пшеницы, окруженные лесом, будут характеризоваться более высокими экстремальными температурами и более быстрыми изменениями температуры, чем окружающий лес. Кроме того, прямой свет, достигающий земли, приведет к ускоренному испарению и, возможно,

Фокін А. В., Сахненко В. В., Сахненко Д. В.
высушит луговые почвы быстрее, чем в лесу.

Поскольку экотон часто имеют небольшие размеры и относительно богатые биоразнообразием, усилия по сохранению в этих областях могут оказаться эффективной и экономической стратегией сохранения. Особенности экотона, в частности наличие экологичности между популяциями, его параметры - местоположение, плотность и другие показатели.

Ключевые слова: экотон, биоразнообразие, ландшафт, энтомофаги, экотонная мозаика, агроценозы, пшеница озимая

SIMULATION OF AN ECOTONE IN ACCORDANCE WITH THE MOSAIC CHARACTERISTICS OF THE FORMATIONS OF MODERN WINTER ENTOCOMPLEX ON WINTER WHEAT

**A. Fokin, V. Sakhnenko,
D. Sakhnenko**

Abstract. *The article discusses the construction of the main problem of phytosanitary diagnostics of an ecotone - its complex ecological structure, primarily a mosaic, which determines a high level of biodiversity as a consequence of the effect of ecotones, as well as the effects on phytophagous complexes on winter wheat.*

Ecotones usually prefer certain types of vegetation and fauna over others. Species requiring a high degree of stability and continuity of the habitat will not succeed in or near ecotone; species adapted to breaches or boundaries can better utilize the sources found in these niches. Abiotic factors, such as erosion, sedimentation, snow accumulation, nutrient

availability, salinity and temperature, are affected by certain cations and tend to differ from one side of the border to the other. Ecotones can also form microclimates that, in addition to others, belong to other species. For example, a a fields of winter wheat surrounded by a forest will be characterized by higher extreme temperatures and faster temperature changes than the surrounding forest. In addition, direct light reaching the ground will lead to accelerated evaporation and, possibly, dry meadow soils faster than in the forest.

Since ecotones are often small in size and relatively rich in biodiversity, conservation efforts in these areas can be an effective and economic conservation strategy. The features of an ecotone, in particular the presence of environmental friendliness between populations, its parameters — location, density, and other indicators.

Keywords: *ecotone, biodiversity, landscape, entomophagous, ecotone mosaic, agrocenoses, winter wheat*