

производства — создание искусственных агроэкосистем с целью получения как можно большего количества продукции и прибыли с единицы площади. Производительность агробиоценоза определяется уровнем дополнительной технологической энергии, значительную долю которой составляют меры защиты от вредителей, болезней растений и сорняков. ИРМ является надежной парадигмой борьбы с вредителями во всем мире и была включена в государственную политику и нормативные акты в Европейском Союзе. Согласно с Рамочной директивой ЕС 2009/128/ЕС существует восемь принципов ИРМ, которые должны строго соблюдаться всеми членами Европейского союза, начиная с января 2014 г. Это профилактика и подавление с помощью нехимических методов, мониторинг вредителей, принятие решений. Биологические, физические и другие нехимические методы должны использоваться в первую очередь, а селективные пестициды, имеющие незначительное негативное влияние на здоровье человека и полезных насекомых — только по необходимости. С целью предотвращения развития резистентности в популяциях вредителей применение пестицидов должно быть сведено к минимуму за счет уменьшения доз и частоты применения и использования пестицидов с различными способами действия. Важно также проводить оценку программы интегрированной защиты растений. В данной работе была обобщена информация об истории, концепции, принципах, компонентах и методах интегрированной защиты растений в мире а также применение этих методов в

Украине. На данный момент в Украине недостаточно используют принципы ИРМ, требуется системный подход и совместные действия многих сторон: ученых, фермеров, специалистов по производству и сбыту сельскохозяйственной продукции, политиков.

**интегрированная защита растений, комплексная борьба с вредителями, биоценоз, агроэкосистема, профилактика, мониторинг, прогноз, принятие решения, оценка; методы защиты растений**

#### Mostovjiak I.

Uman National University of Horticulture, Uman, Instyutyska, 1, Uman, Cherkassy region, 20305, Ukraine, e-mail: mostovjiak@gmail.com

#### Ecological paradigm of integrated plant management

**Goal.** Analysis and synthesis of the current state of development of integrated plant protection (Integrated Pest Management, IPM) in Europe and Ukraine. Methods System-analytical, abstract-logical, empirical. **Results.** The basis of agricultural production is the creation of artificial agro-ecosystems with the aim of obtaining the largest possible amount of products and profits per unit area. The productivity of agrobiocenosis is determined by the level of additional technological energy, a significant proportion of which are measures of protection against pests, plant diseases, and weeds. IPM is a reliable pest control paradigm all over the world and has been included in state policy and regulations in the European Union. In line with the EU Framework Directive 2009/128/EC,

there are eight IPM principles that all EU members have to comply with strictly from January 2014. They include the prevention and suppression by nonchemical methods, pest monitoring, management. Biological, physical and other non-chemical methods should be used in the first place, and selective pesticides, which have a small negative impact on human health and on useful insects — only if necessary. In order to prevent the development of resistance in pest populations, the use of pesticides should be kept to a minimum by reducing the doses and frequency of their use and the pesticides should be used with different mechanisms of action. It is also important to evaluate the integrated plant protection program. **Conclusions.** In this paper, information on the history, concepts, principles, components, and methods of integrated plant protection in the world, as well as the application of these methods in Ukraine, was generalized. At present, the implementation of IPM principles in Ukraine is insufficient and requires a systematic approach and a joint action of many parties: scientists, farmers, specialists in the production and marketing of agricultural products, and politicians.

**integrated plant protection, integrated pest management, biocenosis, agroecosystem, prevention, monitoring, observation, decision making, assessment (documentation and control of results), methods of plant protection**

Рецензент:

В.П. Федоренко,  
доктор біологічних наук,  
професор, академік НААН  
Інститут захисту рослин НААН  
Надійшла 25.02.2019 р.

УДК:632: 595.7

© Е. Коренчук, В.Ф. Дрозда, 2019

## РОЗПОДІЛ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі

**Мета.** Уточнити моделі порогів шкідливості личинок хрущів для 2-річних сіянців сосни звичайної на різних етапах вегетаційного періоду. **Методи.** Фенологічні спостереження за комплексом пластинчастовусих фітофагів: східним та західним, мармуровим, червневим та волохатим хрущами. **Методи** складання фенологічних карт та графічного моделювання порогів шкідливості фітофагів. **Результати.** Встановлено, що період шкідливості для личинок пластинчастовусих фітофагів, залежно від їх фенології, протягом вегетації доцільно розділити на три

**Е. КОРЕНЧУК,**

**В.Ф. ДРОЗДА,**

доктор сільськогосподарських наук,  
професор  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ,  
03041, Україна  
e-mail: Shan2009@meta.ua

етапи: А (весняний), Б (переважно літній), С (осінній), яким відповідають різні моделі порогів шкідливості.

Модель для осіннього періоду враховує підвищення імовірності загибелі рослин внаслідок пригнічення личинками хрущів у весняно-літній період та ефективність реалізованих заходів регулювання їх чисельності. Система регулювання чисельності фітофагів має бути спрямована на максимальний захист культури сосни у період А — недопущення пошкодження кореневої системи личинками (хімічний інсектицид) і превентивне насичення екосистеми біологічними агентами з таким розрахунком, щоб максимальна ефективність їх припадала на період Б.

**Висновки.** Для весняного, переважно літнього та осіннього періодів доцільно застосовувати різні моделі порогів шкідливості: для весни-літа  $x = (0,96u + 0,63) / 3$ ; для осені  $x = ((0,96u + 0,63) / 3) \times 0,577$ , де  $x$  — співвідношення біомаси кореневої системи до біомаси личинок;  $u$  — біомаса кореневої системи. Модель порогу шкідливості для осіннього періоду враховує підвищення рівня імовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у попередні періоди (весна, літо) та ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів.

**пороги шкідливості, хрущі, фенологія, сосна звичайна, коренева система, вегетаційний період, біомаса**

**Вступ.** Рівні шкідливості комах-фітофагів є одним із фундаментальних елементів теорії порогів шкідливості, яку успішно розробляли, починаючи з 30-х років ХХ сторіччя [1–6]. Концептуально за цей час оцінка рівнів шкідливості еволюціонувала від класичного дисперсійного аналізу втрат урожаю [3] та визначення потенційних втрат від фітофага через інтегральні економічні показники [1] до підходів на основі енергетичних показників — потреби живлення фітофага [2, 7].

Особливості розробки моделей порогів шкідливості для деревних культур мають важливу рису — їх розробляють з урахуванням особливостей багаторічних рослин, стійкість яких відносно фітофагів змінюється як протягом вегетаційного сезону, так і протягом терміну життя. Для комах, що живляться деревними культурами, загальна порогова модель повинна урівноважуватися відповідними коефіцієнтами, уточнюватися, залежно від вегетаційного періоду.

**Мета.** Уточнення моделі порогів шкідливості личинок хрущів для 2-річних сіянців сосни звичайної на різних етапах вегетаційного періоду.

**Методи.** Фенологічні спостереження за комплексом пластинчастовусих фітофагів: східним та західним, мармуровим, червневим та волохатим хрущами. Методи складання фенологічних карт [8] та графічного моделювання порогів шкідливості фітофагів [9].

**Результати досліджень.** Реалізація поргових показників шкідливості протягом вегетаційного періоду має свої особливості. Перш за все слід мати на увазі, що цей поріг «енергетичний», тобто прив'язаний до значень біомаси (кореневої системи та личинок) та потреби у живленні (личинки). В той же час фенологія представників комплексу пластинчастовусих фітофагів — західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червневого хрущів, який присутній в лісових екосистемах, значно різниться, а відтак різняться і періоди шкідливості личинкової стадії (рис. 1, табл. 1).

Вегетаційний період за шкідливості хрущів можна розділити на три етапи:

- А — потреба у живленні (ПЖ) личинок не перевищує біомасу коріння;
- Б — ПЖ перевищує біомасу коріння;

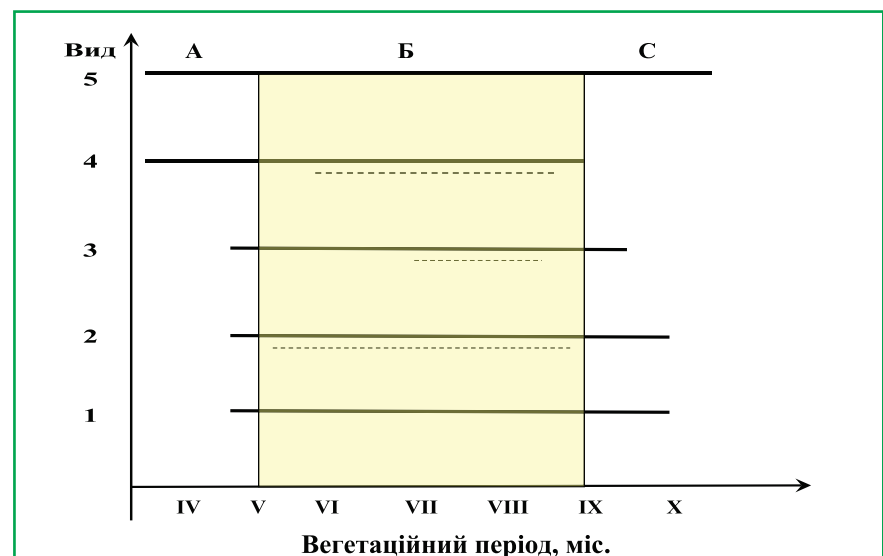
С — ПЖ не перевищує біомасу коріння, але рослина ослаблена внаслідок живлення личинок хрущів на етапі Б.

Вочевидь, що пороги шкідливості на різних етапах мають різнитися, мати коефіцієнт перерахунку. Загалом імовірність загибелі рослин сосни дворічного віку можна представити як нерівність:  $B > C > A$ .

Імовірність загибелі на етапі Б максимальна, оскільки в цьому інтервалі вегетаційного періоду шкодять личинки різного віку, а відтак біомаса личинок дуже значна. Крім того, в цей період рослини відчують дефіцит вологи у ґрунті. По суті, на етапі Б порогові значення не діють, або за їх застосування є ризик великої похибки, оскільки личинки деяких видів, зокрема мармурового та волохатого хрущів, мігрують у нижні, більш вологі шари ґрунту,

### 1. Тривалість періодів шкідливості комплексу пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду

№ п/п	Вид хрущів	Інтервал періоду шкідливості, міс.	Джерело
1	Західний травневий	2-га декада травня — 2-га декада жовтня	[9, 11], оригінальні дані
2	Східний травневий		[10—12, ], оригінальні дані
3	Мармуровий	Травень — вересень (у липні — вересні заглиблюється, уникаючи високих температур)	[10, 13]
4	Волохатий	Квітень — вересень (у липні — вересні заглиблюється, уникаючи високих температур)	[10], оригінальні дані
5	Червневий	Квітень — жовтень	[10], оригінальні дані



**Рис. 1.** Розподіл періодів шкідливості комплексу пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду (пунктиром позначено період, коли личинки заглиблюються у нижні шари ґрунту): 1 — західний травневий хрущ; 2 — східний травневий хрущ; 3 — мармуровий хрущ; 4 — волохатий хрущ; 5 — червневий хрущ

а отже обліковувати їх неможливо. Більш адекватні порогові значення на етапах А та С.

Етап А — початковий, весняний і порогові значення шкідливості для личинок хрущів розраховуються, як нами доведено у попередніх роботах, за рівнянням:

$$3x - 0,96y + 0,63 = 0, \quad (1.1)$$

де  $x$  — співвідношення біомаси кореневої системи до біомаси личинок;  $y$  — біомаса кореневої системи.

На наступних етапах порогове рівняння слід розглядати через призму попереднього періоду із урахуванням ефективності заходів регулювання чисельності. Графічно це наведено на рисунку 2.

Важливо відзначити, що на етапі С фактична лінія рівня імовірності  $MN_1$  буде зміщена вгору відносно теоретичної  $MN$ . Це відбувається внаслідок того, що рослини, які пережили період Б (тиск популяції фітофагів та дефіцит вологи) наприкінці вегетації ослаблені, а отже і поріг шкідливості для них буде значно меншим — імовірність загибелі зростає навіть якщо чисельність личинок хрущів не сягає порогового значення.

Чим стрімкішим буде нахил  $MN_1$  відносно осі абсцис (більший кут  $\alpha$ ), тим менша імовірність переходу рослини у період С. У випадку збігу  $MN_1$  та  $MZ$ , тобто коли імовірність перевищення порогового значення дорівнює 1, рослина гине на етапі Б.

Система регулювання чисельності фітофагів має бути спрямована на максимальний захист культури сосни у період А — недопущення пошкодження кореневої системи личинками (хімічний інсектицид) і превентивне насичення екосистеми біологічними агентами з таким розрахунком, щоб максимальна ефективність їх припадала на період Б.

Показником успішності переходу рослини із періоду Б у С є величина кута  $\alpha$ , чим він менший — тим ефективніше спрацювала система захисту на етапах А та Б:  $0 \leq \alpha \leq 90$ . Обчислення будь-якої тригонометричної функції значень  $\alpha$  дасть числове значення успішності переходу, яке можна використати як коефіцієнт перерахунку для рівняння 1.1 на етапі С. Найбільш зручною, на наш погляд, є функція  $tg$ , оскільки за

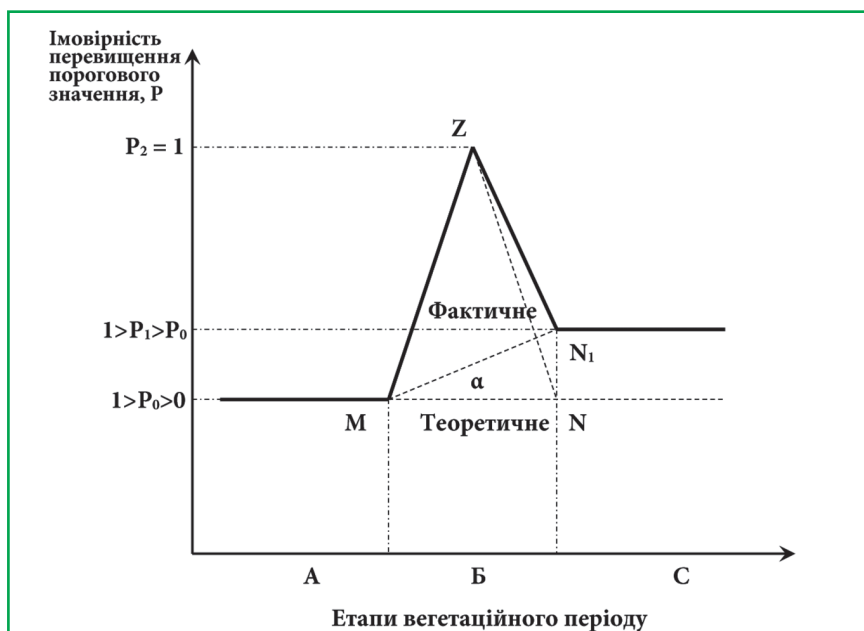


Рис. 2. Динаміка імовірності перевищення порогового значення чисельності личинок пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду (пояснення у тексті)

її допомогою отримуємо не згладжений числовий ряд (як, наприклад, при обчисленні  $\sin$ ), а такий, що дає можливість визначити критичний період ефективності системи захисту — коли її ефективність менша 40%. Це стає можливим тому, що  $tg 90^\circ = \infty$ , а значення ряду  $\alpha$  при наближенні до  $90^\circ$  стрімко змінюються в інтервалі  $87-88^\circ$ :  $tg 87^\circ = 19,081$ ;  $88^\circ = 28,636$ ;  $tg 89^\circ = 57,289$  (табл. 2). Це можна прийняти і як уточнення максимально можливого кута  $\alpha$ :  $0 \leq \alpha < 88$ .

У наведеній градації ефективності пояснення вимагає інтервал

«40—60», який ми трактуємо як «невизначений», він охоплює 50% значення  $\pm 10\%$ , тобто інтервал у межах якого неможливо точно визначити, чи був власне ефект від технології захисту — значення  $tg$  для нього становить близько 1: 0,839 — 1,732.

Для високої ефективності максимальний кут нахилу відповідає  $30^\circ$ ,  $tg$  якого дорівнює 0,577, що можна прийняти за поправочний коефіцієнт для моделі 1.1.

Отже, вона прийме наступний вираз:

$$x = ((0,96y + 0,63) / 3) \cdot 0,577. \quad (1.2)$$

## 2. Оцінка успішності застосування заходів регулювання чисельності личинок хрущів

Кут нахилу $MN_1$ ( $\alpha$ )	$tg \alpha$	Оцінка ефективності, %			
		< 90 висока	40—60 невизначена	60—90 прийнятна	< 40 низька
0,1	0,00175	x			
1	0,01746	x			
10	0,176	x			
20	0,363	x			
30	0,577	x			
40	0,839		x		
50	1,191		x		
60	1,732		x		
70	2,747			x	
80	5,671			x	
87	19,081			x	
88	28,636				x
89	57,289				x



Одержані результати зведено у таблицю 3.

## ВИСНОВКИ

Період шкідливості в межах вегетаційного періоду для личинок комплексу хрущів доцільно розділити на три етапи (А, Б, С), залежно від фенології фітофагів. Для етапів А, Б та С доцільні різні моделі порогів шкідливості. Модель порогу шкідливості на етапі С враховує підвищення рівня імовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у попередні періоди (А, Б) та ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев В.П., Зацерковский В.А. Расчетный метод определения эффективности химических мер борьбы с вредителями. *Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений*. В 3-х т. Киев: Урожай, 1989. Т. 3. С. 400—402.
2. Зубков А.Ф. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика. Ст-Пб., Пушкин: Изд-во ВИЗР, 1995. 386 с.
3. Любичев А.А. К вопросу об установлении размера потерь, причиняемых вредными насекомыми. *Защита растений*. 1931. Т. VIII. №5—6. С. 472—488.
4. Любичев А.А. К методике экономического эффекта вредителей (хлебный пилильщик и узловая толстоножка). *Труды по защите растений*. 1931. Т. I. Вып. 2. С. 359—505.
5. Любичев А.А. К методике полевого учета сельскохозяйственных вредителей и эффективности мероприятий по борьбе с ними. *Ученые записки Ульяновского пед. ин-та*. 1955. Вып. 6. С. 3—55.
6. Танский В.И. Биологические основы вредоносности насекомых. Москва: ВО «Агропромиздат», 1988. 184 с.
7. Зубков А.Ф. Агробиоценология как экспериментальный раздел биогеоценологии. *Успехи соврем. биологии*. 2005. 125. №3. С. 247—259.
8. Добровольский Б.В. Фенология насекомых. Москва: Высшая школа, 1969. 231 с.
9. Фокін А.В. Грунтові фітофаги: енергетична концепція визначення рівнів та порогів шкідливості. Київ: Колобріг, 2008. 152 с.
10. Космачевский А.С. Вредные почвенные насекомые и меры борьбы с ними. Москва: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1959. 84 с. (Серия: Вредители и болезни сельскохозяйственных растений).
11. Положенцев П. О борьбе с майским хрущом (*Melolontha hippocastani* Fabr) в условиях Юга и Юго-Востока СССР. Пенза: Издание Пензенского лесотехнического института, 1932. 64 с. (приложение к 1 выпуску «Записок» Пензенского лесотехнического института).
12. Березина В.М. Личиночное питание восточного майского хруща. *Труды ВИЗР*. Вып.8. 1957. С. 37—74.
13. Головянко З.С. Мраморный хрущ, как вредитель лесных, виноградных и садовых культур на песках. Киев: Изд-во АН УССР, 1951. 148 с.

## 3. Моделі порогів шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів на різних етапах вегетаційного періоду

Етап вегетаційного періоду	Модель порогу шкідливості	Особливості технології захисту
А (весна)	$x = (0,96y + 0,63) / 3$	Хімічний інсектицид + насичення біоагентом
Б (переважно літо)		Хімічний інсектицид + дія біоагента
С (осінь)	$x = ((0,96y + 0,63) / 3) \times 0,577$	

**Коренчук Є., Дрозда В.Ф.**  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: Shan2009@meta.ua

**Распределение пороговых значений вредоносности личинок пластинчатоусых фитофагов во времени**

**Цель.** Уточнение модели порогов вредоносности личинок майских жуков для 2-летних сеянцев сосны обыкновенной на разных этапах вегетационного периода. **Методы.** Фенологические наблюдения за комплексом пластинчатоусых фитофагов: восточным и западным, мраморным, июньским и мохнатым майскими жуками. **Методы** составления фенологических карт и графического моделирования порогов вредоносности фитофагов. **Результаты.** Установлено, что период вредоносности для личинок пластинчатоусых фитофагов в зависимости от их фенологии, в течение вегетации целесообразно разделить на три этапа: А (весенний), Б (преимущественно летний), С (осенний), которым соответствуют различные модели порогов вредоносности. В частности, модель для осеннего периода учитывает повышение вероятности гибели растений вследствие угнетения личинками майских жуков в весенне-летний период и эффективность реализуемых мер регулирования их численности. Система регулирования численности фитофагов должна быть направлена на максимальную защиту культуры сосны в период А — недопущение повреждения корневой системы личинками (химический инсектицид) и превентивное насыщение экосистемы биологическими агентами с таким расчетом, чтобы максимальная эффективность их приходилась на период Б. **Выводы.** Для весеннего, преимущественно летнего и осеннего периода целесообразно применять различные модели порогов вредоносности: для весны-лета  $x = (0,96y + 0,63) / 3$ , а для осени  $x = ((0,96y + 0,63) / 3) \times 0,577$ , где  $x$  — соотношение биомассы корневой системы к биомассе личинок;  $y$  — биомасса корневой системы. Модель порога вредоносности для осеннего периода учитывает повышение уровня вероятности гибели растения вследствие ослабления личинками майских жуков в предыдущие периоды (весна, лето) и эффективность проведенных мер регулирования численности этих фитофагов.

**пороги вредоносности, хрущи, фенология, сосна обыкновенная, корневая система, вегетационный период, биомасса**

**Korenchuk E., Drozda V.**  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str, Kyiv, Ukraine, 03041, e-mail: Shan2009@meta.ua

**Distribution of threshold values of harmfulness of larvae of lamellar phytophages in time**

**Goal.** Clarification of the threshold of harmful larvae for 2-year-old pine seedlings at different stages of the growing season. **Methods.** Phenological observation of the complex of plates of the phylogenetic phytophages: eastern and western, marble, red and shaggy worms. **Methods** of compilation of phenological maps and graphic modeling of harmfulness thresholds of phytophages. **Results** It has been established that the period of harmfulness for larvae of the plates of the breeding phytophages, depending on their phenology, during the vegetation is expediently divided into three stages: A (spring), B (mostly summer), C (autumn), which correspond to different models of thresholds of harmfulness. In particular, the model for the autumn period takes into account the increased likelihood of plant death due to the suppression of larvae of the crust in the spring and summer period and the effectiveness of the measures implemented to regulate their numbers. The system for regulating the number of phytophages should be aimed at maximal protection of the pine culture in period A — prevention of damaging the root system of larvae (chemical insecticide) and preventive saturation of the ecosystem with biological agents in such a way that their maximum efficiency is at period B. **Conclusions.** For the spring, mainly summer and autumn periods, it is expedient to use different models of hazard thresholds: for the spring and summer  $x = (0,96y + 0,63) / 3$ , and for the autumn  $x = ((0,96y + 0,63) / 3) \times 0,577$ , where  $x$  — ratio of the biomass of the root system to the biomass of the larvae;  $y$  — biomass of the root system. The hazard threshold model for the autumn period takes into account the increase in the likelihood of plant death due to the weakening of the crustal larvae in previous periods (spring, summer) and the effectiveness of the measures taken to regulate the number of these phytophages.

**thresholds of harm, crunchy phenology, pine common, root system, vegetation period, biomass**

Рецензент:

А.В. Фокін,  
доктор сільськогосподарських наук,  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
Надійшла 02.04.2019 р.