

**Accent Graphics**  
Publishing & Communications

Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada

 **PREMIER**  
Publishing

Premier Publishing s.r.o.

Центр научных исследований «Solution»

13<sup>th</sup> International conference

# **Science and society**

19<sup>th</sup> July 2019

**Hamilton, Canada**  
**2019**

The 13th International conference “Science and society” (July 19, 2019) Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada. 2019. 237 p.

**ISBN 978-1-77192-360-6**

The recommended citation for this publication is:

*Busch P. (Ed.) (2019). Humanitarian approaches to the Periodic Law // Science and society. Proceedings of the 13th International conference. Accent Graphics Communications & Publishing. Hamilton, Canada. 2019. Pp. 12–17*

<b>Editor</b>	Lucas Koenig, Austria	Morozova Natalay Ivanovna, Russia
<b>Editorial board</b>	Abdulkasimov Ali, Uzbekistan	Moskvin Victor Anatolevich, Russia
	Adieva Aynura Abduzhalalovna, Kyrgyzstan	Nagiyev Polad Yusif, Azerbaijan
	Arabaev Cholponkul Isaevich, Kyrgyzstan	Naletova Natalia Yurevna, Russia
	Zagir V. Atayev, Russia	Novikov Alexei, Russia
	Akhmedova Raziyat Abdullayevna	Salaev Sanatbek Komiljanovich, Uzbekistan
	Balabiev Kairat Rahimovich, Kazakhstan	Shadiev Rizamat Davranovich, Uzbekistan
	Barlybaeva Saule Hatiyatovna, Kazakhstan	Shhahutova Zarema Zorievna, Russia
	Bestugin Alexander Roaldovich, Russia	Soltanova Nazilya Bagir, Azerbaijan
	Boselin S.R. Prabhu, India	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bondarenko Natalia Grigorievna, Russia	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bogolib Tatiana Maksimovna, Ukraine	Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan
	Bulatbaeva Aygul Abdimazhitovna, Kazakhstan	Suleymanova Rima, Russia
	Chiladze George Bidzinovich, Georgia	Tereschenko-Kaidan Liliya Vladimirovna, Ukraine
	Dalibor M. Elezović, Serbia	Tsersvadze Mzia Giglaevna, Georgia
	Gurov Valeriy Nikolaevich, Russia	Vijaykumar Muley, India
	Hajiyev Mahammad Shahbaz oglu, Azerbaijan	Yurova Kseniya Igorevna, Russia
	Ibragimova Liliya Ahmatyanovna, Russia	Zhaplova Tatiana Mikhaylovna, Russia
	Blahun Ivan Semenovich, Ukraine	Zhdanovich Alexey Igorevich, Ukraine
	Ivannikov Ivan Andreevich, Russia	<b>Proofreading</b> Andrey Simakov
	Jansarayeva Rima, Kazakhstan	<b>Cover design</b> Andreas Vogel
	Khubaev Georgy Nikolaevich	<b>Contacts</b> Premier Publishing s.r.o.
	Khurtsidze Tamila Shalvovna, Georgia	Praha 8 – Karlín,
	Khoutyz Zaur, Russia	Lyčkovo nám. 508/7, PSČ 18600
	Khoutyz Irina, Russia	1807-150 Charlton st.East,
	Korzh Marina Vladimirovna, Russia	Hamilton, Ontario, L8N 3×3 Canada
	Kocherbaeva Aynura Anatolevna, Kyrgyzstan	
	Kushaliyev Kaiser Zhalitovich, Kazakhstan	
	Lekerova Gulsim, Kazakhstan	
	Melnichuk Marina Vladimirovna, Russia	
	Meymanov Bakyt Kattoevich, Kyrgyzstan	
	Moldabek Kulakhmet, Kazakhstan	

### Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing, the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

The Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

### Included to the open access repositories:

**eLIBRARY.RU**

© Premier Publishing s.r.o.

© Accent Graphics Communications & Publishing

© Центр научных исследований «Solution»

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper

# РІЗНОМАНІТТЯ ТА МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ УГРУПОВАНЬ МОЛЮСКІВ ТЕХНОЗЕМІВ НІКОПОЛЬСЬКОГО МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ

**КОВАЛЕНКО Д.В.**

*аспірант*

*Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, Україна*

Стійкість екологічних угруповань залежить від меншою мірою трьох компонентів структури угруповання: різноманіття (видового багатства), видової композиції та патернів взаємодії між видами [12]. Взаємозв'язок між різноманіттям та стабільністю угруповання є ключовим аргументом на користь збереження екологічного різноманіття [5, 22]. Роль різноманіття в стійкості угруповання тісно пов'язана з видовою композицією та патернами взаємодії між видами [9, 21, 22]. Композиція є важливою, тому що присутність певних видів в угрупованні може змінити те, як угруповання може реагувати на специфічні впливи середовища [6]. Патерни взаємодій між видами важливі, так як реакції окремих видів на пертурбації середовища залежать не тільки від прямого впливу пертурбацій на народжуваність та смертність, а також і від непрямих впливів на чисельність інших видів в угрупованні [8, 15, 17, 18].

Здатність екосистеми повертатися у стаціонарний стан після пертурбації розглядають як прояв її стійкості [8, 7, 18]. Це положення відповідає теорії стійкості Ляпунова, тому такі системи, які повертаються у рівноважний стан після виведення з нього, називаються *L*-стійкими [18]. Стійкість характеризує екосистему як ціле [14]. У реальних екосистемах популяції ніколи не можуть знаходитися у стаціонарному стані з приводу стохастичності флуктуацій довкілля [13]. Кількісна оцінка стабільності екосистем на основі повернення до рівноважного стану є звичайним підходом як у емпіричних та і теоретичних дослідженнях [1]. Пульсуюча пертурбація є прийнятною моделлю для багатьох

природних порушень, таких як повені, лісові пожежі, спалахи захворювань та широко застосована для дослідження експериментальних екосистем. Типовим є вивчення короткочасного повернення до рівноважного стану, так як існують практичні труднощі у збиранні довготривалих часових рядів даних [4, 10, 19, 24].

Мета дослідження – встановити закономірності стійкості угруповань наземних молюсків за Ляпуновим, які існують на штучних ґрунтоподібних конструкціях у межах Нікопольського марганцеворудного басейну, а саме на педоземах та на дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурій глині, на сіро-зеленій глині та на лесоподібних суглинках.

Дослідження проводились протягом 2012 – 2014 рр. на ділянці рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну в м Покров. Експериментальна ділянка з вивчення оптимальних режимів сільськогосподарської рекультивації була створена 1968 – 1970 рр. на зовнішньому відвалі Запорізького марганцеворудного кар'єру. Об'єктами дослідження були обрані дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах, сіро-зелених глинах, лесоподібних суглинках та педозем. У межах кожного типу техноземів був розміщений дослідний полігон, який являє собою регулярну сітку, що складається із сайтів відбору проб розміром  $0,5 \times 0,5$  м, відстань між якими становить 3 м і складається з 7 трансект по 15 проб. Відповідно його розміри становлять  $18 \times 42$  м.

Динамічну поведінку популяції можна охарактеризувати за допомогою швидкості зміни чисельності, яка може бути встановлена через чисельне диференціювання ряду чисельностей популяції:

$$\frac{\Delta x_{i,j}}{\Delta t} = x_{i+1,j} - x_{i,j},$$

де  $x_i$  та  $x_{i+1}$  чисельність  $j$ -ї популяції в моменти часу  $i$  та  $i+1$  відповідно. Часовий лаг  $i$  складав час між обліками весна-літо та літо-осінь. Для дослідження динаміки угруповання на предмет стійкості за Ляпуновим необхідні наступні етапи [20, 25]. Динамічна матриця угруповання складається

з коефіцієнтів часткових похідних, тому цей екологічний термін в термінах класичної математики зветься Якобіаном. Потім на основі отриманих матриць обчислюються критерії стійкості угруповання, на підставі яких робиться висновок про характер його стійкості [25].

Варіювання чисельності молюсків в просторі та часі у межах досліджених полігонів певним чином пов'язане. Попарне порівняння вказує на те, що між чисельністю видів існує позитивний кореляційний зв'язок, наявність якого можна пояснити спільними рисами екології наземних молюсків у цілому. Цей результат підтверджується розрахунками коефіцієнтів кореляції чисельності видів. У цілому по усім полігонам та за період досліджень найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара видів *Ch. tridens* та *M. cartusiana*. Характер міжвидових зв'язків має свою специфіку залежно від типу біогеоценозу. Так, на сіро-зелених глинах найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара *B. cylindrica* та *M. cartusiana*, а кореляція між *B. cylindrica* та *Ch. tridens* має зворотній знак.

Для угруповання наземних молюсків лесоподібних суглинків характерні позитивні кореляційні зв'язки. Найбільший зв'язок встановлений між *B. cylindrica* та *M. cartusiana*. Рівень узгодженості динаміки молюсків в педоземах суттєво нижчий, ніж в інших типах техноземів. Між чисельністю молюсків в цьому типі техноземів існує статистично вірогідний кореляційний зв'язок тільки між *M. cartusiana* та *Ch. tridens*. У червоно-бурих глинах статистична вірогідна кореляція встановлена для пари видів *M. cartusiana* та *Ch. tridens* а також пари *M. cartusiana* та *B. cylindrica*.

Кореляція чисельності може бути результатом подібного реагування популяцій молюсків на впливи екологічних факторів, а також може виникати як результат міжвидових взаємодій. Слід відзначити, що встановлені кореляційні коефіцієнти є статистично вірогідними, але дуже малими за модулем. Це свідчить про встановлені тільки у загальному вигляді залежності між чисельностями тварин в техноземах. Ми можемо припустити, що реальні екологічні зв'язки можуть бути значно більш складними. Складність може

виражатися у нелінійності взаємозв'язків, зміні характеру зв'язків у часі, більш складному характері взаємодій, ніж попарні стосунки між видами. Тим не менш, встановлена наявність статистично вірогідних зв'язків чисельності видів молюсків вказує на наявність узгодженої їх динаміки, що свідчить про формування системних властивостей угруповань тварин, які виникли в техногенних місцеперебуваннях. Слід також зауважити не тільки на ту обставину, що техноземі повністю були створені людиною у процесі технологічної діяльності, але й на те, що техноземи зазнавали сільськогосподарського застосування і формування перелогу відбувається тільки декілька років. Механічний обробіток ґрунту в процесі сільськогосподарського застосування земель залишає можливості життя тільки для мікромоллюсків. У свою чергу періодичне знищення рослинного покриву, сівозміна, механічне розпушення ґрунту робили ці ділянки вкрай екстремальними для життя наземних молюсків. Відновлення рослинного покриву, його формування високим різноманіттям видів рослин, створили умови для існування угруповання молюсків та формування тісних екологічних зв'язків, які формують передумови для виникнення в екосистемі властивості стійкості.

Важливим етапом виявлення властивостей стійкості угруповання є встановлення залежності швидкості зміни чисельності видів угруповання у часі від стану угруповання у даний момент часу. Динамічні рівняння для молюсків ділянки рекультивації встановлені від'ємні статистично вірогідні регресійні коефіцієнти, які вказують вплив того самого виду на швидкість зміни його чисельності. Такий результат свідчить на негативний зворотній зв'язок чисельності виду у її динаміці. Регресійні моделі пояснюють 17–51 % варіабельності швидкості зміни чисельності молюска *B. cylindrica* у період весна-літо. Поряд з від'ємною автокореляцією цього виду, на динаміку його чисельності впливають як інші лінійні так і нелінійні компоненти. В угрупованні на сіро-зелених глинах, лесоподібних суглинках та на педоземах статистично вірогідним є вплив нелінійної складової рівня чисельності

*B. cylindrica* ( $BC^2$ ). Для угруповання на червоно-бурих глинах статистично вірогідним є нелінійний вплив чисельності *M. cartusiana* ( $MC^2$ ). Слід також відзначити вплив взаємодій чисельностей деяких видів на динаміку *B. cylindrica*. Так, статистично вірогідним є вплив взаємодії *B. cylindrica* та *M. cartusiana* для угруповань на сіро-зелених та на червоно-бурих глинах. Впливовою є взаємодія *B. cylindrica* та *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах.

Регресійні моделі описують 19–42 % варіабельності чисельності *B. cylindrica* у часовий відрізок літо-осінь. Статистично вірогідним є лінійний вплив чисельності *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах. Нелінійна складова чисельності *B. cylindrica* проявляє себе в лесоподібних суглинках та в педоземах. Взаємодія чисельності *B. cylindrica* та *M. cartusiana* є статистично вірогідним предиктором зміни чисельності *B. cylindrica* в угрупованні, яке сформоване на червоно-бурій глині. Взаємодія *M. cartusiana* та *Ch. tridens* проявляє себе в лесоподібних суглинках.

Структура реагування чисельності *B. cylindrica* досить подібна у весняно-літній та літньо-осінній періоди. Для першого з них статистично вірогідними є 9 предикторів, для другого – 8. Переважні за модулем предиктори залишаються незмінними, варіюють тільки мінорні за своїм впливом фактори. Важливо зазначити, що варіабельність чисельності *B. cylindrica* залежить як чисельності самого виду, так і інших видів в угрупованні. Характер впливу є комплексний – лінійний та нелінійний, а також динаміка *B. cylindrica* залежить від попарних взаємодій цього виду з іншими, або інших видів угруповання між собою. Регресійні моделі здатні пояснити 52–74 % варіабельності чисельності *M. cartusiana* в весняно-літній період. Поряд зі стабільно статистично вірогідною складовою, яка вказує на значну від'ємну автокореляцію чисельності цього виду, на динаміку *M. cartusiana* впливає і його нелінійна складова чисельності ( $MC^2$ ). Також впливовою є взаємодія чисельностей *B. cylindrica* та *M. cartusiana* в угрупованнях, які сформовані в біотопі на педоземі та червоно-бурій глині. У літньо-осінній період регресії здатні пояснити 43–66 % варіабельності чисельності *M. cartusiana*. Слід відзначити лінійний вплив на

чисельність цього виду молюска *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах, а також нелінійний вплив чисельності *B. cylindrica* у цьому ж біотопі. У свою чергу, нелінійний вплив *M. cartusiana* на динаміку чисельності цього виду встановлений тільки для педоземів та червоно-бурих глин. Міжвидова взаємодія *B. cylindrica* та *M. cartusiana* здійснює вплив на швидкість змін чисельності *M. cartusiana* в червоно-бурій глині, а взаємодія *M. cartusiana* та *Ch. tridens* впливає у сіро-зеленій глині.

Рівень залежності швидкості змін чисельності *M. cartusiana* подібний у весняно-літній та літньо-осінній періоди. В обидві періоди статистично вірогідними є по 9 предикторів. Важливу роль відіграють як лінійні, так і нелінійні фактори динаміки. Також слід відзначити взаємодію між видами, яка впливає також і на динаміку чисельності *M. cartusiana*. Нелінійну складову впливу *M. cartusiana* на динаміку змін чисельності цього ж виду можна пояснити як наявністю полегшення при оволодінні новими ресурсами так і взаємною конкуренцією між представниками одного виду. Таким чином, результати проведених статистичних розрахунків вказують на наявність складних екологічних взаємозв'язків в угрупованні наземних молюсків на рекультоземах, які проявляють себе у особливостях динаміки *M. cartusiana*. Регресійні моделі здатні пояснити 43–65 % варіабельності чисельності *Ch. tridens* в весняно-літній період. Поряд зі стабільно статистично вірогідною складовою, яка вказує на значну від'ємну автокореляцію чисельності цього виду, на динаміку *Ch. tridens* впливає і його нелінійна складова чисельності ( $ChT^2$ ), а також нелінійні складові чисельності *B. cylindrica* ( $BC^2$ ) та *M. cartusiana* ( $MC^2$ ) для угруповання в лесоподібних суглинках. Також впливовою є взаємодія чисельностей *B. cylindrica* та *M. cartusiana* в угрупованнях, які сформовані в біотопі на лесоподібному суглинку. Встановлений вплив на динаміку *Ch. tridens* взаємодіє цього виду з *B. cylindrica* в педоземі. У літньо-осінній період регресії здатні пояснити 48–70 % варіабельності чисельності *Ch. tridens*. Слід відзначити лінійний та нелінійний вплив на чисельність цього виду молюска *B. cylindrica* в сіро-зелених глинах. У



свою чергу, нелінійний вплив *Ch. tridens* на динаміку чисельності цього виду встановлений тільки для педоземів та лесоподібних суглинків. Міжвидова взаємодія *B. cylindrica* та *Ch. tridens* здійснює вплив на швидкість змін чисельності *Ch. tridens* в лесоподібному суглинку. Рівень залежності швидкості змін чисельності *Ch. tridens* суттєво відмінний у весняно-літній та літньо-осінній періоди. У весняно-літній період рівень детермінації динаміки значно вищий, ніж в літньо-осінній, так як в весняно-літній період встановлено 13 статистично-вірогідних предикторів, а в літньо-осінній – тільки 8. Важливу роль відіграють як лінійні, так і нелінійні фактори динаміки. Також слід відзначити взаємодію між видами, яка впливає також і на динаміку чисельності *Ch. tridens*. Нелінійну складову впливу *Ch. tridens* на динаміку змін чисельності цього ж виду можна пояснити як наявністю полегшення при оволодінні новими ресурсами так і взаємною конкуренцією між представниками одного виду. Таким чином, результати проведених статистичних розрахунків вказують на наявність складних екологічних взаємозв'язків в угрупованні наземних молюсків на рекультоземах, які проявляють себе у особливостях динаміки *Ch. tridens*.

Динамічні рівняння для видів угруповання дозволяють створити систему рівнянь, які у сукупності характеризують динамічні особливості угруповання. Рівняння мають другий ступінь, тому відповідна система може мати два рішення, тобто динамічна система може мати два рівноважних (стаціонарних) стани. Значення чисельності видів, за яких швидкість зміни чисельності дорівнюють нулю, маркують стаціонарний стан динамічної системи. Ці значення повинні знаходитися у реалістичних межах: не повинні мати від'ємні значення або не набувати нереально високих значень.

Стаціонарний стан може бути оцінений на предмет стійкості. Якщо при виведенні із стаціонарного стану система намагається у нього повернутися, то таку систему можна оцінити як стійку. Якщо після виведення система не може повернутися у стаціонарний стан – то у системи немає стійкості. Крім стійкості стаціонарний стан може бути охарактеризований реактивністю. Реактивною

буде така стійка система, у якій навіть малий зовнішній вплив викликає значні відхилення від стаціонарного стану раніше, ніж система потім у нього повернеться.

Одержані результати свідчать про те, що для усіх досліджених систем одне із двох стаціонарних станів було стійким, а інше – не стійке та таке, що характеризувалось нереалістичними значеннями чисельностей молюсків. Усі показники реактивності мають від'ємний знак, що вказує на відсутність властивості реактивності, тобто після виведення з стаціонарного стану система асимптотично наближається до нього знову.

Для дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах стаціонарні розподіли чисельності молюсків у весняно-літній та літньо-осінній періоди суттєво розрізняються. В літньо-осінній період угруповання знаходиться у стаціонарному стані за умов значно більш високої чисельності, ніж в весняно-літній період. При цьому стійкість угруповання восени та його реактивність стає дещо меншою, хоч при цьому залишається у нього властивість стійкості. Матриця чутливості стійкості до варіювання чисельності видів угруповання містить елементи, які вказують на те, як чисельність видів контролює стійкість [2].

Факторами стійкості угруповання є автокореляція чисельності *B. cylindrica* та *M. cartusiana* у весняно-літній період а тільки *B. cylindrica* – в літньо-осінній період. Значним позитивним фактором стійкості угруповання є вплив *B. cylindrica* на *Ch. tridens*. У свою чергу впливи *M. cartusiana* та *Ch. tridens* дестабілізують угруповання, при чому ця дестабілізація збільшується у літньо-осінній період. Також слід відмітити зростання дестабілізації угруповання від впливу *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Загалом слід признати, що тотальний патерн взаємодій між видами молюсків в угрупованні залишається подібним у весняно-літній та літньо-осінній періоди.

Стаціонарні стани угруповання молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках характеризуються значною подібністю в весняно-літній та літньо-осінній періоди. Також слід відзначити дуже близькі оцінки

стійкості та реактивності угруповань у ці періоди, так і подібні режими чутливості стійкості до чисельності молюсків. Стабілізуючий вплив здійснюють автокореляції видів між собою, а також впливи на чисельність молюска *M. cartusiana* молюсків *B. cylindrica* та *Ch. tridens* та вплив *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Інші попарні взаємодії здійснюють негативний вплив на стабільність угруповання.

Для педозема стаціонарний рівень чисельності молюска *B. cylindrica* знижується в літньо-осінній період порівняно з весняно-літнім, а стаціонарні рівні молюсків *M. cartusiana* та *Ch. tridens* навпаки збільшуються. При цьому рівень стійкості угруповання майже не змінюється, а реактивність дещо знижується. У весняно-літній період фактором стійкості угруповання переважно є автокореляція чисельності *B. cylindrica* та вплив *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Інші взаємодії призводять до дестабілізації угруповання. В літньо-осінній період структура чутливості стійкості до варіації чисельності компонентів угруповання залишається стабільною. Особливість полягає у зростанні стабілізуючого характеру впливу автокореляції *M. cartusiana* та впливу цього виду на *Ch. tridens*.

Особливість угруповань молюсків дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах полягає у тому, що на відміну від інших, вид *B. cylindrica* не є абсолютним домінантом (у весняно-літній період) або зовсім поступається своїм домінуванням у літньо-осінній період. Показник стійкості цього угруповання у весняно-літній період майже найбільший серед усіх типів досліджених техноземів. В літньо-осінній період навпаки рівень стійкості найменший серед встановлених показників стійкості. Молюск *B. cylindrica* є ключовим фактором стійкості угруповань на червоно-бурих глинах. Впливи на цей вид *M. cartusiana* та *Ch. tridens* дестабілізують угруповання, як і вплив *B. cylindrica* на *Ch. tridens*.

У результаті дослідження встановлено, що найбільш стабільні угруповання наземних молюсків формуються на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на дерново-літогенних ґрунтах на

сіро-зелених глинах та педоземах. Для дерново-літогенних ґрунтів встановлений найбільший міжсезоний розбіг показників стійкості. Більш стійкі угруповання в весняно-літній період, менш стійкі – в літньо-осінній період. Найбільш регулярним фактором стійкості угруповання є негативна автокореляція видів угруповання, найчастіше це домінуючий вид *B. cylindrica*. Міжвидові взаємодії здійснюють як стабілізуючий так і дестабілізуючий впливи, що становить специфіку динаміки угруповань кожного типу техноземів. Перспективним напрямом досліджень можна вважати оцінку функціональної ролі наземних молюсків у структурі угруповань мезопедобіонтів техноземів. Пізнання закономірностей динаміки угруповань наземних молюсків сприятиме вирішенню питань управління функціональними властивостями моделей рекультоземів.

#### Використана література

1. Arnoldi, J.-F., Bideault, A., Loreau, M., Haegeman, B. (2018). How ecosystems recover from pulse perturbations: A theory of short to long-term responses. *Journal of Theoretical Biology*, 436, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.10.003>
2. Carpenter, S. R., Kraft, C. E., Wright, R., He, X., Soranno, P. A., Hodgson, J. R. (1992). Resilience and resistance of alake phosphorus cycle before and after a food web manipulation. *American Naturalist*, 140, 781–798. doi: 10.1086/285440.
3. Chen X., Cohen, J. (2001). Transient dynamic and food–web complexity in the Lotka–Volterra cascade model. *Proceedings of the Royal Society of London—B*, 268, 869–867. doi
4. Downing, A.L. & Leibold, M.A. (2010). Species richness facilitates ecosystem resilience in aquatic food webs. *Freshwater Biology*, 55, 2123–2137. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02472.x>
5. Ehrlich, P. R., Daily, G. C. (1993). Population extinction and saving biodiversity. *Ambio*, 22, 64–68.

6. Frank, D. L., McNaughton, S. J. (1991). Stability increases with diversity in plant communities: empirical evidence from the 1988 Yellowstone drought. *Oikos*, 62, 360–362.
7. Harwell, M.A., Cropper, W.P., Ragsdale, H.L., (1977). Nutrient recycling and stability: a reevaluation. *Ecology*, 58 (3), 660–666.
8. Holt, R. D. (1977). Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology*, 12,197–229.
9. Hooper, D. U., Vitousek, P. M. (1997). The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 277, 1302–1305.
10. Hoover, D.L., Knapp, A.K. & Smith, M.D. (2014). Resistance and resilience of a grassl and ecosystem to climate extremes. *Ecology*, 95, 2646–2656. <https://doi.org/10.1890/13-2186.1>
11. Ives, A. R. (1995). Measuring resilience in stochastic systems. *Ecological Monographs*, 65, 217–233. <https://doi.org/10.2307/2937138>
12. Ives, A. R., Dennis, B. , Cottingham, K. L. and Carpenter, S. R. (2003). Estimating community stability and ecological interactions from time-series data. *Ecological Monographs*, 73, 301–330. doi:10.1890/0012-9615(2003)073[0301:ECSAEI]2.0.CO;2
13. Ives, A.R., Gross, K., Klug, J.L. (1999). Stability and variability in competitive communities. *Science*, 286, 542–544.
14. Loreau, M., Behera, N., (1999). Phenotypic diversity and stability of ecosystem processes. *Theoretical Population Biology*, 56, 29–47. DOI: 10.1006/tpbi.1998.1408" 10.1098/rspb.2001.1596
15. May, R. M. (1974). *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton: Princeton University Press, New Jersey, USA.
16. Neubert, M. G., Caswell, H. (1997). Alternatives to resilience for measuring the responses of ecological systems to perturbation. *Ecology*, 78 (3), 653–665.
17. Paine, R. T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49, 667–685.

18. Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307, 321–326. <https://doi.org/10.1038/307321a0>
19. Steiner, C., Long, Z., Krumins, J., Morin, P. (2006). Population and community resilience in multitrophic communities. *Ecology*, 87, 996–1007. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[996:PACRIM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[996:PACRIM]2.0.CO;2)
20. Sumarokov, A. M., Zhukov, A. V. (2006). Ground of renewal of ecological potential of agrobiogeocenoses at diminishing of pesticidal loadings in Ukraine. *The Kharkov Entomological Society Gazette*, XIV, 1–2, 145–154.
21. Tilman, D. (1996). Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77, 350–363.
22. Tilman, D., Downing, J. A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367, 363–365.
23. Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie, E. Siemann. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277, 1300–1302.
24. Wright, A.J., Ebeling, A., de Kroon, H., Roscher, C., Weigelt, A., Buchmann, N., Buchmann, T., Fischer, C., Hacker, N., Hildebrandt, A., Leimer, S., Mommer, L., Oelmann, Y., Scheu, S., Steinauer, K., Strecker, T., Weisser, W., Wilcke, W., Eisenhauer, N. (2015). Flooding disturbances increase resource availability and productivity but reduce stability in diverse plant communities. *Nature Communications*, 6, 6092. <https://doi.org/10.1038/ncomms7092>
25. Zhukov, O.V., Gubanova, N.L. (2015). Dynamic stability of communities of amphibians in short-term-flooded forest ecosystems. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 23 (2), 161–171. doi:10.15421/011523