

ЕКОЛОГІЯ

UDK 581.524

SHABLIY O. V.¹; SIDOROV D. E., Assistant Professor¹; HURYEVA L. N., Assistant¹;
GLUSHCHENKO M. O., Senior Lecturer²
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»¹,
National Academy of National Guard of Ukraine²

GAUSE'S PRINCIPLE AGAINST DENNIS MEADOW'S FINDINGS

The work shows that the Gause's principle of competitive population displacement can be violated, thus confirming the existence of competition with balancing. Competition with balancing can be analogous to the principle of sustainable development announced in the ideas of Jay Wright Forrester, Dennis L. Meadows and Jorgen Randers on global environmental systems. It is likely that competition with balancing cannot exist for a long time without external management.

Keywords: *Gause's principle, population, competition, ecological system, balancing, sustainable development.*

DOI: 10.20535/2617-9741.2.2020.208053

© Shabliy O. V., Sidorov D. E., Huryeva L. N., Glushchenko M. O. 2020.

Analysis of the forefront. For the first time, a systemic factor limiting population growth was described by Belgian mathematician Pierre François Verhulst [2]. Unlike the Malthusian model, it showed the impact of competition for resources, which limits population size.

The next stage in the development of environmental modeling science is to take into account the interactions and interactions of populations. The model of Vito Volterra and Alfred James Lotka (1925) [3, 4] is a mathematical description of Charles Robert Darwin's principle of the struggle for the existence [5].

Further steps of generalization can be considered of model of A.N. Kolmogorov (1935, revised in 1972), where the interaction of a generalized system of predator-prey is considered [6], models of A.D. Bazykin [7], MacArthur [8] and others.

An example of the development environmental modeling development ideas and their globalization are the models of global growth of Jay Wright Forrester "World 1", "World 2", which reflected the trends and interconnections of the 5 major variables: population, capital, resources, pollution environment, food production. Forrester models predicted a general systemic collapse of humanity due to resource depletion around 2050. While developing Forrester's ideas, his student, Denis Meadows, created the "World 3" model and Eugene Randes – the "World 4". These works became the basis of the so-called theory of sustainable development [9 – 11].

The purpose of the article. Global ideas for sustainable development and a stable future can be transferred to simpler systems, for example, models of two species. Thus, by analogy, here is a chance of showing the possibility of competing populations in metastable conditions by simple examples, such as the Lotka and Volterra models.

The main material. The mathematical model applicable to the described case can be obtained by modifying the Tray and Volterra dependencies for the case of species competition in the following form:

$$\begin{cases} v = a_1x + b_{12}xy - c_1x \\ u = a_2y + b_{21}yx - c_2y \end{cases} \quad (1)$$

where: v, u – is the rate of change in the number of individuals of the first and second populations, respectively; x, y is the number of individuals of the first and second populations; a_1, a_2 – relative quantitative growth of the first and second populations, respectively, per unit time (relative "fertility" per unit time); b_{12}, b_{21} is the coefficient characterizing the interaction of the first population on the second and second populations on the first per unit of time (for the predator-prey model, the probability that an individual of one population will eat the individual of another

population); c_1, c_2 – relative quantitative reduction of the first and second populations, respectively, per unit time (relative "mortality" per unit time under normal conditions).

Initial conditions:

$$t = 0, \quad x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0 \quad (2)$$

In competition, populations have a negative impact on each other, ie, $b_{12} < 0$ and $b_{21} < 0$. Competition is illustrated by the examples, which are calculated under the initial conditions of Table 1.

Table 1 – Background to model of relationships in competition

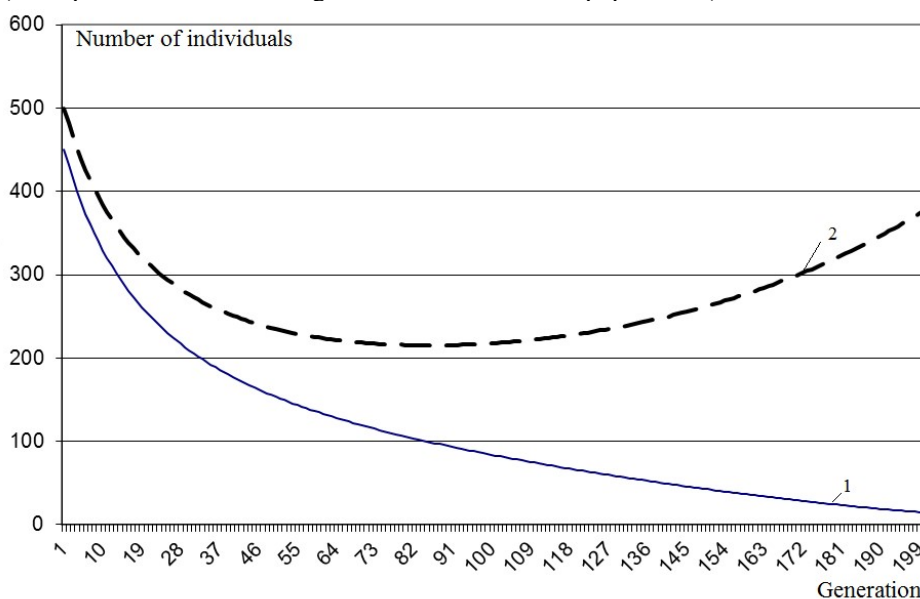
a_1	a_2	b_{12}	b_{21}	c_1	c_2	x_0	y_0
0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	450	500

In this case, the conditions of existence of both populations are exactly the same except for the 10% difference in the initial number of individuals.

However, as can be seen in Fig. 1, this is proved to be the deciding factor. If the extinction of the first population occurs systematically throughout the observation period, then for the second population the extinction ends at the level of 220 individuals (44% of individuals retained) at the boundary of the 90th generation, and then its growth begins.

The fact of the complete extinction of one population and the survival of the other, in this case, confirms Gause's principle: two species cannot coexist if they depend on the same limited environment.

The Gause's principle also takes place with a very small, difference in the impact coefficients (for a clarity of 200 generations, a difference of 5% is established). Fig. 2 shows the simulation results provided $x_0 = y_0 = 500$ and $b_{12} = -0/000105$ (other parameters are unchanged and the same in both populations).

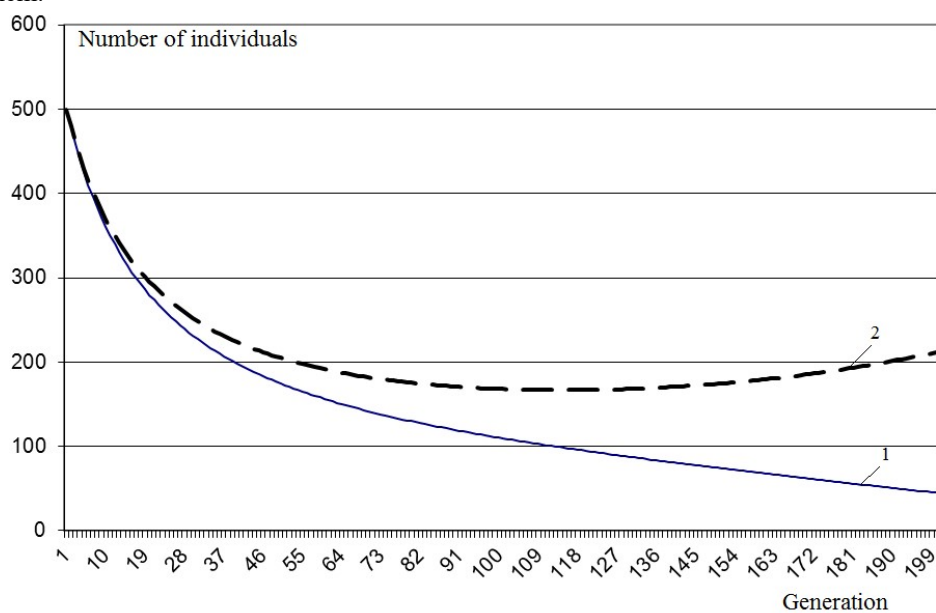


1 – population 1; 2 – population 2

Fig. 1. The effect of the Gause's principle on different initial numbers of individuals in competing populations ($x_0 < y_0, b_{12} = b_{21} < 0$)

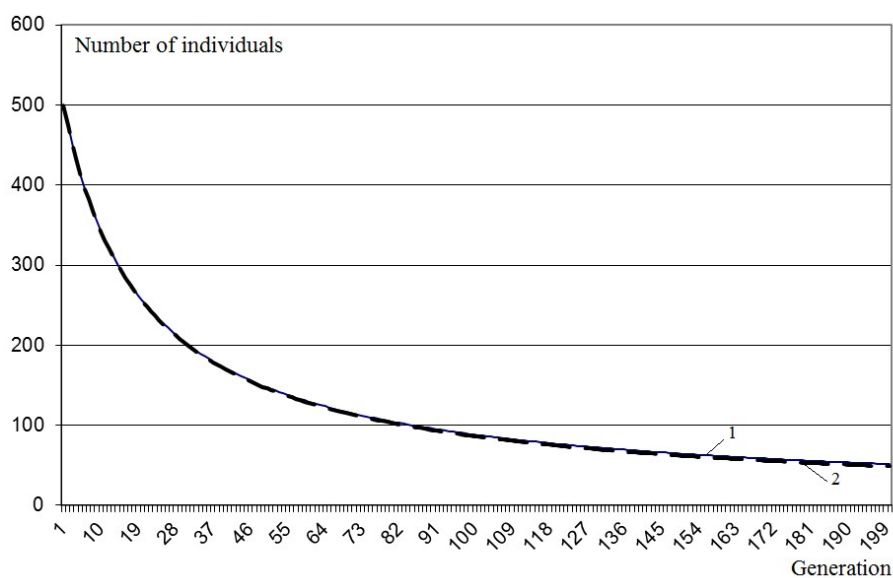
Very similar to the one shown in Fig. 1 or Fig. 2 the picture can be observed also in the slight uneven conditions of birth or mortality of individuals in populations.

Thus, any minor advantages in the competition of two populations over time will inevitably lead to the extinction of one of them.



1 – population 1; 2 – population 2

Fig. 2. Representation of Gauze’s principle with different coefficients of influence in competing populations ($x_0 = y_0, b_{12} < b_{21} < 0$)



1 – population 1; 2 – population 2

Fig. 3. Competition with balancing

However, Gause's principle can be violated. For example, equalizing a person's population from one population to another may change the birth rate and mortality ratio. Fig. 3 illustrates a situation where an increase in the mortality of one population is balanced by a decrease in the birth rate of another.

Values of Table 1, were accepted for modeling, however, given different conditions for populations, were given ($c_1 = 0.009$; $a_2 = 0.001$).

As we can see, such balanced competition leads to the gradual extinction of both populations. Therefore, if this process is uniform, it will take a very long time, slowing down until the resource base matches the size of both populations.

However, such a stable environment does not exist in nature, and, as we have seen from previous calculations, any fluctuation in the conditions of population coexistence will immediately trigger Gause's principle.

Conclusions. It is confirmed that a competitive balancing situation is possible. However, it is situationally limited in time. Providing monitoring and control, the balancing mode can be extended over time. Thus, balancing is analogous to stability in Dennis Meadows's conclusions about global systems.

Prospects for further research. Natural competition is not limited to the coexistence of two population systems. Therefore, studies of the impact of increasing population numbers due to a common resource base on the dynamics of changes in the number of individuals, methods and consequences of balance management are of interest.

References

1. В. Петти В., Смит А., Рикардо Д. Антология экономической классики // Сост., авт. предисл. И.А. Столяров. Москва: Эконом. ключ, 1993. 475 с. Т.2. с. 5 - 136.
2. Горелов А.А. Концепции современного естествознания // М.: Издательский центр «Академия», 2006. 205 с.
3. Volterra V. Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi // Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6, 1926.
4. Volterra V. Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie. P.:Gauthiers-Villars, 1931
5. Darwin C.R. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London: John Murray. 1859 <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=image&pageseq=1>
6. Колмогоров А.Н. Качественное изучение математических моделей динамики популяций // Проблемы кибернетики. Вып. 25. М.: Наука, 1972. С. 100 – 106.
7. Базыкин А.Д. “Биофизика взаимодействующих популяций” // М.: Наука, 1985, 264 с.
8. MacArthur, Robert H. Graphical analysis of ecological systems. In Some mathematical questions in biology // Foreword by Murray Gerstenhaber, 1970. p. 61–72. Providence, RI: American Mathematical Society
9. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рендерс Й. За пределами роста: предотвратить глобальную катастрофу, обеспечить устойчивое будущее / пер. с англ. М.: Прогресс, 1994. 304 с.
10. Медоуз Д.Х., Медоуз Д. Л., Рендерс Й., Беренс В. В. Пределы роста / пер. с англ. М.: Изд-во МГУ, 1999. 201 с.
11. Donella H. Meadows; Jorgen Randers; Dennis L. Meadows; William W. Behrens // The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. 1. Universe Books, 1972. 211 с.

Надійшла до редакції 26.02.2020

Шаблій О. В., Сідоров Д. Е., Гурьєва Л. Н., Глущенко М. О.

ПРИНЦИП ГАУЗЕ ПРОТИ ВИСНОВКІВ ДЕНИСА МЕДДОУЗА

Дж. Форрестер прогнозував загальний системний колапс популяції на прикладі глобальної моделі існування людства. В альтернативу, глобальні ідеї Деніса Медоуза та Йогена Рандеса щодо сталого розвитку та стабільного майбутнього можуть бути перенесені на більш прості системи, наприклад, моделі співіснування двох видів. Таким чином, за аналогією, можна показати можливість існування конкуруючих популяцій у метастабільних умовах на простих прикладах, на кшталт моделі Лотки та Вольтерри.

Дія принципу Гаузе відбувається і за умови вельми незначної, можливо у частки відсотків, різниці у умовах існування популяцій (коефіцієнтах впливу). Таким чином, будь-які вельми незначні переваги у конкурентній боротьбі двох популяцій з часом неминуче призводять до вимирання однієї з них.

Проте, показано, що принцип Гаузе можливо порушити. Наприклад, вирівнювання кількості особи однієї популяції до рівня іншої можливо вже тільки за умови зміни співвідношення факторів народжуваності і смертності.

Збалансована конкуренція призводить до поступового вимирання обох популяцій. Отже, якщо цей процес рівномірний, то він буде відбуватися дуже довго, сповільнюючись у часі, доки ресурсна база не буде відповідати чисельності обох популяцій.

Проте, таких сталих умов конкурування у природі не буває і будь-яка флуктуація умов співіснування популяцій миттєво запускає у дію закон Гаузе.

Підтверджено, що можлива ситуація конкуренції з балансуванням, хоч вона ситуативно і обмежена у часі. Режим балансування може бути подовжено у часі за умови моніторингу та керування умовами співіснування популяцій. Таким чином, балансування є аналогом стабільності у висновках Дениса Медоуза щодо глобальних систем.

Ключові слова: принцип Гаузе, популяція, конкуренція, екологічна система, балансування, сталий розвиток.

References

1. Stolyarov, I.A. (1993), *Antologiya ekonomicheskoy klassiki: V. Petti, A. Smit, D. Rikardo*, Moskva, «Ekonov», «Klyuch», 475 p. V.2., pp. 5–136.
2. Gorelov, A.A. (2006), *Kontseptsii sovremennogo yestestvoznaniya*, Moskva, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 205 p.
3. Volterra, V. (1926), “Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi”, *Mem. Accad. naz. Lincei*. Ser. 6.
4. Volterra, V. (1931), “Lecçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie”, P.: *Gauthiers-Villars*.
5. Darwin, C.R. (1859), “On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life”, London: *John Murray*. <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=image&pageseq=1>
6. Kolmogorov, A.N. (1972), “Kachestvennoye izucheniye matematicheskikh modeley dinamiki populyatsiy”, *Poroblemu kibernetiki.*, no 25. Moskva, “Nauka”, pp. 100 – 106.
7. Bazykin, A.D. (1985), *Biofizika vzaimodeystvuyushchikh populyatsiy*, Moskva, “Nauka”, 264 p.
8. MacArthur, Robert H. (1970), “Graphical analysis of ecological systems. In Some mathematical questions in biology”, *Foreword by Murray Gerstenhaber, Providence, RI: American Mathematical Society*, pp. 61–72.
9. Medouz, D.H., Medouz, D.L., Renders, Y. (1994) *Za predelami rosta: predotvratit globalnyu katastrofu, obespechit ustoychivoye budushcheye*, Moskva, “Progress”, 304 p.
10. Medouz, D.H., Medouz, D.L., Renders, Y., Berens, V.V. (1999) *Predely rosta*, Moskva, MGU, 201 p.
11. Donella H Meadows; Jorgen Randers; Dennis L Meadows; William W Behrens. (1972) *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, 1, Universe Books, 211 p.

УДК 628.543:661.21:665.013

ХУДОЯРОВА О. С., ст. викладач¹; ГОРДІЄНКО О. А., к.т.н., доц.²; СИДОРУК Т. І., к.х.н., ст. викладач²; ТІТОВ Т. С., к.х.н., доц.²; РАНСЬКИЙ А. П., д.х.н., професор²

¹Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

²Вінницький національний технічний університет

МОДИФІКАЦІЯ ПОВЕРХНІ СУМІШЕВИХ СОРБЕНТІВ СУЛЬФІДІОНАМИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПРОМИВНИХ ВОД ПРОЦЕСУ МІДНЕННЯ

Досліджено комплексне водоочищення промивних вод міднення гальванічних та сульфідно-лужних стічних вод нафтохімічних виробництв з використанням регенованого сумішевого сорбенту (АВ+К). Запропоновано методіку топохімічного очищення гальванічних промивних вод міднення від іонів купруму(II). Встановлено, що первинна сорбція сорбтивів/іонів Cu^{2+} , S^{2-} , HS^- має селективний характер, визначається