

**СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ У МОДЕЛЯХ ДИНАМІКИ
ПОШИРЕННЯ НЕДЕРЖАВНОГО ПЕНСІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

УДК 330.4:519

Якимова Л. П.

Розроблено прогнозно-аналітичні моделі динаміки поширення недержавного пенсійного забезпечення (НПЗ), що враховують синергетичний ефект спільного впливу агентів системи НПЗ та засобів масової інформації на суб'єктів пенсійного соціуму, у безперервній та дискретній формах. Процес поширення НПЗ моделюється як лавиноподібний масовий процес. Синергізм, що проявляється у зростанні ймовірності залучення до системи НПЗ під впливом декількох джерел інформації, враховується шляхом введення показників рівня недовіри до інститутів недержавного пенсійного забезпечення. Наведено результати прогнозування динаміки поширення НПЗ в Україні.

Ключові слова: синергетичний ефект, недержавне пенсійне забезпечення, модель, динаміка, прогноз.

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МОДЕЛЯХ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НЕГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕНСИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

УДК 330.4:519

Якимова Л. П.

Разработаны прогнозно-аналитические модели динамики распространения негосударственного пенсионного обеспечения (НПО), учитывающие синергетический эффект совместного воздействия агентов системы НПО и средств массовой информации на субъектов пенсионного социума, в непрерывной и дискретной формах. Процесс распространения НПО моделируется как лавинообразный массовый процесс. Синергизм, проявляющийся в возрастании вероятности привлечения в систему НПО под воздействием нескольких источников информации, учитывается путем введения показателей уровня недоверия к институтам негосударственного пенсионного обеспечения. Приведены результаты прогнозирования динамики распространения НПО в Украине.

Ключевые слова: синергетический эффект, негосударственное пенсионное обеспечение, модель, динамика, прогноз.

**SYNERGETIC EFFECT IN MODELS OF DYNAMICS OF THE EXPANSION
OF NON-STATE PENSION PROVISION**

UDC 330.4:519

L. Yakimova

The prognostic-analytical models of dynamics of non-state pension provision (NPP) expansion are developed taking into account the synergetic effect of the joint influence of NPP system agents and mass media on the subjects of pension sector, in continuous and discrete forms. The process of NPP expansion is modeled as a mass avalanche-type process. Synergism, reflected in the probability growth of involvement into the system of NPP under the influence of multiple information sources, is taken into account by introduction of indicators of the distrust level to NPP institutions. The results of the dynamics forecast of NPP expansion in Ukraine are given.

Key words: synergetic effect, non-state pension provision, model, dynamics, forecast.

Сучасний етап еволюції пенсійного забезпечення характеризується загальною світовою тенденцією – розподілом відповідальності між соціальними партнерами: державою, роботодавцем, робітником – шляхом створення багаторівневих пенсійних систем. Проте індивідуальне та корпоративне недержавне пенсійне забезпечення (НПЗ) не набуває бажаних масштабів. В Україні за станом на 30.06.2012 р. кількість учасників недержавних пенсійних фондів (НПФ) становила 576,1 тис. осіб [1], або 1,26 % наявного населення. Такий стан НПЗ зумовлений комплексом причин, а саме: недовірою населення до фінансових інститутів НПЗ, традиційною орієнтацією на державний патерналізм, низьким рівнем доходів та громадсько-освіченості щодо НПЗ, що є характерним для багатьох країн світу.

Проблема пенсійного забезпечення є досить науково розглянутою, але питання розвитку недержавних пенсійних систем вимагають глибокого теоретичного дослідження на модельному рівні.

Оскільки процес поширення НПЗ – це складний довготривалий і масовий процес "зараження" населення новою пенсійною ідеологією, а саме самостійним накопиченням на старість через інститути НПЗ, то його дослідження доцільно здійснювати за класичною моделлю епідемії [2] або моделями лавиноподібних процесів [3]. У роботах [4; 5] розроблено моделі динаміки поширення НПЗ, що враховують вікову, соціально-психологічну та рольову неоднорідність соціуму. Разом з тим у сучасному інформаційному суспільстві кожна людина відчуває на собі вплив декількох джерел інформації, спільна дія яких дає синергетичний ефект.

Метою статті є розробка прогнозно-аналітичних моделей динаміки поширення НПЗ, що враховують синергетичний ефект спільного впливу агентів системи НПЗ та засобів масової інформації на суб'єктів пенсійного соціуму.

Умовно розіб'ємо пенсійний соціум, тобто працездатне населення віком від 15-ти, років чисельністю $N(t)$ у момент t на три групи. Перша група поєднує осіб, які є схильними до самостійного забезпечення старості через фінансові інститути системи НПЗ, але не є учасниками системи. Кількість таких потенційних учасників у момент t позначатимемо через $S(t)$. Друга група – це дійсні учасники системи НПЗ, їх кількість у момент t – $I(t)$. Третя – особи, несприйнятливі до ідеї НПЗ, їх кількість у момент t – $R(t)$. Таким чином, загальна чисельність пенсійного соціуму у момент t :

$$N(t) = S(t) + I(t) + R(t) \quad (1)$$

Оцінимо динаміку визначених груп, припускаючи, що на індивідуума впливає п джерел інформації про НПЗ (агентів НПЗ). Позначимо подію залучення до системи НПЗ під впливом i -го агента в умовах відособленості його дії $A_i(t) = p_i$, а незалучення – \bar{A}_i . Ймовірність залучення під впливом i -го агента $P(A_i) = p_i$, незалучення – $P(\bar{A}_i) = 1 - p_i$.

Нехай далі A – подія, що полягає у залученні до системи НПЗ індивідуума при одночасній (у короткий проміжок часу Δ) дії декількох агентів, тоді ймовірність залучення індивідуума хоча б одним агентом:

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}) = 1 - P(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_n) \quad (2)$$

де $P(\bar{A})$ – ймовірність незалучення до системи НПЗ при одночасній інформаційній дії n агентів в умовах їх взаємодії (синергії), що визначається таким чином:

$$P(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_n) = \begin{cases} P(\bar{A}_1) \cdot P(\bar{A}_2) \cdot \dots \cdot P(\bar{A}_n) = \prod_{i=1}^n (1 - p_i) & \text{якщо } \bar{A}_i \text{ – незалежні} \\ P(\bar{A}_1) \cdot P(\bar{A}_2 | \bar{A}_1) \cdot \dots \cdot P(\bar{A}_n | \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_{n-1}) & \text{якщо } \bar{A}_i \text{ – залежні} \end{cases}$$

Синергетичний ефект має місце, якщо ймовірність добутку подій не дорівнює добутку ймовірностей, тобто $P(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_n) \neq \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$, тому його у цьому випадку можна записати як нерівність $P_{\text{synergy}} > P_{\text{independent}}$, тобто

$$1 - P(A) > 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \text{ або } P(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_n) < \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \text{ звідки}$$

$$P\left(\prod_{i=1}^n \bar{A}_i\right) < \prod_{i=1}^n P(\bar{A}_i) \quad (3)$$

Нерівність (3) є природною, оскільки у загальному випадку для потенційного учасника ймовірність не бути залученим до НПЗ 2-м агентом системи, якщо 1-м не був залученим, менше, ніж ймовірність не бути залученим цим агентом за умови, що він є першим джерелом інформації:

$P(\bar{A}_1) < P(\bar{A}_2)$. Аналогічно для 3-ї, ..., n-ї зустрічі з агентом НПЗ: $P(\bar{A}_3 | \bar{A}_1, \bar{A}_2) < P(\bar{A}_3)$, ..., $P(\bar{A}_n | \bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_{n-1}) < P(\bar{A}_n)$.

Подібні міркування стосуються й залучення несприйнятливих осіб. Позначимо через λ_{-i} та λ_i рівні недовіри до інститутів НПЗ (неприйняття ідеї НПЗ) потенційних учасників та несприйнятливих осіб після i-1-ї зустрічі ($i = \bar{1}, \dots, n$). Для спрощення викладення у проміжних формулах використовуватимемо позначення λ . Очевидно, що $\lambda \in [0, 1]$ для $i = \bar{1}, \dots, n$, а $\lambda = 1$. Тоді нерівності можна записати як систему рівнянь:

$$\begin{cases} P(\bar{A}_1) = \mu P(\bar{A}_2); \\ \dots \\ P(\bar{A}_n | \bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_{n-1}) = \mu P(\bar{A}_n); \end{cases} \quad (4)$$

Отже, нерівність (3) набуває такого вигляду:

$$P\left(\prod_{i=1}^n \bar{A}_i\right) = \prod_{i=2}^n \lambda_i \cdot \prod_{i=1}^n P(\bar{A}_i) \quad (5)$$

Припустимо, що зміна рівня недовіри пропорційна вже досягнутому рівню: $\lambda_{+1} - \lambda = \gamma \lambda$, звідки $\lambda_{+1} = (1 + \gamma) \lambda$, де $\mu = 1 + \gamma$ – коефіцієнт скорочення рівня недовіри, тоді $\prod_{i=1}^n \lambda = 1 - \mu^{-n}$. Оскільки $\sum_{i=1}^n \mu^{-i} = \frac{1 - \mu^{-n}}{1 - \mu^{-1}}$ (як сума n-1 перших членів арифметичної прогресії), то (5) набуває вигляду:

$$P\left(\prod_{i=1}^n \bar{A}_i\right) = 1 - \frac{\mu^{-n}}{1 - \mu^{-1}} \cdot \prod_{i=1}^n P(\bar{A}_i) \quad (6)$$

Множник перед добутком задовільно відображає феномен різкого зростання ймовірності неприйняття ідеї НПЗ при синергетичній дії – тиску на людину – декількох агентів. Як свідчить практичний досвід агентів страхових компаній, на індивідуума істотно впливають лише перші агенти, подальші майже не впливають, а в деяких випадках навіть спричиняють негативну реакцію – відторгнення самої ідеї НПЗ. Математично це означає, що, починаючи з деякого $i^0 + 1$, має місце наближена рівність: $P(\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_i) \approx 1$. Умовою синергії в цьому

випадку буде виконання нерівності $P\left(\prod_{i=1}^k \bar{A}_i\right) < \prod_{i=1}^k P(\bar{A}_i)$,

$$1 < \mu \leq 2.$$

Разом з тим у сучасному інформаційному суспільстві, окрім фізичних агентів НПЗ, на пересіченого громадянина впливає соціальна реклама – інформаційна реклама, що просуває соціальні програми, послуги організації, місія якої щодо НПЗ – зміна поведінкової моделі суспільства. Введемо коефіцієнт охоплення аудиторії:

$$\nu = \frac{N_{\text{media}}}{N} \quad (7)$$

де N_{media} – кількість людей, охоплених інформаційною соціальною рекламою (програмами).

Позначимо ймовірності залучення до системи НПЗ потенційних її учасників та переконання несприятливих осіб під впливом ЗМІ через $P_{S\text{media}}$ і $P_{R\text{media}}$ відповідно. Необхідно підкреслити, що ймовірності залучення та переконання лише під впливом ЗМІ значно менші, ніж при безпосередньому контакті з фізичним агентом НПЗ.

Побудуємо модель динаміки поширення НПЗ в умовах синергії взаємодії ЗМІ та фізичних агентів НПЗ, попередньо визначаючи формули змін сукупностей пенсійного соціуму за період Δ :

$$\Delta S(t) = -\lambda S(t) - \lambda I(t) + \lambda R(t) \quad (8)$$

$$\Delta I(t) = \lambda S(t) - \lambda I(t) - \lambda R(t) \quad (9)$$

де $\Delta S(t)$ – прирощення кількості потенційних учасників; $\Delta I(t)$ – прирощення кількості дійсних учасників; $\Delta R(t)$ – кількість потенційних учасників, що вступили до системи НПЗ; $\Delta S(t)$ – кількість потенційних учасників, що перейшли до сукупності несприйнятливих осіб; $\Delta I(t)$ – кількість дійсних учасників, що не остаточно відмовились від ідеї НПЗ; $\Delta R(t)$ – кількість дійсних учасників, що остаточно відмовились від НПЗ; $\Delta R(t)$ – кількість несприйнятливих осіб, що змінили пенсійну ідеологію.

Нехай ймовірність залучення індивідуума до системи НПЗ її агентами є однаковою P_{S1} , тоді ймовірність вступу до системи НПЗ потенційного учасника, несприйнятливого до впливу ЗМІ, а така:

$$P_{S1} = 1 - (1 - P_{S1})^k \cdot \prod_{i=1}^k \lambda_i \quad (10)$$

де k – кількість контактів, що обчислюється за формулою:

$$k = k(t) = \begin{cases} \left\lceil \frac{\nu \cdot I(t)}{N(t) - 1} \right\rceil, & \text{якщо } \frac{\nu \cdot I(t)}{N(t) - 1} \leq i^0; \\ i^0 & \text{у протилежному випадку} \end{cases} \quad (11)$$

Ймовірність вступу до системи НПЗ потенційного учасника, сприйнятливого до впливу ЗМІ, дорівнюватиме:

$$P_{S1\text{-media}} = 1 - (1 - P_{S1})^k \cdot (1 - P_{S\text{media}})^{\nu} \cdot \lambda_{S\text{media}} \cdot \prod_{i=1}^k \lambda_i \quad (12)$$

Звідки зменшення кількості потенційних учасників системи НПЗ за рахунок вступу до системи за період Δ :

$$\Delta I(t) = \lambda S(t) - \lambda I(t) - \lambda R(t) - \left[1 - (1 - P_{S\text{media}})^{\nu} \cdot \lambda_{S\text{media}} \right] \Delta S(t) \quad (13)$$

Аналогічні міркування проводяться для оцінки скорочення сукупності несприйнятливих осіб за рахунок зміни пенсійної ідеології $\Delta R(t)$, що стосується скорочень груп $\Delta S(t)$, $\Delta I(t)$, $\Delta R(t)$ за період, то є підстави вважати їх пропорційними чисельності цих груп [4], тобто

$$\Delta S(t) = \lambda_{SR} \cdot S(t) \cdot \Delta t, \quad (14)$$

$$\Delta I(t) = \lambda_I \cdot I(t) \cdot \Delta t, \quad (15)$$

$$\Delta R(t) = \lambda_R \cdot R(t) \cdot \Delta t, \quad (16)$$

де λ_{SR} – коефіцієнт (інтенсивність) остаточної відмови від ідеї НПЗ для потенційних учасників НПЗ за одиницю часу; λ_I – коефіцієнт вибуття дійсних учасників із системи НПЗ, але не остаточної відмови від ідеї НПЗ; λ_R – коефіцієнт остаточного вибуття із системи НПЗ за одиницю часу.

Далі, підставляючи формули (13) – (16) у (8) та переходячи до границі при $\Delta t \rightarrow 0$ (для дійсних учасників за формулою (9), для несприятливих осіб – за (1)), нескладно отримати моделі динаміки поширення НПЗ, що враховують синергетичний ефект спільного впливу агентів системи НПЗ і ЗМІ на суб'єктів пенсійного соціуму у неперервній та дискретній формах:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = S(t) \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{SR} \right) \mu_s \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Smedia} \right) \lambda_{Smedia}) + \lambda_{SR} \right] \cdot I(t) \cdot \lambda_{IS} + R(t) \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{R1} \right) \mu_R \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Rmedia} \right) \lambda_{Rmedia}) \right]; \\ \frac{dI(t)}{dt} = S(t) \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{SI} \right) \mu_s \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Smedia} \right) \lambda_{Smedia}) \right] \cdot I(t) \cdot \left[\lambda_{IS} + \lambda_{IR} \right]; \\ \frac{dR(t)}{dt} = \frac{dN(t)}{dt} - \frac{dS(t)}{dt} - \frac{dI(t)}{dt}; \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} S_{t+1} = S_t \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{SR} \right) \mu_s \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Smedia} \right) \lambda_{Smedia}) + \lambda_{SR} \right] \cdot I(t) \cdot \lambda_{IS} + R_t \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{R1} \right) \mu_R \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Rmedia} \right) \lambda_{Rmedia}) \right]; \\ I_{t+1} = S_t \cdot \left[1 - \left(-\lambda_{SI} \right) \mu_s \frac{k_t \cdot k_{t-1}}{2} \right] - \left[(1 - \left(-\lambda_{Smedia} \right) \lambda_{Smedia}) \right] \cdot I_t \cdot \left[\lambda_{IS} + \lambda_{IR} \right]; \\ R_{t+1} = N_{t+1} - S_{t+1} - I_{t+1}. \end{cases} \quad (18)$$

Модель (17) використовується для симуляції сценаріїв розвитку системи НПЗ в країні, один з яких для України наведено на рисунку. Отримані чисельні результати свідчать, що врахування синергетичного ефекту дає більш високі темпи зростання кількості учасників НПЗ та скорочення несприятливих осіб на початковому етапі розвитку, а далі – скорочення темпів за рахунок неприйняття інформації "пізніх" агентів.

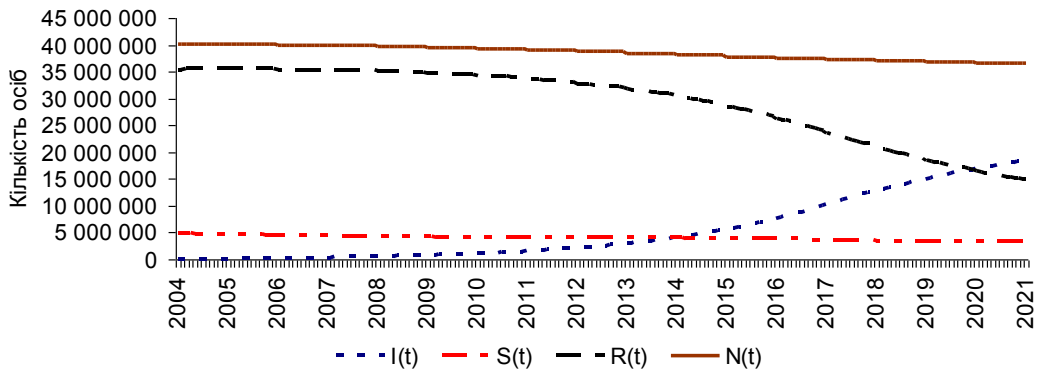


Рис. Прогноз динаміки поширення НПЗ в Україні

Таким чином, моделі (16), (17) та підхід, що застосовано при їх розробці, складають теоретико-методичний базис моделювання динаміки розвитку НПЗ з урахуванням ефекту синергії. Результати прогнозування демонструють інерційність поглядів громадян на забезпечення старості, тому уряду необхідно разом із фінансовими інститутами НПЗ розробляти програми з інформування та навчання громадян щодо можливостей для заощаджень з метою отримання більшого доходу після виходу на пенсію, оскільки державна пенсія в умовах старіння населення не забезпечить гідний рівень життя.

Література: 1. Підсумки розвитку системи недержавного пенсійного забезпечення за перше півріччя 2012 року [Електронний ресурс] / Державна комісія з регулювання ринків фінансових послуг України. – Режим доступу : <http://www.dfp.gov.ua/732.htm> 1. 2. Kermack W. O. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics / W. O. Kermack, A. G. McKendrick // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. – 1927. – Vol. 115. – Pp. 700–721. 3. Данич В. Н. Моделирование быстрых социально-экономических процессов : монография / В. Н. Данич. – Луганск : Изд. Восточнoукраинского национального

университета им. В. Даля, 2004. – 304 с. 4. Даніч В. М. Моделювання динаміки розповсюдження недержавного пенсійного забезпечення у неоднорідному пенсійному соціумі / В. М. Даніч, Л. П. Якімова // Бізнес Інформ. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2011. – № 5(1). – С. 81–83. 5. Даніч В. М. Динамічні моделі розповсюдження недержавного пенсійного забезпечення / В. М. Даніч, Л. П. Якімова // Современные подходы к моделированию сложных социально-экономических систем : монография / под ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизи-ма. – Х. : ФЛП Александрова К. М., ИД "ИНЖЭК", 2011. – С. 187–198.

докт. екон. наук,
професор Назарова Г. В.

Стаття надійшла до ред.
20.12.2012 р.

References: 1. Pidsumky rozvytku systemy nederzhavnoho pensiinoho zabezpechennia za pershe pivrichchia 2012 roku [Summary of the development of the system of non-state pension provision in the first half of 2012] [Electronic resource] / Derzhavna komisiiia z rehulivannia ryнкiv finansovykh posluh Ukrainy. – Access mode : <http://www.dfp.gov.ua/732.htm> 2. Kermack W. O. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics / W. O. Kermack, A. G. McKendrick // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. – 1927. – Vol. 115. – Pp. 700–721. 3. Danich V. N. Modelirovanie bystrykh sotsialno-ekonomicheskikh protsessov : monografiya [Modelling of rapid socioeconomic processes] / V. N. Danich. – Lugansk : Izd. Vostochnoukrainskogo natsionalnogo universiteta im. V. Dallya, 2004. – 304 p. 4. Danich V. M. Modeluvannia dynamiky rozpovciudzhennia nederzhavnoho pensiynoho zabezpechennia u neodnorodnomu pensiynomu sotsiumi [Modelling the dynamics of expansion of non-state pension provision in the heterogeneous pension socium] / V. M. Danich, L. P. Yakimova // Biznes Inform. – Kh. : VD "INZHEK". – 2011. – No. 5(1). – Pp. 81–83. 5. Danich V. M. Dynamichni modeli rozpovsiudzhennia nederzhavnoho pensiinoho zabezpechennia [Dynamic models of expansion of non-state pension provision] / V. M. Danich, L. P. Yakimova // Sovremennye podkhody k modelirovaniy slozhnykh sotsialno-ekonomicheskikh sistem : monografiya / pod red. V. S. Ponomarenko, T. S. Klebanovoy, N. A. Kizima. – Kh. : FLP Aleksandrova K. M., ID "INZHEK", 2011. – Pp. 187–198.

Інформація про автора

Якімова Лариса Петрівна – канд. екон. наук, доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій Донбаського державного технічного університету (94204, Україна, Луганська обл., м. Алчевськ, пр. Леніна, 16, e-mail: l_p_yakimova@mail.ru).

Інформація об авторе

Якімова Лариса Петровна – канд. екон. наук, доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій Донбаського державного технічного університету (94204, Україна, Луганська обл., г. Алчевськ, пр. Леніна, 16, e-mail: l_p_yakimova@mail.ru).

Information about the author

L. Yakimova – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Economic Cybernetics and Information Technologies Department of Donbas State Technical University (16 Lenin Ave., 94204, Alchevsk, Luhansk region, Ukraine, e-mail: l_p_yakimova@mail.ru).

