

eISSN 2413-9009



# **TRAEKTORIÂ NAUKI**

**International Electronic Scientific Journal**

**Vol. 3, No 12, 2017**

**AGRIS**

**CAB Abstract**

**CEEOL**

**CEJSH**

**Dialnet**

**DOAJ**

**East View's Universal Database**

**EBSCOhost**

**Index Copernicus**

**RePEc**

**Russian Science Citation Index**

**CNKI Scholar**

**Ulrich's Periodical Directory**

**pathofscience.org**



**TRAEKTORIÂ NAUKI = PATH OF SCIENCE****Vol. 3****No 12(29)****2017**

Founded in August 2015. Publishing monthly.

**Publisher**

Altezero, s.r.o. & Dialog  
 1129/6, Wurmova, Košice, 04023, Slovak Republik  
 Ph.: (421) 905-38-36-97.

**Founders:**

Altezero, s.r.o., 1129/6, Wurmova, Košice, 04023, Slovak Republik  
 Publishing Center "Dialog", 85/20 Traktorobudivnikiv st., Kharkiv, 61123, Ukraine

**The journal is abstracted in the following international databases:** AGORA, AGRIS, AiritiLibrary, Baidu Scholar, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Abstract, Central and Eastern European Online Library (CEEOL), Index Copernicus (ICV 2016 = 89.47), Google Scholar, J-Gate, OpenAIRE, Polska Bibliografia Naukowa, ResearchBib, Russian Science Citation Index (IF RSCI 2016 = 0.043), ScienceOpen, The Central European Journal of Social Sciences and Humanities (CEJSH), Türk Eğitim İndeksi, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat.

**Editor in Chief:**

Kataev A., PhD (Economics), Ass. Prof.

**Editorial Board:**

Aksenova E., PhD (Techniques), Ass. Prof.  
 Ananchenko K., PhD (Physical Education and Sport), Ass. Prof.  
 Bobro N., PhD (Sociology), Ass. Prof.  
 Bolotnaya O., PhD (Economics), Ass. Prof.  
 Holoborodko K., Doctor of Science (Language), Prof.  
 Golubov A., PhD (Law), Ass. Prof.  
 Zaytseva M., Doctor of Science (Arts), Prof.  
 Zelenskaya L., Doctor of Science (Education), Prof.  
 Kolos N., Doctor of Science (Chemistry), Prof.  
 Komir L., PhD (Economics), Ass. Prof.  
 Malenko E., Doctor of Science (Language), Prof.  
 Oberemok S., PhD (Economics), Ass. Prof.  
 Palchik O., PhD (Agricultural Science), Ass. Prof.  
 Panfilova A., Doctor of Science (Pharmacy), Prof.  
 Podrigalo L., Doctor of Science (Medicine), Prof.  
 Rogovoy A., PhD (Economics), Ass. Prof.  
 Treskunova L., PhD (Economics), Ass. Prof.  
 Horoshev A., PhD (History), Ass. Prof.  
 Shatrovskiy A., PhD (Biology), Ass. Prof.

**Editorial office 1:**

1129/6, Wurmova, Košice, 04023, Slovak Republic

**Editorial office 2:**

85/20 Traktorobudivnikiv st., 61123, Kharkiv, Ukraine

E-mail: [editor@pathofscience.org](mailto:editor@pathofscience.org). Site: <http://pathofscience.org>

The journal is an international open-access, peer-reviewed electronic journal created to fully and promptly meet the information needs of the society in the knowledge gained in the course of research and development, research and design, design and technology and production activities of scientists and experts.

The journal publishes original research papers, review articles and short communications papers in the fields of Social, Technical, Natural sciences and Humanities. The scope of problems of articles is not limited.

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors. The editorial office and board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

## TABLE OF CONTENTS

### SECTION "LANGUAGES"

#### **Yevgeniya Chekareva**

- Засоби репрезентації концептуальної сфери простору в лексико-семантичній системі давньогрецької мови ..... 1001  
[Means of Representation of the Conceptual Sphere of Space in the Lexical-Semantic System of the Ancient Greek Language]  
(Language – Ukrainian)

### SECTION "PHYSICS"

#### **Auwal Mustapha Imam, Aliyu Kabiru Isiyaku, Mustapha Isah, Mohammed Isah Kimpa**

- Choosing a Better Delay Line Medium between Single-Mode and Multi-Mode Optical Fibers: the Effect of Bending ..... 2001  
(Language – English)

#### **Cliff Orori Mosiori**

- Modeling a Bandwidth of a Two-Level Independent Quantum Laser System States ..... 2012  
(Language – English)

### SECTION "AGRICULTURE"

#### **Hasan Muhammad Maishanu, Muhammad Murtala Mainasara, Sanusi Yahaya, Audu Yunusa**

- The Use of Moringa Leaves Extract as a Plant Growth Hormone on Cowpea (*Vigna Anguiculata*) ..... 3001  
(Language – English)

### SECTION "ECONOMICS"

#### **Oksana Babiieva**

- Особливості маркетингової діяльності в Інтернет ..... 4001  
[Features of Marketing Activities on the Internet]  
(Language – Ukrainian)

#### **Ruslan Skrynkovskyy, Grzegorz Pawlowski, Lyudmyla Harasym, Mykola Haleliuk**

- Удосконалення моделі процесу менеджменту підприємства на засадах загальних функцій менеджменту ..... 4007  
[Improvement of the Model of Enterprise Management Process on the Basis of General Management Functions]  
(Language – Ukrainian)

#### **Fedir Horbonos, Ruslan Skrynkovskyy, Tetiana Protsiuk, Igor Ogirko**

- Удосконалення інструментарію діагностики виробничої програми підприємства ..... 4015  
[Improvement of the Toolkit for Diagnosing the Enterprise's Production Program]  
(Language – Ukrainian)

**Albina Basova**

Основні підходи до використання концепції маркетингу довіри на підприємствах торгівлі ..... 4023  
[The Main Approaches to Using the Concept of Trust-Based Marketing in Trade Enterprises]  
(Language – Ukrainian)

SECTION “MEDICINE”

**Alina Holovanova, Liudmyla Kyrychek, Tamara Yermolenko, Fedir Hladkykh**

Фармакотерапевтичний ефект стреспротекторів у віковому аспекті ..... 5001  
[Pharmacotherapeutic Effect of Stress Protectors in the Age Aspect]  
(Language – Ukrainian)

**Fedir Hladkykh, Heorhii Stepaniuk**

Сучасні підходи до безперервного аудиту в системі фармаконагляду Вінницької області:  
підсумки 2016 року ..... 5014  
[Modern Approaches to Continuous Audit in the Pharmacovigilance System Vinnytsia region: the  
Results of 2016]  
(Language – Ukrainian)

# Засоби репрезентації концептуальної сфери простору в лексико-семантичній системі давньогрецької мови

## Means of Representation of the Conceptual Sphere of Space in the Lexical-Semantic System of the Ancient Greek Language

Євгенія Чекарева<sup>1</sup>  
Yevgeniya Chekareva

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University  
4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine

DOI: [10.22178/pos.29-3](https://doi.org/10.22178/pos.29-3)

LCC Subject Category:  
PA1-199

Received 10.11.2017  
Accepted 10.12.2017  
Published online  
15.12.2017

Corresponding Author:  
[e.s.chekareva@gmail.com](mailto:e.s.chekareva@gmail.com)

© 2017 The Author. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



**Анотація.** У статті досліджено проблему системної організації концептуальної сфери простору як фрагменту загальної концептуальної системи еллінів; описано функційно-семантичні особливості лексем, що виступають мовними репрезентантами концептосфери простору й характеризуються етноспецифічними рисами давньогрецької мовної моделі світу; встановлено залежність формування корпусу лексем просторової семантики від специфіки сприйняття довкілля носіями давньогрецької мови. Наведені в статті принципи аналізу просторової лексики давньогрецької мови є зразком системно-структурного, функційно-семантичного й концептуального аналізу мовних одиниць і можуть стати основою для теоретичної, практичної й історичної граматики грецької мови, зіставно-порівняльної типології індоєвропейських мов, практичних розробок у галузі лінгвоконцептології.

**Ключові слова:** концептуальна сфера; категорія простору; лексема; лексична семантика; лексико-граматичний клас; лексико-семантична група; мовна картина світу; антропоцентричний принцип.

**Abstract.** The article explores the problem of the systematic organization of the conceptual sphere of space as a fragment of the general conceptual system of the Greeks; describes the functional-semantic features of lexemes, that act as linguistic representatives of the concept sphere of space and are characterized by ethnospecific features of the ancient Greek language model of the world; the dependence of the formation of the body of lexemes of spatial semantics on the specificity of the perception of the environment by the native speakers of the ancient Greek language is established. The principles of the analysis of the spatial vocabulary of the ancient Greek language presented in this article are a sample of systemic-structural, functional-semantic and conceptual analysis of linguistic units and they can become the basis for theoretical, practical and historical grammars of the Greek language, comparative typology of Indo-European languages, and possible practical developments in the field of linguistic conceptology.

**Keywords:** conceptual sphere; category of space; lexeme; lexical semantics; lexical grammar class; lexical semantic group; lingual picture of the world; anthropocentric principle.

### ВСТУП

Категорія простору має тривалу історію досліджень від античності до сучасності. На кожному етапі формування наукового знання мислителі відкривали нові грані цього багатоаспектного явища. Загальним напрямом зміни уявлень про простір є шлях від конкре-

тного до абстрактного, осмислення явищ та об'єктів через метафоричні перенесення назв і увага до самої людини, яка безпосередньо пізнає простір як такий.

Наголошуючи на належності категорії простору до базових універсальних категорій людської свідомості, слід, проте, враховувати

специфіку світобачення, зумовлену певним середовищем та епохою. У різні часи простір сприймався людьми по-різному. Спочатку він мислився як проміжок між небом та землею або те, що простягається перед людиною. Згодом простір набув більш складної концептуальної структури, яка включала в себе концепти протяжності та обсягу, вимірності, середовища існування людини та ін. Таким чином, в ньому самому містилася як ідея середовища для всього існуючого, так і обмеженість цього середовища межами того, що потрапляло до поля зору. Одночасно простір сприймався як ціле, щодо якого і сама людина, і речі довкола неї сприймалися як його частини [6, с. 482]. Як указує О. В. Подосинов, «осмислення людиною навколишнього земного простору протягом усієї історії людства йшло поряд із процесом поступового виокремлення людини з природного рослинно-тваринного середовища, його відчуження та віддалення від впливу природних циклів руху. <...> Картина світу давньої людини складалася з тісної взаємодії людини і Космосу, вплив якого на людське життя був таким суттєвим» [9, с. 460].

Вчений А. Я. Гуревич з цього приводу зазначав: «Відштовхуючись від численних свідчень культури певного періоду, від того, що було закарбовано в мові, ми маємо реконструювати в минулому інше розуміння світу стосовно сучасного» [2, с. 29]. Автор наголошує на тому, що в людей архаїчних стадій розвитку мислення було здебільшого «конкретним, предметно-чуттєвим», оскільки людина ще не відокремлювала себе повністю від природи чи середовища, відчуваючи себе її частиною [2, с. 29, 31, 35].

З розвитком наукового знання в інтелектуальній практиці так званої «логосної» доби історично сформувалися два основні підходи до осмислення категорій простору і часу: субстанціональний (Демокрит, І. Ньютон) і релятивістський (Платон, Аристотель, Г. Лейбніц, В. Вернадський). Епохальним за своїм значенням стало вчення А. Ейнштейна з його ідеєю органічної єдності простору й часу, які об'єднувалися ним у чотирирівимірний «просторово-часовий континуум» [1, с. 9].

Аристотель обґрунтовує новий принцип структурної організації всесвіту і намагається побудувати детально структурований ієрархічний космос. В ієрархічному космосі різні

його сфери мають неоднаковий статус. У зв'язку з цим велику увагу філософ приділяє аналізу такої топологічної характеристики простору, як «місце» (τόπος). Поняття «місця» Аристотель розглядає через взаємозв'язок із такими поняттями, як тіло, форма, матерія, межа, осяжне і об'ємне тіло, внутрішнє і зовнішнє, частина і ціле і т. п. Для аристотелівської концепції місця суттєво важливим є те, що місце охоплює той предмет, місцем якого воно є, будь-яке місце має верх і низ, кожне тіло за природою переміщується і залишається у властивому для нього місці [8, с. 123, 124].

У концепції І. Ньютона простір – первинна самодостатня категорія; він розуміється як нескінченна протяжність, яка вміщує в собі всю матерію, але не залежна від неї, не визначена матеріальними об'єктами. Цій концепції «порожнього» простору протистоїть концепція «об'єктно-заповненого» простору Г. Лейбніца, який розумів простір як дещо відносне, що залежить від об'єктів, які в ньому знаходяться, і що визначено порядком співіснування предметів [5, с. 152–162].

Як коментує це положення К. С. Яковлева, «ньютонівський простір є об'єктивацією ідеї простору, принциповим відволіканням від фактора сприйняття простору людиною; у Г. Лейбніца простір «одухотворюється» людською присутністю, він трактується, прочитується людиною. Ньютонівський простір належить фізиці та геометрії; лейбніцівське визначення відноситься, швидше, до сфери людських уявлень про світ, так би мовити, «наївної філософії» світу» [4, с. 18–19].

Таким чином, у науковому розумінні простір: 1) нерозривно пов'язаний із часом і рухом матерії; 2) залежить від структурних відношень і процесів розвитку в матеріальних схемах; 3) протяжний; 4) зв'язаний; 5) відносно безперервний; 6) тривимірний. Специфічними властивостями простору є метричні – розміри, відстані між тілами і т. ін. та типологічні – зв'язаність, симетрія/асиметрія і т. п. [3, с. 541–542].

Орієнтація в просторі завжди була для людини однією з передумов її виживання та існування. Дослідження орієнтаційних принципів різних народів у синхронному та порівняльно-історичному плані видається надзвичайно важливим для здійснення реконструкції менталітету людей різних епох, виявлення можливостей впливу й запозичень цих принципів

представниками різних етносів і культур. Така робота вимагає залучення великого емпіричного матеріалу когнітивного, антропологічного та етнографічного характеру. У вирішенні означеної проблеми важливу роль відіграє аналіз відповідного мовного матеріалу, який містить значну за обсягом інформацію про особливості просторових уявлень носіїв певної мови.

Глибокі спостереження щодо особливостей менталітету античної людини, зокрема у зв'язку з суспільно-політичною організацією життя, знаходимо в О. Ф. Лосева. Специфікою античного мислення дослідник називає те, що давні греки в усьому бачили чіткі й вигострені форми, все розглядали як організоване й оформлене тіло й саме в таких уявленнях знаходили найбільшу точність, логічність і реалізм [7, с. 462]. Властиві живому тілу характеристики й процеси (вага, розмір, рівновага, обсяг, рухомість, швидкість і т. ін.) виступають мірилом усього довкілля [7, с. 69–70]. Навіть абстрактні поняття існують для греків як тіла, виокремлюються з цілісної картини світу і набувають предметності [7, с. 516]. Отже, будь-який предмет уявляється як тривимірно-тілесний, і будь-яка річ у всесвіті розглядається за параметрами тривимірного тіла чи принаймні у певному відношенні до нього. Звідси й характерна для грецької свідомості геометричність мислення, коли будь-яка сутність і навіть тип відчуття усвідомлюються геометрично, тривимірно-тілесно, пластично й пропорційно [7, с. 308–309, 545–546].

«Примат чуттєвої інтуїції» в оцінці довкілля формує характерне для греків матеріально-чуттєве й математично-інтуїтивне сприйняття світу, витoki якого полягають у баченні об'єктів на близькій відстані, відсутності далекої перспективи, можливості вивчення речей як цілісно, так і в найдрібніших деталях. О. Ф. Лосев із цього приводу вказує на значну зіркість і розвиненість античного ока [7, с. 545, 528].

Тривимірно-тілесне сприйняття дійсності зумовлює специфічне уявлення давніми греками простору в цілому. Він постає як результат перетворення одних видів матерії на інші, неоднорідний за своєю структурою і залежний від речей, що його наповнюють. Навіть космос розуміється як тіло зі своїми параметричними характеристиками. З такого тілесного сприйняття світу випливає його неод-

мінна просторова скінченність, мало зрозуміла сучасній свідомості, натомість абсолютно природна для античної людини.

Таким чином, в античному світогляді на передньому плані завжди перебувають речі в їхньому реальному баченні та відчутті. Антична класика розуміє буття в цілому як тіло, речовинну сутність, матеріальну й стихійну, яку можна бачити, чути, відчувати. Воно постає як матеріально-чуттєвий і живий космос із постійним обертом речовини, що може виникати з хаосу і вражати своєю гармонією, симетрією та гармонійним устроєм, і в той же час йде до загибелі, перетворюючи сам себе на хаос [7, с. 45, 50].

Специфіка сприйняття простору давніми греками, яке поєднувало універсальний та архаїчний спосіб мислення й оцінки довкілля, особливостей відображення цього сприйняття в мовній картині світу цього народу становить надзвичайний інтерес. Аналіз окремих фрагментів просторової картини світу передбачає розуміння того, що в давньогрецькій мові, як і в будь-якій іншій, зафіксовано найбільш суттєві атрибути речей і об'єктів, які ґрунтуються на інтуїтивному уявленні про них у носіїв мови. Такі уявлення можуть точно відповідати сучасним, але досі не експлікованим реаліям, або відрізнитися від наукового знання, яке сучасна людина зазвичай мислить як «еталон правильних уявлень» [13, с. 12]. В усвідомленні простору й відтворенні його найсуттєвіших рис у мові поєднуються як об'єктивні фактори, так і суб'єктивні чинники, пов'язані з особливостями людського мислення.

Специфіка конкретної мовної картини світу виявляється шляхом системного семантичного аналізу лексики і значущих граматичних категорій певної мови. Як зауважила О. В. Урисон, сама мова, точніше її семантична система, є особливим об'єктом, який може бути протиставлений не лише науковій картині світу, але й нашим життєвим, побутовим уявленням, оскільки організується й розвивається за своїми особливими внутрішніми законами [13, с. 12].

Просторові уявлення в мові передусім представлені одиницями, які дозволяють виразити відношення просторової локалізації предметів і явищ, тобто «прив'язанність» до певного просторового орієнтира, що мислиться як «локус». Мовне вираження просторової

локалізації являє собою певного роду граматичну абстракцію просторових уявлень людини [10, с. 83].

Мовні засоби вираження навколишнього простору різноманітні, але тільки сукупно вони здатні відбити результати пізнання людиною довкілля та усі можливі деталі взаємовідношень між предметами матеріального світу [14, с. 15].

Проблема мовної об'єктивації категорії простору привертала увагу багатьох мовознавців і розроблялася на матеріалі різних мов (здебільшого нових, значно менше – класичних), зокрема, у працях В. М. Богуцького, Р. О. Будагова, О. В. Євтушенко, О. Є. Кібріка, І. М. Путової, І. І. Ревзіна, П. О. Редіна, Ф. І. Рожанського, Ж. П. Соколовської, В. В. Тарасової, О. А. Реферовської, М. Г. Сеніва, С. К. Смирнова, Й. М. Тронського, С. Я. Шарипкіна, М. Й. Петришин, О. С. Солопова та ін.

Проведені дослідження на матеріалі давньогрецької мови свідчать про наявність у ній добре сформованого цілісного комплексу засобів вираження просторових відношень. Однак, за наявності достатньо великого доробку у вивченні системи засобів репрезентації категорії простору в давньогрецькій мові слід відзначити певну фрагментарність у її висвітленні. Насамперед це стосується вивчення лексичної семантики. На сьогодні в лінгвістиці відсутній єдиний структурний і функційно-семантичний опис лексичної системи давньогрецької мови, не вивчено принципи й не розроблено методику групування лексики в лексико-семантичні групи, не розроблено теоретичні передумови такої семантичної класифікації в контексті формування нової парадигми наукового знання. Вивчення давніх мов потребує застосування методів семантико-когнітивного аналізу, когнітивно-дискурсивного аналізу, встановлення зв'язку із ментальними структурами, особливостями сприйняття світу давніми греками, що стали підґрунтям для формування й організації лексем у відповідні групи. Узагальнення результатів аналізу лексики просторової семантики дозволить зрозуміти принципи й механізми номінації просторових реалій носіями давньогрецької мови, визначити домінуючі складники просторового континууму, розкрити специфіку організації мовної картини світу еллінів у її багатомірності.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Різнорозмірні просторові відношення реальних фізичних об'єктів можуть узагальнюватися в мовній свідомості людей у двох типах відношень: а) статичної локалізованості, коли простір виступає місцем перебування предмета; б) динамічної локалізованості одних об'єктів щодо інших, коли простір виступає напрямом переміщення предмета, його початковим або кінцевим пунктом.

Провідна роль у вираженні статичної і динамічної локалізованості просторових відношень у давньогрецькій мові належить дієслівній лексиці. Свідомість людини ідентифікує просторове відношення як спрямоване від одного об'єкта до іншого, тобто як односпрямоване. Ця обставина імплікована в семантиці дієслів у вигляді синтагматичних сем, що визначають їх синтаксичні потенції, і адекватно виражаються у приєднаних або безприєднаних конструкціях, яка репрезентує ситуацію просторового відношення. Предметні учасники вказаної ситуації, координати яких фіксуються людською свідомістю, відображаються у синтаксичній конструкції {V – Prp – N} як суб'єктні актанти [10, с. 84, 111]: ἵκανον ἐν ποταμῷ (Nom.) – (вони) прийшли до річки; ἐν δεσμῷ δῆσαι (Nom.) – замкнути в кайдани; λαβεῖν ἐν χεῖρεσσι (Nom.) – взяти в руки.

Мовне кодування результатів когніції щодо типів об'єктів, їх ознак та змін у просторі й часі відбувається, зокрема, за допомогою лексико-граматичного класу іменників, когнітивно-семантичний простір яких охоплює значення предметності, ознаковості або процесуальності із включенням лексем до ядерної або периферійної ділянки відповідних семантичних зон.

Особливої уваги в системі засобів вираження просторових відношень у давньогрецькій мові заслуговує категорія відмінка. Просторові значення, що виражаються відмінком, організовані в систему за двома основними параметрами – руховим і орієнтаційним. Серед орієнтаційних виділяються значення внутрішнього/зовнішнього розташування, верху/низу, вертикальності/горизонтальності, переднього/заднього боку, близькості/віддаленості і т. п. Серед рухових значень виділяються спрямованість (наближення і віддалення)/неспрямованість, контактність/неконтактність, обмеже-



млі; κύκλος, ὁ небосхил, небесна височінь; οὐρανός, ὁ небо; παράδεισος, ὁ рай; χθών, ἡ земля, ґрунт, світ, всесвіт; ἔσπερα, ἡ захід; ἔως, ἡ схід; ἄρκτος, ὁ північний полюс, північ; βάρβαρος, ἡ негрецька країна; ἀύλων, ἡ протока; δέλτα, τό дельта (річки); θάλασσα, ἡ море; κόλπος, ὁ затока, бухта; λίμνη, ἡ стояча вода, болото, водойма, лиман, озеро, затока; πηγή, ἡ струмок, потік, джерело; αἶπος, τό висота, круча, гора; ἀκτή, ἡ крутий морський берег; ἴδη, ἡ лісиста гора та ін.. Група невластне просторових іменників включає в себе лексеми, які називають різні сутності, що за певних контекстуальних умов можуть уявлятися як певні об'єкти та/або ємності (фізичний і психічний стан, історичні й політичні події, соціальний статус, професія та ін. (загалом 2196 лексем), напр.: ἰδέα, ἡ вигляд, зовнішність; ἰσχνότης, ἡ худорлявість; κάλλος, τό краса; ὑγίεια, ἡ здоров'я; νόσος, ἡ хвороба, нездужання; σπᾶσμα, τό спазм, судома; ὕπνος, ὁ сон, сонливість, сонливий стан; ἀγρυπνία, ἡ неспання, безсоння; βούβρωστις, ἡ невгамовний голод та ін. Така група формується на підставі властивого людині ототожнення свого досвіду з певними об'єктами та речовинами, посиленням на них у процесах категоризації й концептуалізації світу. Досвід просторової орієнтації людини породжує низку метафор, що дозволяють будь-яку сутність, абстракцію представити як обмежений фізичний простір у вигляді об'єкта-ємності чи субстанції-вмістилища.

Таким чином, у давньогрецькій мові лексико-граматичний клас іменників включає в себе одиниці як конкретно-предметного, так і абстрактного значення, різної семантичної глибини й наповнення. У розглянутих групах іменників просторової семантики яскраво виділяються риси як об'єктивного, так і суб'єктивного осмислення світу людиною античної доби. Оцінка всесвіту й довкілля, змін стану об'єктів у просторі зумовили формування специфічних концептуальних структур, об'єктивованих у системі іменників. Найбільш яскраво в семантичній структурі давньогрецьких іменників представлено поняття межі у просторі (загальне значення «межа» – 43 одиниці, напр.: ἀκῶν, ὁ; ἀκρωτήριον, τό; ἀμφορία, ἡ; ἐσχατία, ἡ; καταλήγον, τό; ὄμορον, τό; πεῖραρ, τό; τέρθρον, τό та ін., значення «висота», «верхня межа» – 22 одиниці, напр.: ἀνάστημα, τό; κάρηνον, τό; κορυφή, ἡ; σκοπία, ἡ; ὕψηλον, τό; ὕψωμα, τό та ін.). Поширеним є

принцип найменування просторових реалій через назви частин тіла (напр.: ἀκρωνυχία, ἡ кінчик нігтя /вершина; κάρα, τό голова, обличчя / вершина, верхівка; κάρηνον, τό голова / вершина, висота; κρόταφος, ὁ висок, скроня / верхні схили, вершина; λοφία, ἡ грива, спина, хребет / височінь, пагорб; λόφος, ὁ потилиця, шия / гребінь пагорба; μαστός, ὁ груди, сосок / круглий пагорб, горб; νῶτος, ὁ спина / поверхня; ὄφρυς, ἡ брови / піднятий край, гребінь, круча; ῥάχις, ἡ хребет, спина / гірський хребет, гребінь; τένων, ὁ сухожилок, жила / (гірський) гребінь, хребет; χάσμα, τό зів, паща / яма, провалина, розщелина; χοῖρας, ἡ горб, пухлина, збільшена залоза / підводна скеля, стрімчак). Антропоцентричний принцип організації субстантивної лексики, характерний для багатьох мов, особливо в архаїчні періоди становлення й розвитку народів, поєднується з географічним, історико-культурним, релігійно-філософським компонентами формування мовної картини світу давніх греків.

У результаті розвитку пізнавальної діяльності людини та її здатності сприймати об'єкти як цілісно, так і дискретно, виокремлюючи певні їх характеристики, якості, властивості, сформувався лексико-граматичний клас прикметників. У кожній мові ад'єктиви віддзеркалюють специфіку осмислення світу її носіями.

Прикметники беруть безпосередню й активну участь у репрезентації категорії простору, їхнім семантичним змістом є: параметричні характеристики (пов'язані з вимірами) – розміри, форми; локалізація; співіснування предметів у просторі відносно один одного, відношення частин, сторін об'єкта до самого об'єкта (внутрішність, поверхня, верх, низ, сторона, бік тощо).

Прикметники із семантикою простору беруть активну участь у формуванні мовної картини світу й вживаються для позначення характеристики конкретних фізичних предметів і явищ або відношення до них, репрезентуючи концептуальне поле концепту «Просторові ознаки об'єктів» (загалом 4328 одиниць). Сегментами означеного концептополя є мікрополя гіпоконцептів «параметр», «орієнтація» й «відношення», які містять інформацію про такі важливі характеристики об'єктів, як розмір, форма (напр.: μικρός малий, невеликий; μέγας великий; βραχύς короткий, недовгий;

χειροπληθής той, що (легко) охоплюється долонею, вміщується в руці; μακρός довгий, високий, глибокий, великий; ἄπειρος безмежний; διαπρύσιος той, що далеко простягається, просторий; βαθύς глибокий; ὑψηλός високий; μέτριος середній, середнього зросту; χαμηλός низький); локалізація, співіснування предметів у просторі відносно один одного, відношення частин, сторін об'єкта до самого об'єкта (напр.: ἐπιπόλαιος той, що знаходиться на поверхні, поверхневий; κορυφαῖος верхній, крайній; ἀντίωτος повернутий спиною; ἐπίτακτος відведений назад, розміщений в ар'єргарді; ἔσχατος крайній, задній; προβόλαιος виставлений уперед; κοσμικός світовий, всесвітній, земний; χθόνιος земний, наземний, підземний; οὐράνιος небесний; ὑλήεις лісовий, який мешкає в лісі; ἄλιεύς морський; ὄρειος який розташовується в горах, гірський; ἀγρότερος польовий, степовий; ἀγρότης сільський та ін.).

У кількісному плані найбільш численною в давньогрецькій мові виявляється група прикметників на позначення розміру, що впливає з самих реалій буття, де розмір може характеризуватися за різними ознаками-вимірами (довжина, товщина, висота, глибина і под.), у той час як інші параметри оцінки об'єктів (цілісність, повнота, форма) є більш конкретизованими й передбачають обмежену кількість лексем для номінації. Серед інших ознак, що отримують найбільш повне й різноманітне вираження прикметниками давньогрецької мови, відзначимо зовнішні ознаки, які сприймаються зором (порівняно з тими, що сприймаються іншими органами чуття); характеристики статичної локалізації щодо різних типів межі (порівняно з ознаками динамічного руху); позначення відношення до мікропростору (порівняно з релятивністю щодо макропростору). Такі дані свідчать про пріоритетний характер вербалізації тих ознак, які є безпосередньо досяжними для чуттєвого сприйняття людиною, входять до її особистого простору.

Просторова локалізація виражається і системою дейктичних елементів. Сюди слід віднести широко розгалужену в давньогрецькій мові систему займенників, прислівників, прийменників. Дослідження цієї групи лексем тісно пов'язане з поняттям дейксису, яке вводиться в граматичній теорії для опису орієнтаційних властивостей мови відповідно до місця виголошення висловлювання. Від-

значимо, що до сьогодні це актуальне для багатьох мов питання не знайшло висвітлення на матеріалі давньогрецької мови, а відповідні дейктичні елементи не отримали чіткого визначення й опису.

Система просторових прислівників давньогрецької мови є складною системою одиниць, що мають різні форми й джерела творення. Залучення до створення прислівників різних частин мови зі своєю функційно-семантичною специфікою має свою проекцію на рівень сприйняття, пізнання та передачі досвіду про об'єктивні реалії світу носіїв давньогрецької мови.

Група просторових прислівників, які позначають аспекти статичної локалізації об'єктів, їх динамічного переміщення, а також специфічні ознаки способу дії, характеристики форми, репрезентує концептуальне поле, сформоване довкола концепту «Ознака стану/дії в просторі». Аналіз системи просторових прислівників виявляє спільні з іменниками та прикметниками тенденції до пріоритетного вираження конкретних просторових ознак і позицій. Так, у першу чергу, вербалізуються ознаки статичного місцеперебування (напр.: ἀγκάς в обіймах; ποῦ десь, де-небудь; Ἀβυδόθι в Абідосі; ἀγορήφι на зібранні; Ἀθήνησι в Афінах; αὐτόθι саме тут, у цьому самому місці; ἄλλοθι в іншому місці; ἐκασταχόθι повсюди; διωρισμένως в обмеженому місці, місцями; ἐνθάδε тут; μηδαμόθι ніде; οἴκοι вдома, на батьківщині; Φθίῃφι у Фтії; χερσόθι на суходолі) та зовнішньої межі (насамперед верхньої і передньої, напр.: ἀνά наверху, зверху; ἄχρι поверх, впритул; ἐπιπόλαιως на поверхні; ὑψι зверху, у височині; ἀναβάδην високо, на височині; ἐφύπερθεν поверх, ἄντα прямо навпроти, обличчям до обличчя; ἀντιθέτως один проти одного; ἀντικρύ проти, прямо; ἰθὺς прямо навпроти, обличчям до обличчя; κατάντηστίν прямо навпроти), що зайвий раз підтверджує значущість вказаних аспектів просторового дейксису для носіїв давньогрецької мови.

Конкретні й об'єктивні ознаки дії й стану в просторі, що включають уточнення позиції щодо межі різного типу або наближення/віддалення від об'єкта-орієнтира, формують ядерну зону концептополя «Ознака стану/дії в просторі» й репрезентуються значною групою прислівників. Периферійну зону концептополя складають концепти, поняттєвий субстрат яких містить інформацію про спеціалізовані, контекстуально або ситуатив-

но обумовлені характеристики стану, дії в просторі, зокрема, форму об'єктів, спосіб дії (напр.: ἐπιπίξ безладно, без розбору; θολοειδῶς куполоподібно; ἰσορρόπως у стані рівноваги, стійко; кубικῶς у вигляді куба; κυλινδρικῶς у формі валу, циліндрично; μεγάλωστί широко, на широкому просторі; μίγδα упереміш, разом; πλάγιως криво, навскіс; πυροειδῶς у вигляді вогню, подібно до полум'я; βάδην кроком, пішки; ἰαδόν натовпами, масами; λογάδην збираючи докупи; ὀμλαδόν групами, загонами; ὀρθοστάδην стоячи, на ногах; ὀρχηδόν по одному, один за одним; περιβάδην сидючи верхи; περιπλέγδην обвиваючись; πλινθηδόν на кшталт цегли; συνοχηδόν зібравши разом, стискаючи; ὑπονομηδόν через підземний хід, через підкоп).

До групи дейктичних елементів давньогрецької мови входять особові та вказівні займенники, відіграючи важливу роль у розмежуванні учасників акту комунікації, окреслюючи поле мовця, слухача та третьої особи, неучасника комунікації.

Категорія особи значною мірою залежить від того, яку участь вона бере в акті мовлення. Протиставлення форм першої та другої особи особових займенників формам третьої особи є перш за все протиставленням комунікативних осіб особам не комунікативним, тобто тим, що не беруть участі в акті комунікації. Тільки мовець та адресат, тобто перша та друга особи, є справжніми учасниками мовного акту, третя особа не є ані мовцем, ані слухачем, тобто не бере участі в мовному спілкуванні.

Особовим займенникам, як і вказівним, властива вказівка з орієнтацією на мовця. Вказівні та особові займенники об'єднуються в складну систему типів вказівки на ступінь віддаленості від мовця.

Система особових займенників репрезентує сегмент концептополя «Вказівність», сформований довкола концепту «Участь у комунікації». У давньогрецькій мові особовий займенник ἐγώ є центром координат мовного акту. Усі інші параметри мовної ситуації визначаються виключно відносно суб'єкта мови: ἐγώ «я» та σύ «ти» є єдиним засобом вказівки на мовця та слухача.

Система вказівних займенників давньогрецької мови представлена займенниками, що дозволяють розрізнити ступені віддаленості

предмета від мовця, й репрезентує сегмент концептополя «Вказівність», сформований довкола концепту «Позиція щодо учасників комунікації». Система вказівних займенників давньогрецької мови репрезентує такі важливі просторові позиції, як «близькість до мовця», «близькість до співрозмовника/слухача» та «віддаленість від мовця/слухача» з об'єктивацією відповідно в формах займенників ὅδε, οὗτος та ἐκεῖνος.

Повне оформлення просторово-часових відношень у давньогрецькій мові відбувається в конструкціях повнозначних частин мови з прийменниками. Прийменники посідають особливе місце в лексико-семантичній системі давньогрецької мови. Вони характеризуються складною семантикою, сполучуваністю з одиницями різних лексико-семантичних груп, динамікою свого розвитку, як кількісного, так і якісного, від ранніх до більш пізніх періодів мовного стану.

У просторовій концептосфері прийменникові конструкції відіграють ключову роль у відтворенні найточніших координат об'єктів у їх розташуванні одне до одного. Просторові значення представлено в семантиці сімдесяти давньогрецьких прийменників, з розмаїттям їхніх лексико-семантичних варіантів (до тринадцяти).

На тлі розвитку й змін, які відбувались у прийменниковій системі давньогрецької мови в різні періоди її становлення, набуває актуальності й питання про розвиток прийменникових конструкцій із префіксальними дієсловами; визначення ролі складних слів у збагаченні лексики, перегрупованні семантичних структур членів певної семантичної категорії, нарешті, у зміні організації «внутрішнього лексикону» людини в діяхронії, оскільки фіксація певного елемента знання за допомогою конкретного нового знака робить це знання більш чітким та свідомим.

Аналіз матеріалу давньогрецької мови різних періодів дозволив виявити етапи формування префіксальних дієслів від можливого відокремленого вживання префікса й дієслівної основи в ранній період до об'єднання в афіксальний дериват у пізніші періоди. На всіх етапах розвитку давньогрецької мови префіксальні дієслова можуть вживатися як самостійно, так і в поєднанні з прийменниковою конструкцією, при цьому останні кількісно переважають.

**ВИСНОВКИ**

Об'єктивація концептуальних сфер простору засобами лексико-семантичної системи давньогрецької мови виявляє як універсальні риси, зумовлені спільними для людського мислення процесами пізнання простору, так і специфічні, спричинені особливостями формування національно-мовної картини світу. До універсальних рис слід віднести загальну тенденцію до організації і групування просторової лексики за антропоцентричним принципом, коли сама людина виступає висхідним і ключовим пунктом усвідомлення світу навколо себе і себе в довіллі. Загальним є також принцип формування лексики за аналогією та метафоричним переносом, ви-

токи яких полягають у семантичних кореляціях між явищами, фіксованими в досвіді людини, і ґрунтуються на можливості часткового розуміння одного виду досвіду на базі іншого.

До етноспецифічних рис, що знайшли втілення в одиницях різних лексико-граматичних класів, належить гостре відчуття внутрішнього і зовнішнього простору, що виявляється насамперед у конкретних просторових опозиціях «внутрішній/зовнішній». Усвідомлення зовнішньої межі, зумовлене специфічною організацією географічного простору, реалізоване насамперед в опозиціях «верх/низ», «перед/тил», а також у загальному протиставленні «близько/далеко».

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES**

1. Bohutskyi, V. (2010). *Movni modeli prostoru yak kulturno-natsionalnyi fenomen (na materialii ukrainskoi, anhliiskoi ta ispanskoi mov)* [Language models of space as a cultural and national phenomenon (on the material of Ukrainian, English and Spanish)] (Doctoral thesis). Kyiv (in Ukrainian)  
[Богуцький, В. (2010). *Мовні моделі простору як культурно-національний феномен (на матеріалі української, англійської та іспанської мов)* (Автореферат кандидатської дисертації). Київ].
2. Gurevich, A. (1972). *Kategorii srednevekovoj kul'tury* [Categories of medieval culture]. Moscow: Iskusstvo (in Russian)  
[Гуревич, А. (1972). *Категории средневековой культуры*. Москва: Искусство].
3. Il'ichev, L., & Fedoseev, P. (Eds.). (1983). *Filosofskij jenciklopedicheskij slovar'* [Philosophical Encyclopedic Dictionary]. Moscow: BSE (in Russian)  
[Ильичев, Л., & Федосеев, П. (Ред.). (1983). *Философский энциклопедический словарь*. Москва: БСЭ].
4. Jakovleva, E. (1994). *Fragmenty russkoj jazykovej kartiny mira (modeli prostranstva, vremeni i vosprijatija)* [Fragments of the Russian language picture of the world (models of space, time and perception)]. Moscow: Gnozis (in Russian)  
[Яковлева, Е. (1994). *Фрагменты русской языковой картины мира (модели пространства, времени и восприятия)*. Москва: Гнозис].
5. Kobozeva, I. (2000). Grammatika opisanija prostranstva. In N. Arutjunova, I. Levontina (Eds.), *Logicheskij analiz jazyka* (pp. 152–162). Moscow: Jazyki russkoj kul'tury (in Russian)  
[Кобозева, И. (2000). Грамматика описания пространства. В Н. Арутюнова, И. Левонтина (Ред.), *Логический анализ языка* (с. 152–162). Москва: Языки русской культуры].
6. Kubrjakova, E. (2004). *Jazyk i znanie* [Language and knowledge]. Moscow: Jazyki slavjanskoj kul'tury (in Russian)  
[Кубрякова, Е. (2004). *Язык и знание*. Москва: Языки славянской культуры].
7. Losev, A. (2000). *Istorija antichnoj jestetiki. Rannjaja klassika* [The history of ancient aesthetics. Early classics]. Moscow: AST (in Russian)  
[Лосев, А. (2000). *История античной эстетики. Ранняя классика*. Москва: АСТ].
8. Osipov, A. (1989). *Prostranstvo i vremena kak kategorija mirovozzrenija i reguljatory praktičeskoj dejatel'nosti* [Space and time as a category of world outlook and regulators of practical activity]. Minsk: Nauka i tehnika (in Russian)

- [Осипов, А. (1989). *Пространство и время как категория мировоззрения и регуляторы практической деятельности*. Минск: Наука и техника].
9. Podosinov, A. (1999). *Ex oriente lux: Orientacija po stranam sveta v arhaicheskikh kul'turah Evrazii* [Ex oriente lux: Orientation according to the countries of light in the archaic cultures of Eurasia]. Moscow: Jazyki russoj kul'tury (in Russian)  
[Подосинов, А. (1999). *Ex oriente lux: Ориентация по странам света в архаических культурах Евразии*. Москва: Языки русской культуры].
10. Seniv, M. (1997). *Funktsionalno-semantychnyi analiz systemy prostorovykh i chasovykh vidnoshen (na materiali latynskoj movy)* [Functional-semantic analysis of the system of spatial and temporal relations (on the material of the Latin language)]. Donetsk: Donechchyna (in Ukrainian)  
[Сенів, М. (1997). *Функціонально-семантичний аналіз системи просторових і часових відношень (на матеріалі латинської мови)*. Донецьк: Донеччина].
11. Sharypkin, S. (1988). *Vyrazhenie prostranstvennyh otnoshenij v drevnegrecheskom jazyke sredstvami padezhej* [Expression of spatial relations in the ancient Greek language by means of cases]. *Inozemna filologija*, 23, 59–68 (in Russian)  
[Шарыпкин, С. (1988). *Выражение пространственных отношений в древнегреческом языке средствами падежей*. *Иноземна філологія*, 23, 59–68].
12. Slavjatinskaja, M. (2003). *Uchebnik drevnegrecheskogo jazyka* [Ancient Greek Language Textbook] (2nd ed.). Moscow: Filomatis (in Russian)  
[Славятинская, М. (2003). *Учебник древнегреческого языка* (2 изд.). Москва: Филоматис].
13. Uryson, E. (2003). *Problemy issledovanija jazykovoj kartiny mira: analogija v semantike* [Problems of the study of the linguistic picture of the world: analogy in semantics]. Moscow: Jazyki slavjanskoj kul'tury (in Russian)  
[Урысон, Е. (2003). *Проблемы исследования языковой картины мира: аналогия в семантике*. Москва: Языки славянской культуры].
14. Vsevolodova, M. (1982). *Sposoby vyrazhenija prostranstvennyh otnoshenij v sovremennom russkom jazyke* [Ways to express spatial relations in modern Russian]. Moscow: Russkij jazyk (in Russian)  
[Всеволодова, М. (1982). *Способы выражения пространственных отношений в современном русском языке*. Москва: Русский язык].

# Choosing a Better Delay Line Medium between Single-Mode and Multi-Mode Optical Fibers: the Effect of Bending

Auwal Mustapha Imam<sup>1,2</sup>, Aliyu Kabiru Isiyaku<sup>3,4</sup>, Mustapha Isah<sup>3</sup>, Mohammed Isah Kimpa<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> *Federal University Birnin Kebbi*

*Along Kalgo-Bunza Road, PMB 1157, Birnin Kebbi, Kebbi State, Nigeria*

<sup>2</sup> *Universiti Teknologi Malaysia*

*Sultan Ibrahim Chancellery Building, Johor Bahru, Johor, 81310, Malaysia*

<sup>3</sup> *Kaduna State University*

*P. M. B 2339, Kaduna State, Nigeria*

<sup>4</sup> *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*

*101 Beg Berkunci, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, Malaysia*

<sup>5</sup> *Federal University of Technology Minna*

*P. M. B. 65, Minna, Nigeria*

DOI: 10.22178/pos.29-1

LCC Subject Category:  
TP155-156, QC450-467,  
QD450-801

Received 17.11.2017  
Accepted 10.12.2017  
Published online 15.12.2017

Corresponding Author:  
Aliyu Kabiru Isiyaku  
aikabiru1@gmail.com

© 2017 The Authors. This  
article is licensed under a  
Creative Commons  
Attribution 4.0 License

**Abstract.** Optical fiber cables are materials whose core is made of silica and other materials such as chalcogenide glasses; they transmit a digital signal via light pulses through an extremely thin strand of glass. The light propagates and is being guided by the core which is surrounded by the cladding. Light travels in the optical fiber in the form of total internal reflection in the core of the fibers. The flexibility, low tensile strength, low signal loss, high bandwidth and other characteristics of optical fibers favors it for use as a delay medium in many applications. Another favorable characteristic of optical fiber delay lines is their relative insensitivities to environmental effects and electromagnetic interferences. The immunity of optical fibers to interferences and their less weight added advantages to it for use as delay medium. Single-mode and multi-mode are the two most popular types of optical fibers. Single-mode fibers have good propagation and delay properties with a minimal loss that allows the signal to propagate in a large distance with insignificant distortion or attenuation. The percentage of power transmission of single-mode fibers is found to be higher than that of the multi-mode fibers. It is, therefore, a preferred type for use as a delay line. In this paper, relative studies of the two optical fibers modes, and the results of power input/output measurement of the two modes are presented with a view to coming up with a better type for use as a delay medium.

**Keywords:** optical fiber; single-mode fiber; multi-mode fiber; delay line; bandwidth.

## INTRODUCTION

Basically, optical fibers are made up of three parts[15]; the core, cladding and the coating. The core is where the light transmission occurs; it is made of either plastic or glass. A more accurate core is made up of silica. The amount of light transmitted depends on the size of the core. The cladding is a layer of glass that provides a low refractive index at the core interference for reflection within the core. It has different refraction index that allows it to focus and contain the light by reflecting it back into the core, preventing

loss. The coating is mostly layers of plastic material applied at the outer of the fiber optics cable for the preservation of fiber strength by providing protection and shock absorption. Its purpose is to increase the strength and add the diameter of the cable. The coating material is mostly colored for identification (Figure 1).

The qualities of a delay medium for application as delay-line can be best understood by considering the parameters such as; bandwidth limitations (dispersion); loss; time delay; linearity and beam propagation factor [42].

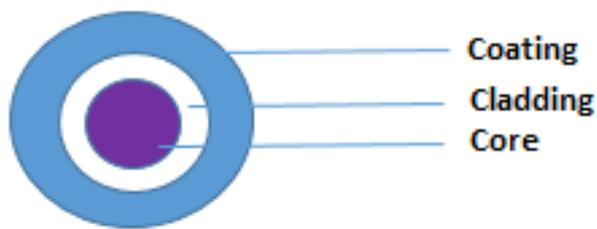


Figure 1 – Basic elements of fiber optics cable

The rise in optical output power from fiber sources through the use of fiber architectures has led to an outstanding performance of optical fibers in terms of output power, beam quality, flexibility, and efficiency. This is achieved due to improved fiber geometry which provides resilience and facilitates efficient conversions of laser beams to high-brightness output [34].

Optical fibers are mostly made from silica, but it is also being made from other materials such as chalcogenide glasses [36]. The optical fibers having advantages such as immunity to electromagnetic interferences and high bandwidth [25] transfer information in the form of light via a process of total internal reflection in the core of the fibers. Optical fiber possesses several favorable features and characteristics that qualify it for use as a delay medium. The flexibility of optical fiber cables allows its construction in small and compact devices. Moreover, provided the optical fiber cable is not bent below a critical bending radius, its flexibility does not give any significant bending losses. The critical bend radius is mostly dependent on the waveguide properties of the optical fiber cable and the wavelength of transmission. Optical fibers have high tensile strength due to their low wall thickness [4].

There has been rapid development of beam quality and efficiency of fiber lasers [10, 34, 52]. Researches K. Wilner and A. P. van den Heuvel [48] report the attractiveness of optical fibers as a delay medium when low loss and dispersion were recorded by using three multi-mode optical fiber delay routes to generate and correlate a 4-bit, 88-Mb/s coded sequence. Other effective characteristic of optical fiber delay lines are their relative insensitivities to environmental effects and electromagnetic interferences. The immunity of optical fibers to interferences and their less weight is another advantage that favors its application as delay medium.

Dispersion mechanism depends mostly on the waveguide properties of the optical fiber and the

optical source spectrum [20]. Different kinds of these dispersions contribute significantly to limiting the bandwidth of the optical fiber [47].

### Single-mode Optical Fiber

Single-mode fiber cables have a single pathway and smaller core diameter that allows only a single wavelength of light to travel [6]. It has small sizes of core and single pathway for light to travel, this enables it to maintain high spatial coherence [51] and constant Gaussian profile of high-quality lasers [18]. Due to its small core diameter, the attenuation is decreased because the number of reflections due to light propagations through the core decreases, creating further signal propagation [5].

Single-mode fibers are typically used in connections over a long length. It usually has the diameter of 9/125 for core/cladding. The operating wavelength in single-mode fibers is determined by the cutoff and core diameter. When the wavelength is shorter than the cutoff wavelength, the fiber starts to act like a multi-mode by generating a beam that changes when a fiber is bent and that is not a Gaussian beam. At long wavelength, the core becomes too small to capture the light very well. The transmission then becomes sensitive to the fiber bending and eventually lead to the light not being transmitted by the fiber. One advantage with the single-mode fiber is that the number of the light reflections in the core as the light travels decreases, thereby lowering attenuation and creating the ability for the signal to travel longer.

Due to its low loss ( $<0.1$  dB/ps) and large time-bandwidth, single-mode optical fiber is an attractive delay medium for processing microwave frequency signals [16]. As a flexible optical path, single-mode optical fibers have often been used in connections in communications, sensing systems, broadband signal processing and configurations in analytical systems. Single-mode fibers have excellent propagation and delay properties with minimal loss and dispersion that allows the signal to propagate in a considerable distance with insignificant distortion or attenuation.

Modal dispersion is absent in single-mode fibers because all the power coupled into single-mode fibers propagates in a single transverse mode – as a result, single-mode fibers enables high-frequency signal transmission over a long distance compared to multi-mode fibers [20].

Therefore, they (single-mode) are required for devices aimed to provide long delays. The dependence of the fiber refractive index on the wavelength of the optical carrier (material) limits the modulation bandwidth of the single-mode fiber [27, 33]. The limitations are as a result of the various delays experienced by the other components of the laser light source. But, even though the wavelength of the laser source is not optimal, the material dispersion does not significantly limit the bandwidth of the delay-line devices. Therefore, large or broad bandwidth and long delays can be achieved with single-mode fibers.

### Multi-mode Optical Fiber

Multiple fiber cables have larger core diameter that allows multiple pathways and transmission of several wavelengths of light [3]. Because of this, the number of light reflections as the light propagates through the core increases, making the ability for more data to propagate through the core at a given period [45]. Multi-mode fibers do not maintain high-quality spatial properties of the laser; the light beam is dispersed. The high dispersion rate with multi-mode fiber reduces the quality of the signal over a certain distance [44]. Multi-mode fibers are used mostly for short distance application. Multi-mode fiber exists in two sizes; 50 microns and 62.5 microns. Laser light and LED can be used as a light source for both 50 microns and 62.5 micron cables. Several dispersions limit the bandwidth of optical fiber. In multi-mode fibers, the modulation bandwidth is limited by modal dispersion [20]. Propagation of light through multi-mode optical fiber suffers spatial distortion which leads to scrambled intensity profile [32].

### Single-mode and Multi-mode Fibers Power Measurements

We compared the percentage of transmission of the single-mode and multi-mode fibers by using power meters to determine the input and output powers, thereby exposing the loss due to bending or length of the fiber. The details of the experiment and the results are presented herein.

### Experimental setup

In this paper, we present the optical power input/output measurements of single-mode (SM) 9/125 and multi-mode (MM) 62.5/125 optical

fibers using power meters. A YOKOGAWA tunable laser source (TLS) was used at a 1550 nm wavelength and 7.96 dBm power connected to the optical fibers each of SM and MM. A TLS is a laser that outputs laser light over a predetermined wavelength range [24]. The optical fiber cable was first spliced and cleaved to achieve optimum output. Pigtails were connected to the optical fiber ends and then connected to the TLS at one end and the power meter at the other end. Figure 4 illustrates the process and setup. The optical fibers of 1 m and 2 m for both SM and MM were bent with bending diameter of 2 cm, 6 cm and 10 cm for each to determine the effect of bending on the propagation of signal by measuring the power input and output (Figure 2).

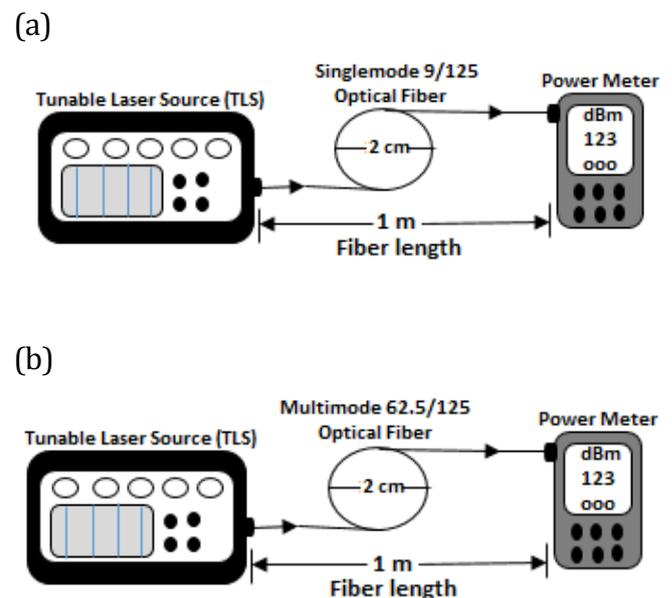


Figure 2 – Schematic diagram of the experimental setup

(a) – Single-mode fiber; (b) – Multi-mode fiber

The modal fields in optical fibers are deformed due to bending such that they become narrower and shift away from an axis along the bending plane; the field shifts create geometrical birefringence [13]. Detailed information about the behavior of optical fibers in many literatures are based on both numerical simulations and analytical models. Hence, most of the theoretical works are based on optical fibers that are straight [38]. The power input and output of the straight fiber cable for SM and MM were measured at 1 m and 2 m lengths. Thereafter, both the lengths were wound and looped at bending diameters of 2 cm, 6 cm and 10 cm to determine the effect of the bending at those diameters and the losses due to

bending of the fibers. The bend magnitude can also be determined by measuring the fiber’s core light reduction [14].

**Loss (Attenuation)**

Attenuation means loss of light energy as its pulses propagate in the optical cable [22]. It is sometimes called signal loss or fiber loss. An optical signal degrades as it propagates along the optical fiber. Attenuation is directly proportional to the length of the cable and it decides the number of repeaters required from one end to the other [17]. Components such as connectors, splitters, and switches introduce attenuation. Attenuation  $\alpha$  is the ratio of the optical output power  $P_o$  to the input power  $P_i$  in the fiber of length  $L$ :

$$A = 10 \log_{10} \frac{P_o}{P_i} [dB / km] \tag{1}$$

Absorption and scattering cause the light energy propagating in an optical fiber to decay exponentially [23]. Scattering is caused by irregularities in core geometry, diameter or improper alterations in the fiber axis direction. Bending and any other dimensional irregularity increases scattering which leads to attenuation. Measuring the fiber attenuation coefficient requires transmitting the light of known wavelength through the fiber and then measure the changes in the distance. Conventionally, fiber can be coupled to a source and then measure the output power at the end, then cut the fiber near the source and measure the power again (Figure 3).

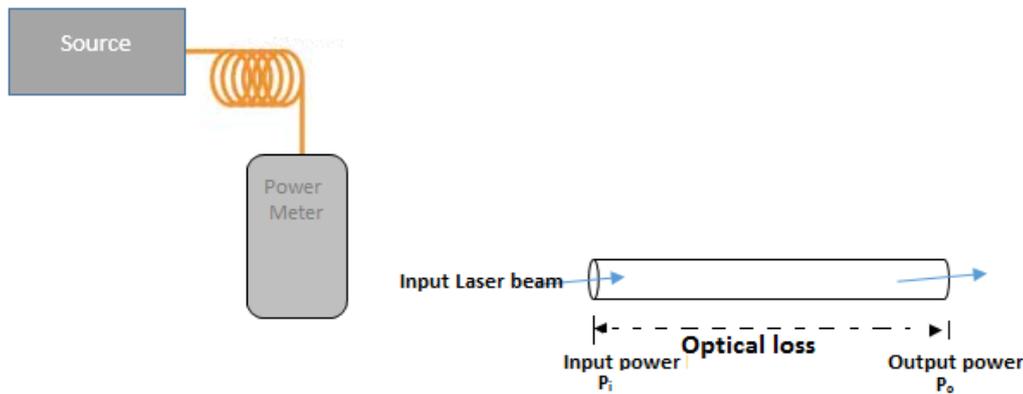


Figure 3 – A set-up of the attenuation measurement in an optical fiber

The most dominant loss mechanism in optical fiber is Rayleigh scattering; it is as a result of the scattering of the propagating electromagnetic wave by little irregularities in the medium [20]. For Rayleigh scattering, the attenuation coefficient per unit length is proportional to  $\lambda^{-4}$ . Thus, the attenuation is lower at longer wavelength than at shorter wavelength [20].

If the length of the fiber and the power at the end is known, the attenuation coefficient can be determined by calculations via [1]:

$$Attenuation\ Coefficient = \frac{P_{end} - P_{source}}{Length(km)} (dB) \tag{2}$$

**Bending loss**

The long optical fiber cables involved in delay lines requires wounding into a coil. Bending does not reduce modality in most cases or improve the

output beam quality; this is because of the induced mode coupling, modal gain competition and modal deformation [26, 38]. The refractive index of the optical fiber changes when there is a change in density due to bending of the fiber. The refractive index of the optical fiber is equivalent to (3):

$$n'_{material} \exp\left(\frac{x}{R}\right) \approx n'_{material} \left(1 + \frac{x}{R}\right) \tag{3}$$

where  $n_{material}$  – straight fiber index profile;  
 $R$  – bend radius;  
 $x$  – bending orientation [39].

When the fiber is bent, changes occur to the refractive index of the fiber due to optic-stress effect. The refractive index now becomes (4):

$$n' = n_{material} \left( 1 + \frac{\bar{x} \cos \varphi + \bar{y} \sin \varphi}{\rho R} \right) \tag{4}$$

where  $n'$  – bent fiber index profile;  
 $\varphi$  – bending azimuthal angle;  
 $\rho$  = stress factor.

**Leakage loss**

Due to the fact that the refractive index of some part of the cladding is equal to the core, all modes of the fiber suffer from finite leakage losses. This loss is calculated using the relation (5).

$$Loss = \frac{40\pi}{\ln(10)\lambda} I_m(n_{eff}) \tag{5}$$

where  $n_{eff}$  is the effective index of the fiber [35].

**Coupling light into an optical fiber**

Many applications required that the light emitted from either laser diode or any source be coupled into an optical fiber. The challenges in coupling light into an optical fiber mostly arises from the complicity of the beam characteristics and the fiber core dimension [7], which can be very small. Ball lenses and plano-convex micro-lenses have been developed and applied in coupling light into single-mode optical fiber to enhance the coupling efficiency [8, 21, 37, 43]. Different shapes of lens can be employed to achieve better coupling efficiency [28, 31, 41]. The focused beam characteristics has to match the fiber parameters for excellent coupling efficiency (Figure 4).

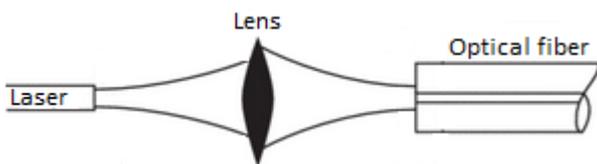


Figure 4 – Schematic illustration of coupling light into an optical fiber

A precise positioning of the fiber to the center of the core in the focused laser beam is required to achieve good coupling efficiency. The coupling efficiency can be tested by measuring the output power of the beam source (laser diode (LD) or tunable laser source (TLS)  $P_{beam}$  without a bicon-

vex lens. When the single-mode fiber is mounted on the fiber positioner and aligned, the power of the output beam,  $P_{fiber}$  can then be measured. We followed the same process by measuring the power of the beam before coupling the fiber and the laser source and then measured the power again after coupling. The coupling efficiency  $\eta_{coupling}$  is calculated using [19]:

$$\eta_{coupling} = \frac{P_{fiber}}{P_{beam}}. \tag{6}$$

To achieve maximum coupling into an optical fiber, the incident field distribution should match that of the fiber mode and the core size should match the focused spot [29]. The core incident angle should not exceed the arcsine of the NA of the optical fiber. A high numerical aperture lens has to collimate the diverging output beam of the laser. M. Hoque [19] introduced a biconvex microlens to maximize coupling of light between an edge emitting laser diode and an optical fiber. The two convex surfaces were with different profiles along their x-and y-axes to enable the elliptical light beam from the laser diode to be fed into the optical fiber core. In this work, we have used pigtailed to couple the light from the TLS into the optical fiber.

**Optical fiber interconnections**

An interconnection is used when two or more pieces of optical fibers are used to mate them together [40]. The interconnection in optical fiber is practically the use of two connectors or plugs that are aligned in a nose-nose manner and mated with an adapter called coupler. The efficiency of the optical fiber connections depends highly on the connectors and couplers alignment [9]. They are properly aligned and connected tightly in a connector-coupler-connector configuration to minimize loss of light energy propagating within the fiber optics [2].

Accurate and tight connector-coupler-connector alignment reduces the loss of light energy at the interconnection points. Optical fiber of different nature should not be mixed and mated together. For instance, in the multi-mode fiber, if 62.5  $\mu\text{m}$  and 50  $\mu\text{m}$  are aligned together, some reasonable percentage of the light energy escapes at the interconnection point. Whereas, if the misalignment happens in a single-mode fiber, there may be a total loss of light energy [46].

**RESULTS AND DISCUSSIONS**

Changes in optical fiber behaviors caused by bending are mostly observed, when perturbation method is applied with regards to the properties of the straight fiber cable [13]. In this work, power meters were used to determine the losses due to bending of both the single-mode and multi-mode fibers instead of perturbation technique. The percentage of the losses due to bending at some diameters were highlighted. This method works well for single-mode fibers because the

field propagation along the single-mode fibers can only be distorted by bending [38]. Table 1 illustrates the results of the measurements of single-mode fiber recorded for 1 meter and 2 meter fibers bent at 2 cm, 6 cm and 10 cm while Table 2 shows the average total percentage of the transmission.

Some factors that determine propagation between straight and bent fibers show a clear difference between the two.

Table 1 – Single-mode 9/125 Power input/output results with TLS

S/N	Optical fiber Length (m)	TLS Wavelength (nm)	Bending turns (loop)	Loop diameter (cm)	Input Power (dBm)	Output Power (dBm)	% Transmission
1	1	1550	Straight	-	7.96	6.01	75.5
2	1	1550	1	2	7.96	5.72	71.9
3	1	1550	2	2	7.96	5.67	71.2
4	1	1550	3	2	7.96	5.60	70.4
5	1	1550	4	2	7.96	5.51	69.2
6	1	1550	5	2	7.96	5.40	67.8
7	1	1550	1	6	7.96	5.85	74.1
8	1	1550	2	6	7.96	5.80	72.9
9	1	1550	3	6	7.96	5.76	72.4
10	1	1550	4	6	7.96	5.68	71.4
11	1	1550	5	6	7.96	5.60	70.4
12	1	1550	6	6	7.96	5.43	68.8
13	1	1550	1	10	7.96	5.97	75.0
14	1	1550	2	10	7.96	5.85	73.5
15	1	1550	3	10	7.96	5.78	72.6
16	1	1550	4	10	7.96	5.69	71.5
17	1	1550	5	10	7.96	5.64	70.9
18	1	1550	6	10	7.96	5.57	70.0

Table 2 – Single-mode 9/125 total percentage of transmission of 1 m for the bending diameters

S/N	Bending Diameter (cm)	% Transmission
1	2	59.7
3	6	71.7
3	10	72.3

Haven calculated the percentage of transmission and the average percentage of transmission as presented in Tables 1 and Table 2, a graph of the total percentage of transmission against the bending diameters is plotted in Figure 5. From the graph, we will see that the effect of diminishing of transmission is less when the bending diameter increases. Even though the bending was

not critical, at a very narrow bending of 2 cm loop diameter, the power output diminished.

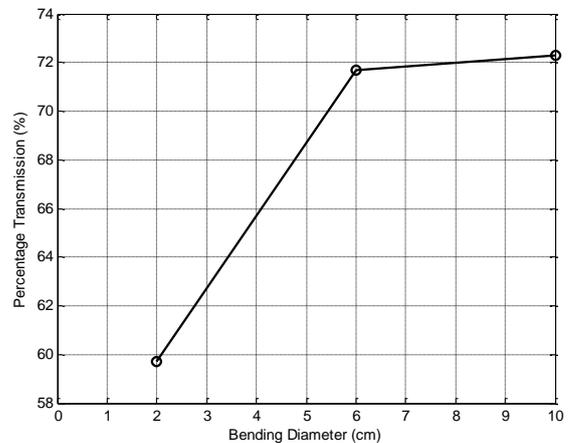


Figure 5 – Graph of the illustration of the percentage transmission against the bending diameters for single mode 9/125 optical fiber

Table 3 illustrates the results of the measurements of multi-mode fiber recorded for 1 meter and 2 meter fibers bent at 2 cm, 6 cm

and 10 cm while Table 4 shows the average total percentage of the transmission.

Table 3 – Multi-mode 62.5/125 Power input/output results with TLS

S/N	Optical fiber Length (m)	TLS Wavelength (nm)	Bending turns (loop)	Loop diameter (cm)	Input Power (dBm)	Output Power (dBm)	% Transmission
1	1	1550	Straight	-	7.96	4.32	54.1
2	1	1550	1	2	7.96	3.76	47.2
3	1	1550	2	2	7.96	3.54	44.5
4	1	1550	3	2	7.96	3.31	41.6
5	1	1550	4	2	7.96	3.11	39.1
6	1	1550	5	2	7.96	3.00	37.7
7	1	1550	1	6	7.96	3.79	47.6
8	1	1550	2	6	7.96	3.75	47.3
9	1	1550	3	6	7.96	3.70	46.5
10	1	1550	4	6	7.96	3.53	44.3
11	1	1550	5	6	7.96	3.27	41.1
12	1	1550	6	6	7.96	3.19	40.1
13	1	1550	1	10	7.96	4.27	53.6
14	1	1550	2	10	7.96	4.21	52.9
15	1	1550	3	10	7.96	4.14	52.0
16	1	1550	4	10	7.96	3.89	48.9
17	1	1550	5	10	7.96	3.72	46.7
18	1	1550	6	10	7.96	3.55	44.6

Table 4 – Multi-mode 62.5/125 total percentage of transmission of 1 m for the bending diameters

S/N	Bending Diameter (cm)	% Transmission
1	2	44.0
3	6	44.5
3	10	49.8

Haven calculated the percentage of transmission and the average percentage of transmission as presented in Tables 3 and Table 4, a graph of the total percentage of transmission against the bending diameters is plotted in Figure 6.

Transition loss and pure bend loss are the two dominant power loss mechanisms in optical fibers, when they are subjected to small radius bend [14]. Transition loss happens at the point between the bent and straight optical fiber segments where the mode fields differ [11, 30].

While the pure bend loss occurs in the curved region in which the phase velocity of the fundamental mode is equal to the speed of light in the optical fiber cladding, which subsequently induc-

es the light wave propagating and radiate away [12, 49].

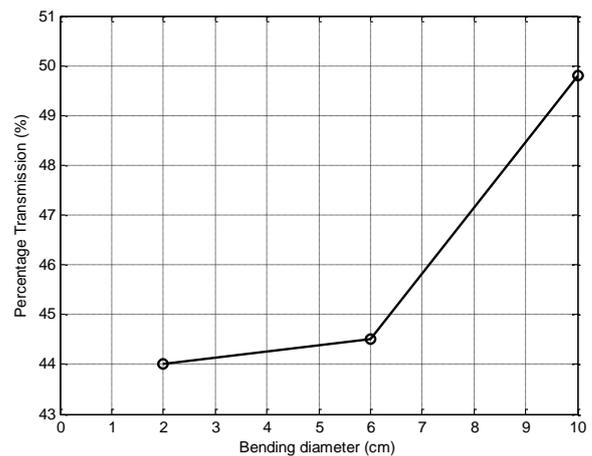


Figure 6 – Graph of the illustration of the average percentage of transmission of the 1 m multi-mode fiber against the bending diameters

Average of total percentage of transmissions were calculated for the 2 cm, 6 cm and 10 cm bending diameters to evaluate the effects of bending on the signal transmission in the fiber.

As the light wave propagates along a fiber by total internal reflection, acoustic waves which induce the periodic fluctuations density in the optical fiber are excited [49]. The backscattered Stokes light is affected by a Doppler shift known as Brillouin frequency shift given by (7):

$$V_B = \frac{2n_{eff}V_A}{\lambda_p}, \quad (7)$$

where  $V_A$  = acoustic velocity;  
 $n_{eff}$  = refractive index of the effective core;  
 $\lambda_p$  = pump wave wavelength [50].

## CONCLUSIONS

Low-loss has provided possibilities of wide-band delay lines using optical fibers. One of the significant characteristics that make an optical fiber unique from other delay-line devices/components is that; the propagation loss of the fiber at a given wavelength is independent of the modulating signal frequency. Bandwidth limitations, small number of taps, difficulties to uniformly illuminate and detect light from a large number of bundled optical fibers, infrared absorption losses at longer wavelength makes multi-mode fibers inefficient for use as delay lines. Even though there are difficulties in obtaining efficient and productive taps in constructing a single mode fiber delay-line, it's extremely large bandwidth, and low signal loss qualifies it as a better delay-line.

## REFERENCES

1. Al-Azzawi, A. (2017). *Fiber optics: principles and advanced practices*. Boca Raton: CRC Press.
2. Bamiedakis, N., Chen, J., Penty, R. V., & White, I. H. (2016). High-bandwidth and low-loss multimode polymer waveguides and waveguide components for high-speed board-level optical interconnects. *Optical Interconnects XVI*. doi: 10.1117/12.2212546
3. Bigot-Astruc, M., Molin, D., Sillard, P., Gooijer, F., & Jahannes, F. (2013). *Bend-resistant multimode optical fiber*. Retrieved from <http://google.com/patents/EP2642322A1?cl=en>
4. Chang, H., Luo, J., Gulgunje, P. V., & Kumar, S. (2017). Structural and Functional Fibers. *Annual Review of Materials Research*, 47(1), 331–359. doi: 10.1146/annurev-matsci-120116-114326
5. Colombe, Y., Slichter, D. H., Wilson, A. C., Leibfried, D., & Wineland, D. J. (2014). Single-mode optical fiber for high-power, low-loss UV transmission. *Optics Express*, 22(16), 19783. doi: 10.1364/oe.22.019783

Transition loss and pure bend loss are the two dominant power loss mechanisms in optical fibers when they are subjected to small radius bend. Transition loss happens at the point between the bent and straight optical fiber segments where the mode fields differ. While the pure bend loss occurs in the curved region in which the phase velocity of the fundamental mode are equal to the speed of light in the optical fiber cladding. This subsequently induces the light wave propagating and radiate away. Average of the total percentage of transmissions were calculated for the 2 cm, 6 cm and 10 cm bending diameters to evaluate the effects of bending on the signal transmission in the fiber.

Optimization parameters for a delay-line were elaborated and presented. We have also highlighted some results of the power optimization of the single mode and multi-mode fibers of 1-meter and 2-meter-long with bending diameters of 2 cm, 6 cm and 10 cm. A high percentage of transmission was achieved with single-mode fibers compared to multi-mode fibers. Therefore, it is a better media for delay-line as it gives long delay and large bandwidth.

## ACKNOWLEDGEMENT

We acknowledge the support of the Tertiary Education Trust Fund (TETFUND) for supporting our studies in Malaysia and the Laser Centre, Ibnu Sina Institute for Scientific and Industrial Research (ISI-SIR), Universiti Teknologi Malaysia (UTM) for providing us with necessary equipment for research.

6. Denoyer, G., Cole, C., Santipo, A., Russo, R., Robinson, C., Li, L., ... Vulliet, N. (2015). Hybrid Silicon Photonic Circuits and Transceiver for 50 Gb/s NRZ Transmission Over Single-Mode Fiber. *Journal of Lightwave Technology*, 33(6), 1247–1254. doi: [10.1109/jlt.2015.2397315](https://doi.org/10.1109/jlt.2015.2397315)
7. Dong, L., Li, J., McKay, H., Fu, L., & Marcinkevicius, A. (2017). *Glass large-core optical fibers*. Retrieved from <https://www.google.ch/patents/US9632243>
8. Fadhali, M., Saktioto, Zainal, J., Munajat, Y., Ali, J., & Abdul Rahman, R. (2008). Mode matching for efficient laser diode to single mode fiber coupling. *International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology 2007*. doi: [10.1117/12.799264](https://doi.org/10.1117/12.799264)
9. Fang, W., Lu, M., Liu, X., Gong, L., & Zhu, Z. (2015). Joint Defragmentation of Optical Spectrum and IT Resources in Elastic Optical Datacenter Interconnections. *Journal of Optical Communications and Networking*, 7(4), 314. doi: [10.1364/jocn.7.000314](https://doi.org/10.1364/jocn.7.000314)
10. Galvanauskas, A. (2004). High Power Fiber Lasers. *Optics and Photonics News*, 15(7), 42–47. doi: [10.1364/opn.15.7.000042](https://doi.org/10.1364/opn.15.7.000042)
11. Gambling, W. A., Matsumura, H., & Ragdale, C. M. (1978). Field deformation in a curved single-mode fibre. *Electronics Letters*, 14(5), 130. doi: [10.1049/el:19780089](https://doi.org/10.1049/el:19780089)
12. Gambling, W. A., Payne, D. N., & Matsumura, H. (1976). Radiation from curved single-mode fibres. *Electronics Letters*, 12(21), 567. doi: [10.1049/el:19760431](https://doi.org/10.1049/el:19760431)
13. Garth, S. J. (1988). Birefringence in bent single-mode fibers. *Journal of Lightwave Technology*, 6(3), 445–449. doi: [10.1109/50.4022](https://doi.org/10.1109/50.4022)
14. Gauthier, R. C., & Ross, C. (1997). Theoretical and experimental considerations for a single-mode fiber-optic bend-type sensor. *Applied Optics*, 36(25), 6264. doi: [10.1364/ao.36.006264](https://doi.org/10.1364/ao.36.006264)
15. Gong, H., Yang, X., Ni, K., Zhao, C.-L., & Dong, X. (2014). An Optical Fiber Curvature Sensor Based on Two Peanut-Shape Structures Modal Interferometer. *IEEE Photonics Technology Letters*, 26(1), 22–24. doi: [10.1109/lpt.2013.2288978](https://doi.org/10.1109/lpt.2013.2288978)
16. Gruner-Nielsen, L., Sun, Y., Jensen, R. V., Nicholson, J. W., & Lingle, R. (2014). Splicing of few mode fibers. *2014 The European Conference on Optical Communication (ECOC)*. doi: [10.1109/ecoc.2014.6964087](https://doi.org/10.1109/ecoc.2014.6964087)
17. Hecht, J. (2015). *Understanding fiber optics*. Auburndale: LaserLight Press.
18. Hirose, K., Liang, Y., Kurosaka, Y., Watanabe, A., Sugiyama, T., & Noda, S. (2014). Watt-class high-power, high-beam-quality photonic-crystal lasers. *Nature Photonics*, 8(5), 406–411. doi: [10.1038/nphoton.2014.75](https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.75)
19. Hoque, M.-U., Hasan, M. N., & Lee, Y.-C. (2017). Design and fabrication of a biconvex aspherical microlens for maximizing fiber coupling efficiency with an ultraviolet laser diode. *Sensors and Actuators A: Physical*, 254, 36–42. doi: [10.1016/j.sna.2016.12.004](https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.12.004)
20. Jackson, K. P., Newton, S. A., Moslehi, B., Tur, M., Cutler, C. C., Goodman, J. W., & Shaw, H. J. (1985). Optical Fiber Delay-Line Signal Processing. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 33(3), 193–210. doi: [10.1109/tmtt.1985.1132981](https://doi.org/10.1109/tmtt.1985.1132981)
21. Karstensen, H., & Frankenberger, R. (1989). High-efficiency two lens laser diode to single-mode fiber coupler with a silicon plano convex lens. *Journal of Lightwave Technology*, 7(2), 244–249. doi: [10.1109/50.17762](https://doi.org/10.1109/50.17762)
22. Kasap, S. O. (2013). *Optoelectronics & photonics: principles & practices: international edition*. N. d: Pearson.
23. Kim, A., Roy, M., Dadani, F., & Wilson, B. C. (2010). A fiberoptic reflectance probe with multiple source-collector separations to increase the dynamic range of derived tissue optical absorption and scattering coefficients. *Optics Express*, 18(6), 5580. doi: [10.1364/oe.18.005580](https://doi.org/10.1364/oe.18.005580)
24. Kubota, H. (2005). *Tunable laser source*. Retrieved from <http://bit.ly/2Atm3q0>

25. Lee, B. (2003). Review of the present status of optical fiber sensors. *Optical Fiber Technology*, 9(2), 57–79. doi: [10.1016/s1068-5200\(02\)00527-8](https://doi.org/10.1016/s1068-5200(02)00527-8)
26. Li, Z., Zhou, J., Wang, W., He, B., Xue, Y., & Lou, Q. (2009). Limitations of coiling technique for mode controlling of multimode fiber lasers. *2009 Conference on Lasers & Electro Optics & The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics*. doi: [10.1109/cleopr.2009.5292572](https://doi.org/10.1109/cleopr.2009.5292572)
27. Liu, Z., Tan, Z., Yin, B., Bai, Y., & Jian, S. (2014). Refractive index sensing characterization of a singlemode-claddingless-singlemode fiber structure based fiber ring cavity laser. *Optics Express*, 22(5), 5037. doi: [10.1364/oe.22.005037](https://doi.org/10.1364/oe.22.005037)
28. Lu, Y.-K., Tsai, Y.-C., Liu, Y.-D., Yeh, S.-M., Lin, C.-C., & Cheng, W.-H. (2007). Asymmetric elliptic-cone-shaped microlens for efficient coupling to high-power laser diodes. *Optics Express*, 15(4), 1434. doi: [10.1364/oe.15.001434](https://doi.org/10.1364/oe.15.001434)
29. Luo, Z., Wu, D., Xu, B., Xu, H., Cai, Z., Peng, J., ... Zhang, H. (2016). Two-dimensional material-based saturable absorbers: towards compact visible-wavelength all-fiber pulsed lasers. *Nanoscale*, 8(2), 1066–1072. doi: [10.1039/c5nr06981e](https://doi.org/10.1039/c5nr06981e)
30. Marcuse, D. (1976). Field deformation and loss caused by curvature of optical fibers. *Journal of the Optical Society of America*, 66(4), 311. doi: [10.1364/josa.66.000311](https://doi.org/10.1364/josa.66.000311)
31. Modavis, R. A., & Webb, T. W. (1995). Anamorphic microlens for laser diode to single-mode fiber coupling. *IEEE Photonics Technology Letters*, 7(7), 798–800. doi: [10.1109/68.393210](https://doi.org/10.1109/68.393210)
32. Morales-Delgado, E. E., Farahi, S., Papadopoulos, I. N., Psaltis, D., & Moser, C. (2015). Delivery of focused short pulses through a multimode fiber. *Optics Express*, 23(7), 9109–9120. doi: [10.1364/oe.23.009109](https://doi.org/10.1364/oe.23.009109)
33. Puttnam, B. J., Luis, R. S., Klaus, W., Sakaguchi, J., Delgado Mendinueta, J.-M., Awaji, Y., ... Marciante, J. (2015). 2.15 Pb/s transmission using a 22 core homogeneous single-mode multi-core fiber and wideband optical comb. *2015 European Conference on Optical Communication (ECOC)*. doi: [10.1109/ecoc.2015.7341685](https://doi.org/10.1109/ecoc.2015.7341685)
34. Richardson, D. J., Nilsson, J., & Clarkson, W. A. (2010). High power fiber lasers: current status and future perspectives [Invited]. *Journal of the Optical Society of America B*, 27(11), B63–B92. doi: [10.1364/josab.27.000b63](https://doi.org/10.1364/josab.27.000b63)
35. Saitoh, K., & Koshiba, M. (2003). Leakage loss and group velocity dispersion in air-core photonic bandgap fibers. *Optics Express*, 11(23), 3100. doi: [10.1364/oe.11.003100](https://doi.org/10.1364/oe.11.003100)
36. Sanghera, J., & Aggarwal, I. (1999). Active and passive chalcogenide glass optical fibers for IR applications: a review. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 256-257, 6–16. doi: [10.1016/s0022-3093\(99\)00484-6](https://doi.org/10.1016/s0022-3093(99)00484-6)
37. Savastru, D., Popescu, M., Miclos, S., Sava, F., Lorinczi, A., Rusu, M., & Savu, V. (2008). Single mode optical fiber coupling to a laser diode. *Optical Memory and Neural Networks*, 17(4), 254–257. doi: [10.3103/s1060992x08040024](https://doi.org/10.3103/s1060992x08040024)
38. Schermer, R. T. (2007). Mode scalability in bent optical fibers. *Optics Express*, 15(24), 15674. doi: [10.1364/oe.15.015674](https://doi.org/10.1364/oe.15.015674)
39. Schermer, R. T., & Cole, J. H. (2007). Improved Bend Loss Formula Verified for Optical Fiber by Simulation and Experiment. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 43(10), 899–909. doi: [10.1109/jqe.2007.903364](https://doi.org/10.1109/jqe.2007.903364)
40. Schwaerzle, M., Elmlinger, P., Paul, O., & Ruther, P. (2015). Miniaturized 3x3 optical fiber array for optogenetics with integrated 460 nm light sources and flexible electrical interconnection. *2015 28th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)*. doi: [10.1109/memsys.2015.7050911](https://doi.org/10.1109/memsys.2015.7050911)

41. Shah, V. S., Curtis, L., Vodhanel, R. S., Bour, D. P., & Young, W. C. (1990). Efficient power coupling from a 980-nm, broad-area laser to a single-mode fiber using a wedge-shaped fiber endface. *Journal of Lightwave Technology*, 8(9), 1313–1318. doi: [10.1109/50.59158](https://doi.org/10.1109/50.59158)
42. Sharma, A., & Kumar, M. (2015). Flat band slow light in silicon photonic crystal waveguide with large delay bandwidth product and low group velocity dispersion. *IET Optoelectronics*, 9(1), 24–28. doi: [10.1049/iet-opt.2014.0090](https://doi.org/10.1049/iet-opt.2014.0090)
43. Shiraishi, K., Kagaya, M., Muro, K., Yoda, H., Kogami, Y., & Tsai, C. S. (2008). Single-mode fiber with a plano-convex silicon microlens for an integrated butt-coupling scheme. *Applied Optics*, 47(34), 6345. doi: [10.1364/ao.47.006345](https://doi.org/10.1364/ao.47.006345)
44. Sokkar, T. Z. N., Ramadan, W. A., Shams El-Din, M. A., Wahba, H. H., & Aboleneen, S. S. (2014). Bent induced refractive index profile variation and mode field distribution of step-index multimode optical fiber. *Optics and Lasers in Engineering*, 53, 133–141. doi: [10.1016/j.optlaseng.2013.09.002](https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.09.002)
45. Sun, Y., Lingle, R., Shubochkin, R., McCurdy, A. H., Balemarchy, K., Braganza, D., ... Bhoja, S. (2017). SWDM PAM4 Transmission Over Next Generation Wide-Band Multimode Optical Fiber. *Journal of Lightwave Technology*, 35(4), 690–697. doi: [10.1109/jlt.2016.2618723](https://doi.org/10.1109/jlt.2016.2618723)
46. Tong, X. C. (2014). *Advanced materials for integrated optical waveguides*. N. d.: Springer.
47. Wang, J., Ashrafi, R., Adams, R., Glesk, I., Gasulla, I., Capmany, J., & Chen, L. R. (2016). Subwavelength grating enabled on-chip ultra-compact optical true time delay line. *Scientific Reports*, 6(1). doi: [10.1038/srep30235](https://doi.org/10.1038/srep30235)
48. Wilner, K., & van den Heuvel, A. P. (1976). Fiber-optic delay lines for microwave signal processing. *Proceedings of the IEEE*, 64(5), 805–807. doi: [10.1109/proc.1976.10216](https://doi.org/10.1109/proc.1976.10216)
49. Xu, P., Dong, Y., Zhang, J., Zhou, D., Jiang, T., Xu, J., ... Bao, X. (2015). Bend-insensitive distributed sensing in singlemode-multimode-singlemode optical fiber structure by using Brillouin optical time-domain analysis. *Optics Express*, 23(17), 22714. doi: [10.1364/oe.23.022714](https://doi.org/10.1364/oe.23.022714)
50. Zadok, A., Zilka, E., Eyal, A., Thévenaz, L., & Tur, M. (2008). Vector analysis of stimulated Brillouin scattering amplification in standard single-mode fibers. *Optics Express*, 16(26), 21692–21707. doi: [10.1364/oe.16.021692](https://doi.org/10.1364/oe.16.021692)
51. Zavalin, A., Yang, J., Haase, A., Holle, A., & Caprioli, R. (2014). Implementation of a Gaussian Beam Laser and Aspheric Optics for High Spatial Resolution MALDI Imaging MS. *Journal of The American Society for Mass Spectrometry*, 25(6), 1079–1082. doi: [10.1007/s13361-014-0872-5](https://doi.org/10.1007/s13361-014-0872-5)
52. Zervas, M. N., & Codemard, C. A. (2014). High Power Fiber Lasers: A Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 20(5), 219–241. doi: [10.1109/jstqe.2014.2321279](https://doi.org/10.1109/jstqe.2014.2321279)

# Modeling a Bandwidth of a Two-Level Independent Quantum Laser System States

Cliff Orori Mosiori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Technical University of Mombasa*

*P. O. Box 90420-80100, Mombasa, Kenya*

DOI: 10.22178/pos.29-2

LCC Subject Category:  
TP155-156, QC450-467,  
QD450-801

Received 11.11.2017  
Accepted 10.12.2017  
Published online 18.12.2017

Corresponding Author:  
cliffmosiori@gmail.com

© 2017 The Author. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)

**Abstract.** An electromagnetic radiation is basically considered to be a transverse wave propagating through an accessible media whether it is an optical fibre or a thin film depending on its propagating conditions. In analyzing its propagation, utilized specific cross-section areas have become an important base of understanding its extinction parameters. The term cross-section in this work applies only to boundary conditions within which particles interact within electromagnetic spectra through absorption or scattering. In such small volume contextual framework, nanotechnology reconsiders scattering cross-section coefficients. In this work, two different degenerate states were modeled and analyzed using a developed model of a laser cavity containing a media of length,  $L$ , with a gain of,  $k$ , per unit length which were mirrored to represent the upper and a lower level manifolds inhomogeneous broadening Stark levels respectively. The model developed created an impression that a laser medium is a coherent ensemble of particles or atoms whose bandwidth depends on how a laser is constructed.

**Keywords:** Einstein coefficient; spontaneous emission; spectral line profile function; small-signal gain coefficient; population inversion; laser cavity.

## INTRODUCTION

On a simplified basic fundamental scale, any EM wave propagating on an accessible media gain or lose energy as a result excitation of quantum confinement states at certain regions and thus a particle's specific cross-section becomes an important base for analyzing its extinction parameters [1, 16, 20]. Cross-sections here use boundary conditions within which absorbing or scattering a radiation takes place. Such cross sections are different for specific geometric cross sectional area of the particle making the overall area be a sum up to obtain a collective cross section area of many particles per unit quantum space volume [18]. In fact, such a volume is taken to be responsible for scattering cross-section coefficient variations. Intuitively therefore, geometrical cross sectional area can be used to express scattering cross-section in terms of the geometric cross-section using Equating (1):

$$\sigma_{geom} = \pi r^2, \quad (1)$$

where  $r$  is the particle radius.

When such a particle is assumed to be relatively very small to a level where it is approaching *Rayleigh* wavelength scattering diameter range,  $D$ , then Equating (2) applies:

$$\frac{\pi D}{\lambda} = \frac{2\pi r^2}{\lambda} = q \ll 1. \quad (2)$$

This leads to a condition where particle scattering and absorption cross-sections can be generalized using Equating (3) for scattering cross-sections:

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{2}{3} \frac{\pi^5 D^6}{\lambda^4} |K|^2 = \frac{2^7}{3} \frac{\pi^5 r^6}{\lambda^4} |K|^2 = \\ &= \pi r^2 \frac{2^3}{3} \frac{2^4 \pi^4 r^4}{\lambda^4} |K|^2 = \frac{8}{3} q^4 |K|^2 \sigma_{geom} \end{aligned} \quad (3)$$

and Equating (4) for geometrical cross-sections:

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\pi^2 D^3}{\lambda} \text{Im}(-K) = \\ &= \frac{\pi^2 2^3 r^3}{\lambda} \text{Im}(-K) = \\ &= \pi r^2 2^3 \frac{\pi r}{\lambda} \text{Im}(-K) = \\ &= 4q \text{Im}(-K) \sigma_{geom} \end{aligned} \tag{4}$$

where  $n_c$  is the complex index of refraction and  $K$  can be expressed as Equating (5):

$$K = (n_c^2 - 1) / (n_c^2 + 2). \tag{5}$$

It is therefore acceptable that the real index of refraction of the media affects the speed of the radiation while the imaginary index of refraction affects the amplitude of the light radiation. Thus, the total extinction cross-section,  $\sigma_e$ , becomes the sum of the absorption and scattering cross-sections expressed in Equating (6) as:

$$\sigma_e = \sigma_a + \sigma_s. \tag{6}$$

Such a simple approach explains the several characteristics exhibited by wide-band a gap optoelectronic material that makes them more useful for many applications as compared to lower band gap optoelectronic materials limited to light absorbing applications. Its believed that a device incorporating such a feature exhibit switchable larger voltage capabilities [6] and brings its electronic transition energies within the range of the energy of visible light spectra. A system can be modeled to exhibit superposition of two independent and distinguishable quantum states [6]. Analyzing such a two-level quantum system becomes imperative to use the Hilbert space to describe it exhaustively. This model has its model space anchored on a two independent states system for its simplicity as a quantum system as it adopts simple linear differential equations within linear algebra two-dimensional space [18].

**MODEL DEVELOPMENT**

A small segment of medium is chosen and considered as having a refractive index,  $\eta$ , and cross-sectional area,  $\delta A$ , between  $z$ , and,  $z + \delta z$  for inci-

dent light intensity,  $I(z)$  which can be integrated over all frequencies of the specified chosen spectra. For purposes of this model, propagation is assume to take place in one direction and ignores any non-directional spontaneous emission and model using Figure 1.

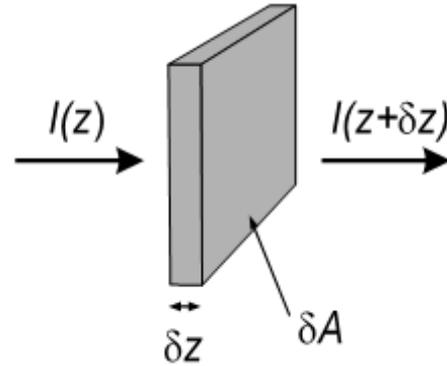


Figure 1 – Model Dimensions

The population densities in the left and right states as depicted by figure 1 are equated as  $n_m$  and  $n_n$  to represent lower and upper states respectively so that the total change in power on propagating through the model figure 1 segment can be expressed as in Equating (7):

$$(I(z) - I(z + \delta z)) \delta A = - \frac{\partial I(z)}{\partial z} \delta z \delta A \tag{7}$$

or in terms of the radiation density,  $U$  and Einstein,  $B$ , coefficients as in Equating (8):

$$- \frac{\partial I(z)}{\partial z} \delta z \delta A = BU(\nu, z) h \nu (n_m - n_n) \delta z \delta A \tag{8}$$

A laser ion that can be excited into a higher energy level and may spontaneously return to its ground state by releasing the acquired energy in the form of a photon [1]. Such stimulated emission is as a result of vacuum noise. In this model a laser ion is placed in a microcavity structure which will undergo modifications in structure under an optical field as depicted by Figure 2. In quantum level mechanics, an energy level is degenerate only if it corresponds to either two or more different measurable states of a quantum system or if they give the same value of energy upon measurement which correspond to a particular energy level [17, 2].

Based on a spectral line profile function depicted in Figure 2, intensity at a particular frequency,  $\nu$ , can be expressed as using Equating (9):

$$I(z, \nu) = I(z) f(\nu) , \tag{9}$$

where  $f(\nu)$  is the spectral line profile function.

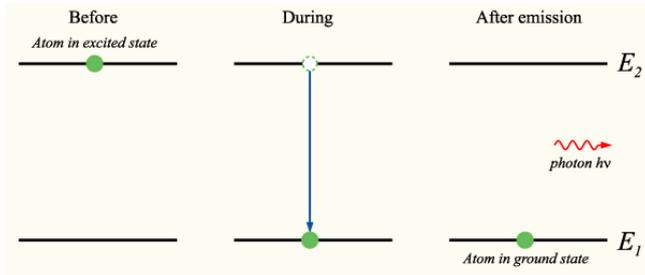


Figure 2 – Model of spontaneous emission

Integrating Equating (9) we obtain Equating (10), where we have at orthogonal conditions:

$$\int_0^\infty f(\nu) d\nu = 1 \tag{10}$$

This implies that the intensity can be related to radiation density as Equating (11):

$$I(z) f(\nu) = \frac{c}{\eta} U(\nu, z) . \tag{11}$$

Substituting,  $U$ , the rate of loss of intensity can be expressed as Equating (12):

$$\frac{\partial I(z)}{\partial z} = - \frac{\eta B I(z) f(\nu) h \nu (n_1 - n_2)}{c} . \tag{12}$$

The function takes the form, Equating (13):

$$\frac{dy}{dx} = -ky \tag{13}$$

with its solution given in Equating (14):

$$y = y_0 e^{-kx} \tag{14}$$

Hence, we can identify an absorption coefficient,  $K$ , as in Equating (15):

$$k(\nu) = \frac{\eta B f(\nu) h \nu (n_1 - n_2)}{c} . \tag{15}$$

which is a mathematically representative of a Hamiltonian space with the same energy eigenvalue for a system having more than one linearly independent eigenstates.

Taking into account the degeneracy of these states, in relationship to  $A$  and  $B$  coefficients, the relationship can be written as in Equating (16):

$$\begin{aligned} k(\nu) &= \frac{c^2 A}{8\pi \nu^2 \eta^2} \cdot \frac{g_n}{g_m} \left( n_m - \frac{g_m}{g_n} n_n \right) f(\nu) = \\ &= K(\nu) \cdot \left( n_m - \frac{g_m}{g_n} n_n \right) f(\nu) \end{aligned} \tag{16}$$

which is an informal Fuchbauer-Ladeberg formula or equation.

Assuming a normal sample of quantum particles under thermal equilibria, the lower state will have overwhelmingly larger population resulting into,  $k(\nu)$  being positive hence absorption while the upper state has  $k(\nu)$  negative and amplification takes place. This defines  $k(\nu)$  as a *small-signal gain coefficient* which is a requirement for all laser resonators or *laser cavities*.

This model considered a laser cavity [4] containing a medium of length  $L$  with a gain of  $k$  per unit length that mirrors with reflectivities  $R_1$  and  $R_2$  as depicted in figure 1 ignoring all other sources of losses. For only one round-trip in the laser cavity, energy gain can be expressed as in Equating (17):

$$G = R_1 R_2 e^{2kl} = e^{2(kL - \gamma)} , \tag{17}$$

where  $R_1 R_2 = e^{-2\gamma}$  .

Taking,  $k$ , is a function of wavelength, and considering only amplified frequencies such that Equating (16) becomes Equating (18):

$$k(\nu)L \geq \frac{\gamma}{L} . \tag{18}$$

and using Equating (19):

$$k(\nu) = -K(\nu) \cdot \left( n_m - \frac{g_m}{g_n} n_n \right) f(\nu) . \tag{19}$$

Then the threshold condition forms a skirt transition band that is summed up by Equating (20):

$$\left( \frac{g_m}{g_n} n_n - n_m \right) \geq \frac{\gamma}{K(\nu) f(\nu) L} \quad (20)$$

If there is no particle that is excited by absorption, then centre frequency absorption coefficient transition,  $\nu_0$  becomes Equating (21):

$$k_0 = K(\nu_0) f(\nu_0) n_0 \quad (21)$$

where  $n_0$  is the total number density of atoms. The consequence is that threshold condition simplifies further to Equating (22):

$$\left( \frac{g_m}{g_n} n_n - n_m \right) \geq \frac{n_0 \gamma}{k_0 L} \quad (22)$$

giving a fractional population inversion Equating (23):

$$n_p \geq \frac{\gamma}{k_0 L} \quad (23)$$

Extinction coefficient is a significant parameter of a laser [6, 16]. Its intensity attenuation,  $I$ , according to our model changes as it passes through the slab model Figure 1 with unit thickness,  $dz$  varying with absorption extinction coefficient,  $\alpha_a$ , in inverse length as Equating (24):

$$dI = -\alpha_a I dz = -I d\tau \quad (24)$$

where  $d\tau$  is the change in the optical depth.

This implies that once light passes through the model slab thickness length,  $L$ , intensity will vary as in Equating (25):

$$I(L) = I_0 e^{-\alpha_a L} \quad (25)$$

where the intensity of the light entering the slab is  $I_0$ . Therefore it will relate to the extinction coefficient as in Equating (26):

$$\tau(\nu, z_1, z_2) = \int_{z_1}^{z_2} \alpha(\nu, z) dz \quad (26)$$

The dependence of extinction coefficient along the path has a dependence on frequency [15].

The radiative transfer after passing through a length,  $L$ , through the model slab, relates to light intensity as in Equating (27):

$$\begin{aligned} I(L = z_2 - z_1) &= \\ &= I_0 \exp \left[ \int_{z_1}^{z_2} \alpha(\nu, z) dz \right] = \\ &= I_0 \exp[-\tau(\nu, z_1, z_2)] = I_0 e^{-\tau} \end{aligned} \quad (28)$$

## RESULTS AND DISCUSSIONS

Optical confinement is virtually intended to increase gain length of radiation prior to emission from a laser device achieved by increasing that gain path length. This path length depends on the properties of the laser beam in question [13]. Position and curvature of alter and equally optimize laser performance [11] or laser *quality factor*,  $Q$  in terms of frequency and bandwidth as in Equating (29):

$$Q = \frac{\nu}{\Delta \nu} \quad (29)$$

A laser oscillator is banded between two extreme values. It is built from a trend indicator within overbought or oversold conditions [8, 4, 5]. Any resulting energy loss can be quantified as in Equating (30):

$$W(t) = W_0 e^{-\frac{2\pi\nu_0 t}{Q}} \quad (30)$$

The number of photons remaining in the model cavity at time,  $t$ , can be given by Eq Equating (31):

$$P(t) = P_0 e^{-\frac{\gamma}{\tau} t} \quad (31)$$

where,  $\tau$  is the round-trip time of a photon in the cavity.

The characteristic time for a photon remaining in the cavity can be expressed as in Equating (32):

$$t_p = \frac{\tau}{\gamma} \quad (32)$$

By comparing the round-trip time of a photon with a quality factor  $Q$ , we can obtain Equating (33):

$$\frac{Q}{2\pi\nu_0} = \frac{\tau}{\gamma} \quad (33)$$

or Equating (34):

$$Q = 2\pi\nu_0 \left( \frac{\tau}{\gamma} \right) = 2\pi\nu_0 t_p \quad (34)$$

In a nut shell, the bandwidth of the laser [12] is finally simplified by Equating (35):

$$\Delta\nu = \frac{1}{2\pi t_p} \quad (35)$$

## MODEL TESTING

### Case One: Using transition for HeNe laser

Assuming that the lifetime of an upper level transition for certain laser at 632.8 nm is  $1 \times 10^{-7}$  s, the degree of population inversion that result into a gain coefficient of  $0.07 \text{ m}^{-1}$  with its upper and lower states are equal at a refractive index of 1, then, the line profile function can be obtained from Equating (36) and Equating (37) respectively:

$$f(\nu) = 0, |\nu - \nu_0| > \Delta\nu/2 \quad (36)$$

$$f(\nu) = \frac{1}{\Delta\nu}, |\nu - \nu_0| \leq \Delta\nu/2 \quad (37)$$

At a lifetime of  $1 \times 10^{-7}$  s with an Einstein coefficient of  $1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$  we obtain a frequency of 0.5 THz, a transition frequency,  $f(\nu) = 6.28 \times 10^{-7} \text{ Hz}^{-1}$  and the density of population inversion becomes  $7.82 \times 10^{11} \text{ m}^{-3}$  which shows that there must be  $7.82 \times 10^{11} \text{ m}^{-3}$  more atoms in their upper state than in the lower.

### Case Two: Un-pumped laser cavity

Supposing that we have an un-pumped laser cavity of 0.5 m long experiencing a 2 % loss per round trip, then applying this model in Figure 1, we can apply the relation:

$$e^{-2\gamma} = r_1 r_2 \Rightarrow \gamma = 0.05,$$

which leads to given:  $0.98 = e^{-\gamma} \Rightarrow \gamma = 0.02$

implying that:  $t_p = \frac{2L}{\gamma c} = 0.17 \mu\text{s}$

Finally resulting into a bandwidth of:

$$\Delta\nu = \frac{1}{2\pi t_p} = 0.94 \text{ MHz}$$

### Case Three: Threshold condition for Laser action

In a simple two-level quantum system [19, 10, 9], at a population inversion condition  $N_n > N_m$  that liberates a strong stimulating field that prevents spontaneous states, a black body mode density, we get Equating (38):

$$U(\nu) \gg \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (38)$$

Performing best fit and substituting within energy condition  $h\nu$  is 5 eV, at a higher temperature of 1000 K [3] which in essence, approximate  $kT$  value to 0.086 eV, we obtain (39):

$$\frac{N_n}{N_m} = e^{-5/0.086} = 1.5 \times 10^{-25}. \quad (39)$$

This shows that a laser media [7] can be simplified as a coherent ensemble of particles or atoms whose bandwidth laser line depends on how its constructed.

## CONCLUSION

A quantum system approach was used to describe and analyze an energy level as a degenerate state that corresponds to different measurable states of a quantum system. Two different degenerate states of a quantum mechanical system were modeled by considering a laser cavity containing a medium of length  $L$  with a gain of  $k$  per unit length and each constituted by different inhomogeneous broadening Stark levels. A model was developed for a laser device by increasing its gain path length and the result insinuated that a laser medium is a coherent ensemble of particles whose bandwidth laser line depends on how a laser is designed and constructed.

## REFERENCES

1. Franco, R. L., Bellomo, B., Maniscalco, S., & Compagno, G. (2013). Dynamics of quantum correlations in two-qubit systems within non-markovian environments. *International Journal of Modern Physics B*, 27(01n03), 1345053. doi: [10.1142/s0217979213450537](https://doi.org/10.1142/s0217979213450537)
2. He, Y., He, Y.-M., Wei, Y.-J., Jiang, X., Chen, M.-C., Xiong, F.-L., ... Pan, J.-W. (2013). Indistinguishable Tunable Single Photons Emitted by Spin-Flip Raman Transitions in InGaAs Quantum Dots. *Physical Review Letters*, 111(23). doi: [10.1103/physrevlett.111.237403](https://doi.org/10.1103/physrevlett.111.237403)
3. Hegerfeldt, G. C. (2013). Driving at the Quantum Speed Limit: Optimal Control of a Two-Level System. *Physical Review Letters*, 111(26). doi: [10.1103/physrevlett.111.260501](https://doi.org/10.1103/physrevlett.111.260501)
4. Hinkley, N., Sherman, J. A., Phillips, N. B., Schioppo, M., Lemke, N. D., Beloy, K., ... Ludlow, A. D. (2013). An Atomic Clock with 10-18 Instability. *Science*, 341(6151), 1215–1218. doi: [10.1126/science.1240420](https://doi.org/10.1126/science.1240420)
5. Höning, M., Muth, D., Petrosyan, D., & Fleischhauer, M. (2013). Steady-state crystallization of Rydberg excitations in an optically driven lattice gas. *Physical Review A*, 87(2). doi: [10.1103/physreva.87.023401](https://doi.org/10.1103/physreva.87.023401)
6. Kaminskii, A. A. (1990). *Laser crystals: their physics and properties* (2nd ed.). Berlin: Springer.
7. Knight, P. L., & Radmore, P. M. (1982). Quantum revivals of a two-level system driven by chaotic radiation. *Physics Letters A*, 90(7), 342–346. doi: [10.1016/0375-9601\(82\)90625-9](https://doi.org/10.1016/0375-9601(82)90625-9)
8. Koechner, W. (2006). *Solid-state laser engineering*. New York: Springer.
9. Lu, X.-J., Chen, X., Ruschhaupt, A., Alonso, D., Guérin, S., & Muga, J. G. (2013). Fast and robust population transfer in two-level quantum systems with dephasing noise and/or systematic frequency errors. *Physical Review A*, 88(3), 033406. doi: [10.1103/physreva.88.033406](https://doi.org/10.1103/physreva.88.033406)
10. Martin, M. J., Bishof, M., Swallows, M. D., Zhang, X., Benko, C., von-Stecher, J., ... Ye, J. (2013). A Quantum Many-Body Spin System in an Optical Lattice Clock. *Science*, 341(6146), 632–636. doi: [10.1126/science.1236929](https://doi.org/10.1126/science.1236929)
11. Meystre, P., & Sargent, M. (2010). *Elements of quantum optics* (4th ed.). Berlin: Springer.
12. Mosiori, C. O. (2016). Effects of Quantum Confinements in Tin Sulphide Nanocrystals Produced by Wet-Solution Technique. *Asia Pacific Journal of Energy and Environment*, 3(2), 73–80.
13. Mosiori, C. O., Kwembur, M., & Maera, J. (2016). Thermal Emittance and Solar Absorptance of CdS Thin Films. *International Journal of Engineering Inventions*, 4(11), 01-05.
14. Mosiori, C. O., Maera, J., Njoroge, W., Shikambe, T., Munji, M., & Magare, R. (2015). Modeling Transfer of electrons between Energy States of an Electrolyte and CdS thin films using Gerischer Model. *Engineering International*, 3(1), 35–44.
15. Ostermann, L., Ritsch, H., & Genes, C. (2013). Protected State Enhanced Quantum Metrology with Interacting Two-Level Ensembles. *Physical Review Letters*, 111(12), 123601. doi: [10.1103/physrevlett.111.123601](https://doi.org/10.1103/physrevlett.111.123601)
16. Panock, R., & Temkin, R. (1977). Interaction of two laser fields with a three-level molecular system. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 13(6), 425–434. doi: [10.1109/jqe.1977.1069354](https://doi.org/10.1109/jqe.1977.1069354)
17. Patel, R. B., Bennett, A. J., Farrer, I., Nicoll, C. A., Ritchie, D. A., & Shields, A. J. (2010). Two-photon interference of the emission from electrically tunable remote quantum dots. *Nature Photonics*, 4(9), 632–635. doi: [10.1038/nphoton.2010.161](https://doi.org/10.1038/nphoton.2010.161)
18. Polley, E. H., Apple, D. J., & Bizzell, J. W. (1975). The laser as a research tool in visual system investigation. *American Psychologist*, 30(3), 340–348. doi: [10.1037/0003-066x.30.3.340](https://doi.org/10.1037/0003-066x.30.3.340)
19. Ruschhaupt, A., Chen, X., Alonso, D., & Muga, J. G. (2012). Optimally robust shortcuts to population inversion in two-level quantum systems. *New Journal of Physics*, 14(9), 093040. doi: [10.1088/1367-2630/14/9/093040](https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/9/093040)

20. Yeo, I., de Assis, P.-L., Gloppe, A., Dupont-Ferrier, E., Verlot, P., Malik, N. S., ... Richard, M. (2013). Strain-mediated coupling in a quantum dot-mechanical oscillator hybrid system. *Nature Nanotechnology*, 9(2), 106–110. doi: [10.1038/nnano.2013.274](https://doi.org/10.1038/nnano.2013.274)

# The Use of Moringa Leaves Extract as a Plant Growth Hormone on Cowpea (*Vigna Anguiculata*)

Hasan Muhammad Maishanu <sup>1</sup>, Muhammad Murtala Mainasara <sup>2</sup>, Sanusi Yahaya <sup>1</sup>, Audu Yunusa <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Usmanu Danfodiyo University*

P. M. B. 2346, Sokoto, Nigeria

<sup>2</sup> *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*

101 Beg Berkunci, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, Malaysia

<sup>3</sup> *Ibrahim Badamasi Babangida University Lapai*

KM3, Minna Road, Lapai, Nigeria

DOI: [10.22178/pos.29-4](https://doi.org/10.22178/pos.29-4)

LCC Subject Category:  
S1-(972)

Received 28.11.2017

Accepted 15.12.2017

Published online 31.12.2017

Corresponding Author:

Muhammad Murtala Mainasara

[mmgusau96@gmail.com](mailto:mmgusau96@gmail.com)

© 2017 The Authors. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Abstract.** The use of *Moringa oleifera* leaves extract as plant growth hormone on cowpea plant (*Vigna unguiculata*) has been studied at the biological garden of Usmanu Danfodiyo university, Sokoto. An extract was made by grinding young moringa leaves and diluted with water at the ratio of 1:30 25 mls, three blocks were made labelled M, F and D, with three replications each, the extract prepared was applied on block 'M' only, while a small pinch of synthetic fertilizer (Urea) was applied in block 'F' and a control treatment was set up using distilled water, which applied to each plant in hill D. results indicates that in the 3<sup>rd</sup> week of observation the cowpea plants treated with moringa extract have the highest mean of stems, number of leaves and branches, length of leaves and branches, and thickness of stem. Then followed by those treated fertilizer mean and finally those treated with distilled water this result shows that moringa leaves extract has an improving effects on the growth of cowpea. Moringa leaf extract (MLE) is rich with numerous growth hormones, particularly zeatin that has been reported to increase the crops yield in the range of 10-45 %. Moringa leaf juice also contains micronutrients in sufficient quantities and suitable proportions that increase the growth, yield components and yield of a variety of crops.

**Keywords:** Moringa oleifera; cowpea; extract; Vigna unguiculata.

## INTRODUCTION

Cowpea is an important grain legume found mainly in the savannah regions of sub-Saharan Africa, where it is grown in intercropping system with cereals such as millets and sorghum. This indigenous crop to sub-Saharan Africa thrives relatively better than other crops in the drought-prone areas of the region. The average grain yield of cowpea in the region is estimated to be about 470 kg/ha [9] and the potential yield are up to 2.3 t/ha. Nigeria and Niger Republic are the two highest cowpea producers worldwide at 3.04 million and 0.69 million tons with average yield of 0.69 and 0.17 t/ha, respectively. Cowpea is grown primarily for human consumption of the grains, which are rich in protein, carbohydrates and contain some minerals as well. In many homes in sub-Saharan Africa, cowpea, be-

ing a legume, is a major source of dietary protein [4]. Cowpea is cultivated for its immature pods and mature seeds and is consumed extensively in Africa and, to a lesser extent, in Asia [15].

Plant hormones can be used to increase yield per unit area because they influence every phase of plant growth and development. Traditionally, there are five groups of growth regulators which are listed: auxins, gibberellins, abscisic acid, ethylene and cytokinins [7]. Cytokinins enhance food production. Zeatin is one form of the most common forms of naturally occurring cytokinin in plants. Fresh *Moringa oleifera* leaves have been shown to have high zeatin content. Moringa leaves gathered from various parts of the world were found to have high zeatin concentrations of between 5 mcg and 200 mcg/g of leaves [7, 6, 12, 3].

The dependency on the use of inorganic fertilizers as a source of plant nutrients by farmers and their high cost is further associated with land and soil degradation and environmental pollution. Thus, there is continuous need to search for alternative safe natural sources of plant nutrients [12]. *Moringa oleifera* is one of such alternative, being investigated to ascertain its effect on growth and yield of crops and thus can be promoted among farmers as a possible supplement or substitute to inorganic fertilizers. Moreover, several re-researches have indicated that *M. oleifera* Lam (family: Moringaceae) is a highly valued plant with multipurpose effects. *Moringa oleifera* as a novel natural biostimulant for plant growth, could play a role in improving drought tolerance in plants under saline condition [1, 11]. The tree ranges in height from 5 to 10 m. It is found wild and cultivated in many countries of the tropics and subtropics [12, 3].

## MATERIALS AND SAMPLE USED

Young leaves / branches of moringa were harvested from young full grown trees located at a small village named Tudun Wada close to the main campus of Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, distilled water was collected from the energy research center, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, the cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) were bought from the Sokoto Agricultural Rural Development Agency (SARDA), and the fertilizer (Urea) used was bought from the Sokoto state central market.

## Preparation of Moring Leaf Extract (MLE)

For preparation of MLE, leaf extraction was performed according to Price (2007) as cited in (Yasmeen, 2011), by grinding young shoots (leaves and tender branches) of not more than 40 days old with a pinch of water (1 L/10 kg fresh material) in a locally fabricated extraction machine. After sieving through of the extract were prepared with distilled water then used in experiments for priming as well as foliar spray [17]. The extraction use to be carried out a day to its application and kept in the refrigerator to avoid from being contaminated by some harmful microorganism and other unfavourable environmental conditions.

## Construction of the nursery beds and sowing of the cowpea seeds (*Vigna unguiculata*)

A portion of biological science garden with sufficient supply of sunlight was cleared using hoe, cutlass, shovel, rake etc and three block nursery beds were constructed. Three hills (ridges) of one feet interval were constructed in each of the above constructed block nursery beds. Three cowpea seeds are sown per hole in the constructed hills spacing to 25 cm that is the space between one hole and another is 25 cm. The germination was monitored for one week after the date of sowing. When all the seeds germinated they were thinned to one.

## Labeling of the constructed hills (ridges) and application of treatments

The constructed hills were labeled appropriately that is those to be treated with moringa extract as "M", synthetics fertilizer as "F" and distilled water as "D". Five seedling in each hill (ridges) were measured after three days. The above prepared treatments were appropriately applied that is 25 mls of moringa extract to each seedling of the hills labeled M, small pinch of fertilizer (Urea) to those labeled F and distilled water those labeled D.

## Measurement and observation

The plants were watered every day with tap water in the biological sciences garden and the measurement of the following growth parameters were taken every week on five plants of each hill. The lengths of stems, leaves, branches (cm) number of leaves and branches as well as thickness of stems. The dry and fresh weights of the plants were measured and recorded using weighting balance in the mycology lab.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### Treatments

Three types of treatments were practiced.

1. Treatment with moringa leaves extract
2. Treatment with fertilizer (urea)
3. Treatment with distilled water (control)

After the collection of sample, germination studies were carried out in September, 2012 in the biological sciences garden of Usmanu Dan-

fodiyo University, Sokoto. The results of the treatments observed from three weeks and the parameters recorded were statistically analyzed and presented as shown in Figures 1 to 6.

In Figure 1 shown above, first week cowpea treated with fertilizer have the highest means length of stem of 12.7 cm, followed by those treated with moringa leaves extract with 11.2 cm, and finally, those treated with distilled water with 8.71 cm.

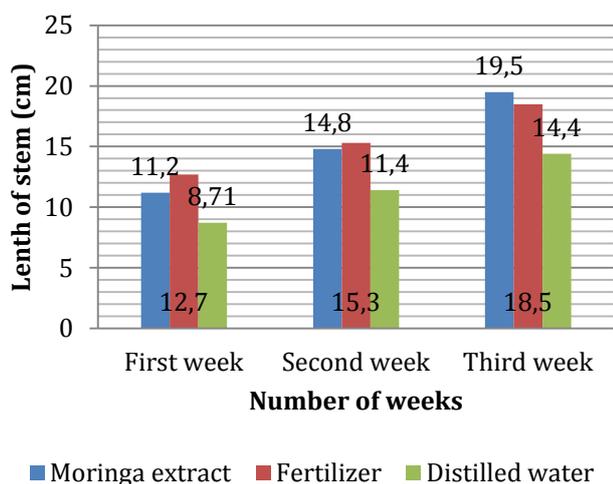


Figure 1 – Number of stem

In the second week cowpea treated with fertilizer also have the highest mean length of stems; of 15.3 followed by those treated with moringa leaves extract with 14.8 cm and finally, by those treated with distilled water has 14.4 cm.

In Figure 2, first week cowpea plants treated with fertilizer have the highest mean number of leaves; 8.9 followed by those treated with moringa leaves extract with 8.3 and finally, by those treated distilled having water with 3.87.

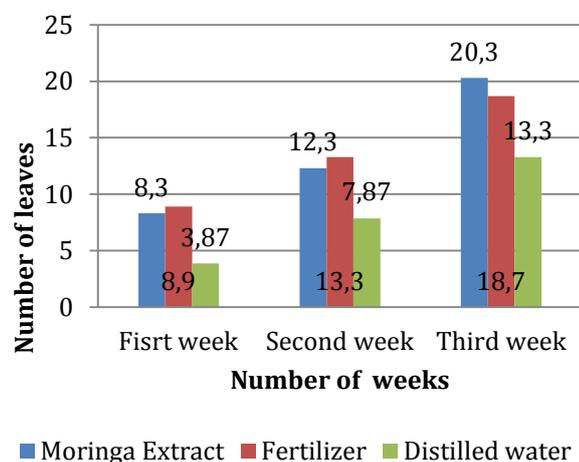


Figure 2 – Number of leaves

In the second week, those treated with fertilizer also have the highest mean number of leaves; 13.3, followed by those treated with moringa leaves extract having 12.3 and finally, by those treated with distilled water with 7.87. In the third week, those treated with moringa leaves extract have the highest mean number of leaves with 20.3; followed by those treated with fertilizer with 18.7 and finally, those treated with distilled water have 13.3.

In Figure 3 shown above, first week the cowpea plants treated with fertilizer have the highest mean length of leaves of 6.1 cm, followed by those treated with moringa extract with 5.2 cm and finally, by those treated distilled water have 3.8 cm.

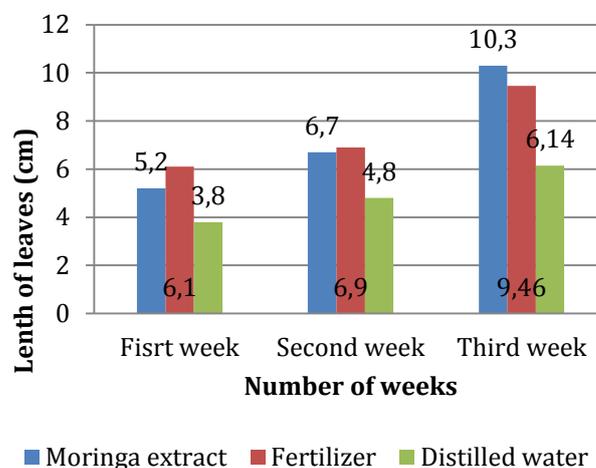


Figure 3 – Length of leaves

In the second week, those treated with fertilizer also have the highest mean length of leaves with 6.9 cm, followed by those with moringa leaves with 6.7 cm and finally by those with distilled water have 4.8 cm.

In the third week, those treated with moringa leaves have highest mean length of leaves with 10.3 cm, followed by those treated with fertilizer with 9.46 cm and finally those treated with distilled having 6.14 cm.

The Figure 4 shows, first week the cowpea treated with fertilizer have the highest mean number of branches with 2.86, followed by those treated with moringa leaves extract with 2.13 and no branch was observed in those treated with distilled water.

In the second week, those with fertilizer also have the highest mean leaves of branches with

3.91, followed by those treated with moringa leaf extract with 3.81 and finally by those treated with distilled water have 2.13.

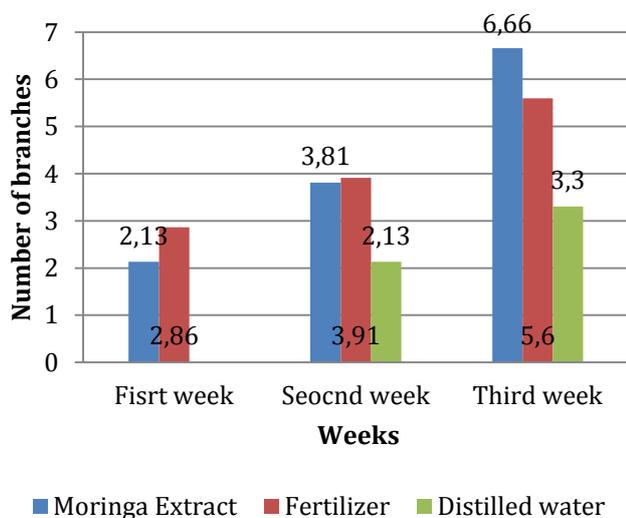


Figure 4 – Number of branches

In the third week, those with moringa leaves extract have the highest mean number of branches with 6.66 , followed by those treated with fertilizer; 5.61 and finally by those treated with distilled water having 3.50.

The Figure 5 shows, first week the cowpea treated with fertilizer have the highest mean length of branches with 6.19 cm followed by those treated with moringa leaves extract having 4.95, and no branches in those treated with distilled water.

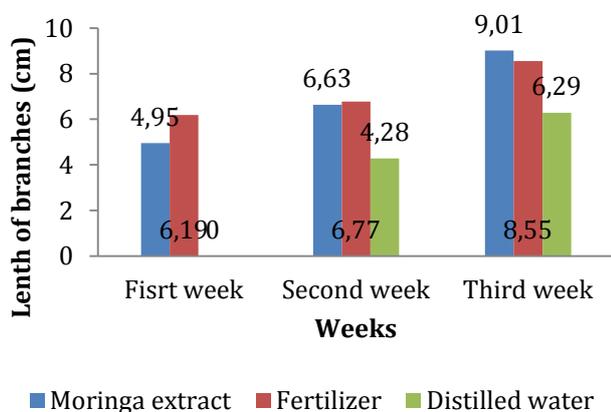


Figure 5 – Lenth of the branches

In the second week, those treated with fertilizer also have the highest mean length of branches with 6.77, followed by those treated

with moringa leaves extract with 6.63 and finally, by those treated with distilled water having 4.28. In the third week, those treated with moringa leaves extract have the highest mean length of branches with 9.01 cm, followed by those treated with fertilizer with 8.55 cm and finally by those treated with distilled water having 6.29 cm.

The Figure 6 shown above, first week the cowpea treated with fertilizer have the highest mean thickness of stems with 1.01, followed by those treated with moringa leaves extract with 1.0, and finally, by those treated with distilled water having 0.89.

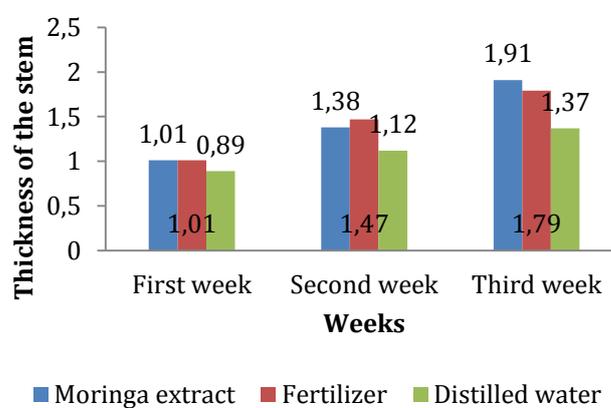


Figure 6 – Thickness of the stem

In the second week, those treated with fertilizer have the highest mean thickness of stems with 1.47, followed by those treated with moringa leaves extract 1.38, and finally by those treated with distilled water having 1.12. In the third week, those treated with moringa leaf extract are having the highest mean thickness of stems 1.91, followed by those treated with fertilizer with 1.79 and finally by those treated with distilled water having the lowest mean thickness of stems with 1.37.

Plant growth hormones are chemicals that effect flowering aging, root growth, distortion and killing of leaves, stems and other parts preventing of leafing or leaf ,fall and many other conditions [7, 16]. Hormones are produced naturally by plants, while plant growth regulators are applied to plant by human. Applied concentration of these substances usually measures in part per-million (ppm) and in some cases in part per billion (ppb). These growth regulating substances are applied as a

liquid, drench to soil around a plant base. They may need to be re-applied in order to achieve the desired effect [7].

Plant extracts of some trees and crop residues have been reported to influence crop growth and yield. Leaf extract of *M. oleifera* is one such example. It has been reported that foliar application of *M. oleifera* leaf extract accelerated growth of tomato, peanut, corn and wheat at early vegetative growth stage, improve resistance to pests and diseases and enhanced more and larger fruits and generally increase yield by 20 to 35 % [5]. In this study, the application of moringa leaf extract has also effectively improved seed germination and seedling vigour as compared to untreated control. L. Fuglie [10] reported yield enhancement by 25–30 % in onions, bell pepper, soya, maize, sorghum, coffee, tea, chili, melon by moringa leaf extract application. He suggested that this growth and yield enhancement was due to presence of zeatin, a cytokinin in moringa leaves.

In another study with *Abelmoschus esculentus* reported that Application of moringa leaf extract reduced soil bulk density and increased soil organic matter (OM), N, P, K, Ca, Mg, growth and

yield of okra compared with the control [2]. Similarly in another research by [13] on Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* L. × *Citrus deliciosa* T.) Reported that leaf nitrogen (N), phosphorous (P), K, calcium (Ca), manganese (Mn) and Zn were significantly increased with all treatments. C. Phiri [14] also reports that *M. oleifera* leaf extracts enhanced germination of sorghum by 29 %, increased length of hypocotyls of wheat by 14.9 %.

## CONCLUSION

Natural plant growth biostimulants are intensively used nowadays for plant growing in normal and adverse conditions. *M. oleifera* is one of the novel natural biostimulant for plant growth, that play an important role in improving yields nutritional quality and tolerance in plants under adverse condition. MLE increases growth and yields of cowpea. From the results of the field experiments, it may be concluded the higher the frequency of moringa application, the greater the increase in plant height, dry matter and yield of the crop.

## REFERENCES

1. Abd El-Mageed, T. A., Semida, W. M., & Rady, M. M. (2017). Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 193, 46–54. doi: [10.1016/j.agwat.2017.08.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.004)
2. Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O., & Ugbe, J. O. (2017). Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. doi: [10.1016/j.jssas.2017.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.005)
3. Basra, S., Iftikhar, M., & Afzal, I. (2011). Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as priming agent for hybrid maize seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(6), 1006–1010.
4. Boukar, O., Massawe, F., Muranaka, S., Franco, J., Maziya-Dixon, B., Singh, B., & Fatokun, C. (2011). Evaluation of cowpea germplasm lines for protein and mineral concentrations in grains. *Plant Genetic Resources*, 9(04), 515–522. doi: [10.1017/s1479262111000815](https://doi.org/10.1017/s1479262111000815)
5. Culver, M., Fanuel, T., & Chiteka, A. (2012). Effect of Moringa extract on growth and yield of tomato. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 2(5), 207–211.
6. Davies, P. (2015). *Plant hormones and their role in plant growth and development*. N. d.: Milton Keynes.
7. Davies, P. (Ed.). (2010). *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* N. d.: Springer.
8. Davies, P. J. (1987). The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. Plant Hormones and Their Role. In *Plant Growth and Development* (pp. 1–11). doi: [10.1007/978-94-009-3585-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3585-3_1)

9. Ericksen, P., Ingram, J., & Liverman, D. (2010). *Food security and global environmental change*. London: Earthscan.
10. Fuglie, L. (1999). *The miracle tree: Moringa oleifera, natural nutrition for the tropics*. New York: Church World Service.
11. Howladar, S. M. (2014). A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 69–75. doi: [10.1016/j.ecoenv.2013.11.022](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.022)
12. Mona, M. A. (2013). The potential of Moringa oleifera extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) plants. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5(3), 42–49. doi: [10.5897/ijppb2012.026](https://doi.org/10.5897/ijppb2012.026)
13. Nasir, M., Khan, A. S., Basra, S. M. A., & Malik, A. U. (2016). Foliar application of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of “Kinnow” mandarin. *Scientia Horticulturae*, 210, 227–235. doi: [10.1016/j.scienta.2016.07.032](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.032)
14. Phiri, C. (2010). Influence of Moringa oleifera leaf extracts on germination and early seedling development of major cereals. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 774–777. doi: [10.5251/abjna.2010.1.5.774.777](https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.774.777)
15. Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., Pratape, V. M., & Singh, V. (2012). Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry*, 131(2), 462–468. doi: [10.1016/j.foodchem.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.008)
16. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland: Sinauer.
17. Yasmeen, A. (2011). Exploring the potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as natural plant growth enhancer (Doctoral dissertation; University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan). Retrieved from <http://docplayer.net/21758964-Exploring-the-potential-of-moringa-moringa-oleifera-leaf-extract-as-natural-plant-growth-enhancer.html>

# Особливості маркетингової діяльності в Інтернет

## Features of Marketing Activities on the Internet

Оксана Бабієва<sup>1</sup>

Oksana Babiieva

<sup>1</sup> *Kharkiv Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics*  
8 Otakara Yarosha street, Kharkiv, 61103, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.29-5

JEL Classification: M31

Received 15.11.2017

Accepted 15.12.2017

Published online

20.12.2017

Corresponding Author:

adel4ja@gmail.com

© 2017 The Author.

This article is licensed

under a [Creative](#)

[Commons Attribution](#)

4.0 License 

**Анотація.** Стаття присвячена аналізу трендів розвитку Інтернет-маркетингу. Визначаються відмінності Інтернет-маркетингу від традиційного маркетингу в умовах сучасної економіки та активного розповсюдження мережі Інтернет. Відображаються проблеми зміни торговельної інфраструктури, появи нових каналів розповсюдження товарів і послуг, зміни характеру маркетингових комунікацій, переваги інтерактивного маркетингу.

**Ключові слова:** Інтернет-маркетинг; електронна комерція; Інтернет-користувачі; маркетингова діяльність; інтерактивний маркетинг.

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the trends of Internet marketing development. The differences between Internet marketing and traditional marketing in the conditions of modern economy and active spreading of the Internet are determined. The problems of changing the trading infrastructure, the emergence of new channels for the distribution of goods and services, the changing nature of marketing communications, the benefits of interactive marketing are displayed.

**Keywords:** Internet marketing; e-commerce; Internet users; marketing activity; interactive marketing.

### ВСТУП

Розвиток інформаційних і телекомунікаційних технологій дав змогу сформувати середовище для економічної діяльності у віртуальному просторі, а розвиток інфраструктури глобальної мережі Інтернет, її комерціалізація призвели до зміни способів ведення бізнесу, появи електронного ринку, заснованого на принципах мережевої або Інтернет-економіки. Стрімкий розвиток Інтернет-економіки зумовлює збільшення попиту на нові проекти в Інтернет-середовищі, які б забезпечили значні прибутки за прийнятних обсягів витрат. Цьому сприяє позитивна динаміка зростання кількості користувачів Інтернету та перехід ділової активності у сферу онлайн.

Дослідженням маркетингу в Інтернеті приділяється значна увага як зарубіжними, так і вітчизняними науковцями. Серед провідних теоретиків слід виокремити Ф. Котлера і

Л. Вебера, основна увага яких зосереджена на розгляді сутнісних ознак маркетингу в мережі з погляду електронної комерції та можливостей забезпечення якісного менеджменту в цій сфері діяльності [6]. Тоді як колектив авторів – Т. Кеглер, П. Даулінг, Б. Тейлор, Д. Тес-терман – більшу увагу приділяють рекламі в Інтернет як важливому маркетинговому інструменту впливу на цільову аудиторію [3].

Фахівець Е.А. Петрик визначає Інтернет-маркетинг як теорію і методологію організації маркетингової діяльності в середовищі Інтернет [8].

За думкою Л.А. Данченко Інтернет-маркетинг один з нових та важливих напрямків прямого маркетингу – системи збуту товарів за допомогою різних засобів реклами, яка передбачає орієнтацію на конкретного споживача, спрямована зазвичай на отримання від нього негайної прямої реакції [1].

Питання застосування Інтернет-маркетингу на практиці і найбільш повне його визначення відображено в працях В. Холмогорова. Інтернет-маркетинг, на його думку, являє собою комплекс спеціальних методів, що дозволяють власникам корпоративних веб-ресурсів просувати свій сайт в Інтернеті і, розкручуючи, таким чином, торгову марку свого підприємства, отримувати, застосовуючи мережеві технології, додатковий прибуток, та включає в себе цілий комплекс дочірніх дисциплін: не тільки банерну рекламу і public relations, а й методики проведення маркетингових досліджень в Інтернеті, зокрема вивчення попиту та споживчої аудиторії, методи і засоби проведення ефективних рекламних кампаній, засоби правильного позиціонування торгової марки на ринку і багато інше [10].

Сьогодні у сфері бізнесу зростає інтерес до Інтернет-маркетингу, який виходить за рамки традиційного маркетингу, до його практичного використання підприємствами. Інтернет-маркетинг в сучасних умовах виступає не тільки як доповнення традиційного маркетингу, а стає засобом розвитку сучасного бізнесу. Інтернет-маркетинг відкриває нові можливості для взаємовигідної співпраці усіх зацікавлених сторін та отримання додаткових вигід.

*Метою статті є визначення сутності Інтернет-маркетингу, його відмінностей та переваг у порівнянні з традиційним маркетингом.*

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Головним напрямом формування практичних засад Інтернет-маркетингу є застосування системного мислення до розгляду актуальних тенденцій розвитку Інтернет-технологій.

Інтернет потенційно здатний вплинути на будь-яку індустрію в економіці, головним чином за рахунок п'яти основних важелів:

- 1) доступ і охоплення ширшої клієнтської аудиторії, а також ефективну взаємодію зі споживачами, що не вимагає безпосередньої фізичної присутності;
- 2) підвищення прозорості та обмеження можливостей використання інформаційної переваги в своїх інтересах посередниками і брокерами;

3) поява нових бізнес-моделей, заснованих на найбільш ефективній взаємодії з постачальниками, споживачами і партнерами;

4) підвищення ефективності та продуктивності за рахунок автоматизації ряду бізнес процесів і оперативного обміну інформацією з контрагентами;

5) оптимізація продажів стоків (long tail) за рахунок доступу до цільової аудиторії при низьких витратах.

Сучасне підприємство керує складною системою корпоративних комунікацій: воно підтримує зв'язки з посередниками, споживачами та різними контактними аудиторіями. В умовах постійного зростання конкуренції у всіх сферах бізнесу кожен підприємець стикається з необхідністю впровадження нових способів організації своєї комунікаційної діяльності, яка допомагає адаптуватися до нових умов господарювання та підібрати інноваційні форми та моделі управління цим процесом.

Глобалізація економіки призвела не тільки до поширення мережі Інтернет в різних сферах діяльності підприємств та появи сучасних програмних систем комунікації, а й до того, що Інтернет став необхідною частиною успішного ведення бізнесу. Останнім часом можна простежити тенденцію, коли штат комерційних підприємств все частіше поповнюється фахівцями, найнятими винятково для вирішення різних маркетингових завдань із застосуванням електронних технологій. Для більш повного розуміння сутності Інтернет-маркетингу визначимо основні його відмінності від традиційного маркетингу.

Торговельна інфраструктура в традиційному маркетингу становила собою велику кількість посередників, товарних запасів, спеціфічні ринки збуту і пов'язані з цим проблеми постачальника. В електронній комерції відстані втратили значення, а торгова інфраструктура (оптові та роздрібні ланки) випала з торгової мережі [1]. Відмінною особливістю просування компанії в Інтернеті виступає повне вивільнення збуту продукції щодо географічних рамок.

Інтернет-маркетинг дозволяє заявити про компанію на весь світ Це один із сучасних видів реклами, який не тільки пропонує товари і послуги в односторонньому порядку, але і забезпечує можливість вести діалог з потенційними клієнтами в режимі реального часу

при мінімальних витратах на комунікаційний процес [2]. Інтернет-маркетинг примножує доходи і прискорює товарообіг незалежно від постійних фінансових «вливань».

Товарні потоки в каналах збуту поступилися місцем інформаційним потокам, а торгівля товарами перетворилася в інформаційну підтримку прямих поставок товарів. Інтернет створив нові канали розповсюдження товарів і послуг, такі як веб-сайт, інтернет-магазин і споживчі сервіси. Підсумком стало залучення більшої кількості учасників в процес збуту товару з одночасним стиранням кордонів між рекламною діяльністю, споживчою поведінкою і роздрібною торгівлею. Це дозволило Інтернет-посередникам забезпечити пропозицію з максимальним асортиментом і мінімальними витратами. За умови достатньої логістичної підтримки учасникам каналів збуту в Інтернет-маркетингу не потрібна класична торгова інфраструктура: склади, торговельні площі, торговий персонал. Виробник сам або за допомогою логістичних посередників може забезпечити пропозицію товару (наявність товару, умови поставок і прийом оплати).

Розвиток комерції мережі Інтернет кардинально змінив характер маркетингових комунікацій. З інструменту інформаційного впливу на аудиторію потенційних споживачів комунікації перетворилися на інструмент діалогу з покупцями і контрагентами, а також інструмент прийняття колективних рішень в Інтернет-маркетингу. Завдяки Інтернету вони отримали інтерактивний характер. Продавці отримали можливість оперувати маркетинговою інформацією не тільки про кожен товар, але і про кожного покупця, про кожну покупку цього покупця.

Рекламний ринок характеризується динамічним зростанням електронної комерції. З ростом глобалізації, застосування Інтернету дає можливість для бізнесу значно посилити свою присутність не тільки в місці виробництва продукції, а й в усьому світі. Ринок реклами був сегментований на основі способу його взаємодії, яке включає в себе веб-сайти, комерційні онлайн-послуги, провайдери електронної пошти, а також інші компанії з продажу інтернет-реклами. Крім того, інтернет реклама сегментована на основі типу продуктів або послуг, а також на основі географічної локалізації. Рентабельність інвестицій

зросла, а витрати вдалося знизити. Цей тип маркетингу став основою сучасного капіталізму, який дозволяє будь-кому, у кого є ідея, товар або послуга досягти максимально широкої аудиторії у тому числі і завдяки змінам у способі доставки повідомлень.

У традиційних ЗМІ використовується push-модель, в якій покупці грають пасивну роль, а постачальниками інформації є компанії. Інтернет же відносять до pull-моделі, в якій споживач отримує інформацію у відповідь на свій запит. Активна роль покупців дозволяє їм контролювати процес пошуку інформації. Це створює між фірмами-конкурентами жорстке суперництво за увагу споживача [2].

З одного боку, Інтернет дозволяє швидко отримувати нових клієнтів, з іншого боку, він дав можливість споживачеві швидше і з меншими витратами перейти до будь-кого з конкурентів. Тому увага покупців стає значною цінністю, а установлені взаємини з клієнтами важливим капіталом компаній. При створенні сайту підприємства необхідно використовувати сучасні методи досягнення уваги споживача. Серед них: нейромаркетинг, SMART вебсайт-концепт, діджитал-сторітеллінг, візуальний контент, маркетингова автоматизація (*marketing automation*) [9].

Традиційно масовий та прямий маркетинг спрямовані на передачу повідомлень якомога найбільшій кількості клієнтів, але інтерактивний маркетинг спрямований на те, щоб дозволити клієнтам переглядати, досліджувати, порівнювати та обирати інформацію, що до них надходить [8]. На відміну від традиційного підходу, в якому компанія «підштовхує» свою продукцію споживачу, інтерактивний маркетинг припускає безпосередню участь споживача в рекламній кампанії за допомогою широких можливостей Інтернет-ресурсів: конкурсів, соціальних мереж і пов'язаних з ними інших сервісів [7].

Важливим фактором розвитку електронної торгівлі в світі є високий темп зростання мобільного Інтернету. Збільшення кількості смартфонів серед користувачів мережі, переносить значну частку потенційних покупців в мобільну сферу продажів.

Мобільна версія сайту стає невід'ємною частиною для ведення бізнесу. Адаптація для мобільних пристроїв головної версії електронного ресурсу стає важливим завданням

програми інтернет-маркетингу [12]. Мобільний трафік стрімко розвивається і зростає цілим світом, він надає переваги у швидкості реакції споживачів. Володіючи такими перевагами, як оперативність, зручність і простота, мобільний трафік стає необхідним інструментом у маркетингових комунікаціях [13].

Застосування Інтернету в сучасному бізнесі призвело до появи інтерактивного та digital маркетингу. Інтерактивний маркетинг пропонує негайний доступ до основної інформації про продукти, коли споживач це потребує. Digital маркетинг виконує інтеграцію великої кількості різних технологій (соціальні, мобільні, веб, CRM-системи тощо) з продажами та клієнтським сервісом, забезпечує постійний якісний двосторонній зв'язок між рекламодавцем та споживачем продукту або послуги [4]. Щоб бути успішними та конкурентоспроможними підприємства торгівлі повинні застосовувати методи *digital* маркетингу, які дають можливість зробити дії підприємства більш ефективними, а також зосередити увагу на ефективності комунікаційного процесу зі споживачами. Для отримання максимального ефекту від комунікацій зі споживачами потрібно, перш за все, мати інформацію про їх потреби, уподобання за допомогою нейромаркетингу [11]. Крім того, застосування Інтернету в маркетингу створює багато можливостей для багатьох Інтернет-майданчиків; де споживачі можуть взаємодіяти один з одним, використовуючи електронну пошту, чат, електронні дошки оголошень. Інтерактивний маркетинг надає індивідуальну інформацію, засновану на інтересах користувачів та рівні розуміння, а також підтримує практично необмежений обмін інформацією. Коротше кажучи, клієнти стають активними учасниками інтерактивного ринку, контролюючи кількість та тип інформації, яку вони отримують одним натисненням миші. Але інтерактивно-

сті недостатньо, щоб підтримувати її насичений цінністю контент. Контент-орієнтований маркетинг вимагає від компанії оволодіння широким спектром знань, технологією, в якій він конкурує, новими джерелами технологій, які можуть змінити конкурентне середовище.

## ВИСНОВКИ

Розповсюдження мережі Інтернет є передумовою розвитку Інтернет-маркетингу. Застосування можливостей Інтернет надає підприємствам ряд переваг, які допомагають підвищити конкурентоспроможність та покращити економічні показники у порівнянні з традиційним маркетингом.

Завдяки поширенню Інтернету змістилися акценти в комунікаціях з масових до персоналізованих, сталась зміна торговельної інфраструктури та зміна характеру комунікацій (діалог в режимі реального часу). Товарні потоки в каналах збуту поступилися місцем інформаційним потокам, а торгівля товарами перетворилася в інформаційну підтримку прямих поставок товарів.

Мережі Інтернет притаманні якості, які суттєво відрізняються від стандартних інструментів маркетингу. Визначальною характеристикою мережі Інтернет є її гіпермедійність, завдяки чому підвищується ефективність надання та засвоєння інформації, а це значно збільшує можливості маркетингу щодо посилення комунікацій підприємства з контрагентами.

Глобальна мережа відкрила перед покупцями найширші можливості вибору, надала постачальникам додаткові шанси на реалізацію своєї продукції, а, отже, створила нові сегменти маркетингової конкуренції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Danchenok, L. (Ed.). (2013). *Marketing v social'nyh media. Internet-marketingovye kommunikacii* [Marketing in social media. Internet marketing communications]. Saint-Petersburg: Piter (in Russian)  
[Данченко, Л. (Ред.). (2013). *Маркетинг в соціальних медіа. Інтернет-маркетингові комунікації*. Санкт-Петербург: Пітер].
2. Holmogorov, V. (2002). *Internet-marketing. Kratkij kurs* [Internet-marketing. Short course] (2nd ed.). Saint-Petersburg: Piter (in Russian)

- [Холмогоров, В. (2002). *Интернет-маркетинг. Краткий курс* (2-е изд.). Санкт-Петербург: Питер].
3. Kegler, T., Dauling, P., Tejlor, B., & Testerman, D. (2003). *Reklama i marketing v Internete* [Advertising and marketing on the Internet]. Moscow: Al'pina Pablisher (in Russian)  
[Кеглер, Т., Даулинг, П., Тейлор, Б., & Тестерман, Д. (2003). *Реклама и маркетинг в Интернете*. Москва: Альпина Паблшер].
  4. Kononov, A. (2016). *Kanaly Digital-marketinga i ih jeffektivnost'* [Digital Marketing channels and their effectiveness]. Retrieved from: <http://conf.htei.org.ua/wp-content/uploads/2016/11/kononov.pdf> (in Russian)  
[Кононов, А. (2016). *Каналы Digital-маркетинга и их эффективность*. URL: <http://conf.htei.org.ua/wp-content/uploads/2016/11/kononov.pdf>].
  5. Korzhenko, K. (2016). *Osoblyvosti rozvytku digital-tekhnologii yak perspektyvnoho instrumentu Internet-marketynhu* [Features of the development of digital technologies as a promising Internet marketing tool]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, 54, 87–88 (in Ukrainian)  
[Корженко, К. (2016). Особливості розвитку digital-технологій як перспективного інструменту Інтернет-маркетингу. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, 54, 87–88].
  6. Kotler, Ph., Dubois, B., & Manceau, D. (2004). *Marketing Management* (11th ed.). Paris: Pearson Education.
  7. Lytovchenko, I. (2009). *Udoskonalennia klasyfikatsii zasobiv marketynhovoї komunikatyvnoi diialnosti* [Improving the classification of marketing communication tools]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*, 649, 97–103 (in Ukrainian)  
[Литовченко, І. (2009). Удосконалення класифікації засобів маркетингової комунікативної діяльності. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 649, 97–103].
  8. Petrik, E. (2004). *Internet-marketing* [Internet-marketing]. Moscow: MFPA (in Russian)  
[Петрик, Е. (2004). *Интернет-маркетинг*. Москва: МФПА].
  9. Popova, N. (2016). *Didzhytal-komunikatsii yak instrument marketynhovoї pidtrymky rozvytku pidpriemstv* [Digital communication as a tool for marketing support enterprise development]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia «Ekonomika»*, 2(48), 216–222 (in Ukrainian)  
[Попова, Н. (2016). Діджитал-комунікації як інструмент маркетингової підтримки розвитку підприємств. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*, 2(48), 216–222].
  10. Popova, N. (2016). *Osnovy reklamy* [The basics of advertising]. Kharkiv: V spravi (in Ukrainian)  
[Попова, Н. (2016). *Основи реклами*. Харків: В справі].
  11. Popova, N., & Kataev, A. (2017). *Didzhytal marketynh yak tryher rozvytku pidpriemstv torhivli* [Digital marketing as a trigger of commercial]. In O. Cherevko (Ed.), *Marketynhovi innovatsii v osviti, turyzmi, hotelno-restorannii, kharchovii industrii ta torhivli* (pp. 80–81). Kharkiv: KhDUKht (in Ukrainian)  
[Попова, Н., & Катаєв, А. (2017). Діджитал маркетинг як тригер розвитку підприємств торгівлі. В О. Черевко (Ред.), *Маркетингові інновації в освіті, туризмі, готельно-ресторанній, харчовій індустрії та торгівлі* (с. 80–81). Харків: ХДУХТ].
  12. Radko, A. (2015). *Analiz mizhnarodnoho dosvidu provedennia marketynhovoї diialnosti u sferi informatsiinykh tekhnologii* [Analysis of international experience in marketing information technology activities]. *Problemy ratsionalnoho vykorystannia sotsialno-ekonomichnoho ta pryrodno-resursnoho potentsialu rehionu: finansova polityka ta investytsii*, 2, 79–85 (in Ukrainian)  
[Радько, А. (2015). Аналіз міжнародного досвіду проведення маркетингової діяльності у сфері інформаційних технологій. *Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції*, 2, 79–85].

13. Romat, E., & Popova, N. (Ed.). (2013). *Tendencii i perspektivy razvitija marketinga v sovremennyh uslovijah* [Trends and prospects of marketing development in modern conditions]. Kharkov: HNADU (in Russian)  
[Ромат, Е., & Попова, Н. (Ред.). (2013). *Тенденции и перспективы развития маркетинга в современных условиях*. Харьков: ХНАДУ].

# Удосконалення моделі процесу менеджменту підприємства на засадах загальних функцій менеджменту

## Improvement of the Model of Enterprise Management Process on the Basis of General Management Functions

Руслан Скриньковський<sup>1</sup>, Гжегож Павловські<sup>2</sup>, Людмила Гарасим<sup>3</sup>, Микола Галелюк<sup>4</sup>  
 Ruslan Skrynkovsky, Grzegorz Pawlowski, Lyudmyla Harasym, Mykola Haleliuk

<sup>1</sup> *Lviv University of Business and Law*  
 99 Kulparkivska Street, Lviv, 79021, Ukraine

<sup>2</sup> *Zakład Handlowo-Uslugowy BHP*  
 17 Kostrzynska Street, Gorzyca, 69-113, Poland

<sup>3</sup> *National Forestry University of Ukraine*  
 03 General Chuprynka Street, 79057, Lviv, Ukraine

<sup>4</sup> *Multidisciplinary Medical and Surgical Center*  
 15 Reitarska Street, Kyiv, 01034, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.29-7

JEL Classification:  
 D83, L20, M00

Received 22.11.2017  
 Accepted 19.12.2017  
 Published online  
 21.12.2017

Corresponding Author:  
 Ruslan Skrynkovsky  
 uan\_lviv@ukr.net

© 2017 The Authors.  
 This article is licensed  
 under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](#) 

**Анотація.** Метою статті є удосконалення моделі процесу менеджменту підприємства (установи, організації) на засадах загальних функцій менеджменту. Представлено графічну модель процесу менеджменту згідно із процесно-структурованим менеджментом. Встановлено, що в сучасних умовах ведення бізнесу модель процесу менеджменту повинна включати такі загальні функції менеджменту, як: 1) контролювання досягнення результатів; 2) планування, виходячи з головної мети; 3) координація і коректуючі дії (у системі організації праці та виробництва); 4) дія як форма діяння (усвідомлена, вольова, спрямована); 5) система обліку (бухгалтерський, статистичний, оперативно-технічний і управлінський); 6) діагностика (економічна, юридична) з такими підфункціями, як: ідентифікування стану і можливостей; аналіз (економічний, юридичний, системний) з аргументацією; оцінювання стану, тенденцій та перспектив розвитку. Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є: 1) формування системи взаємозв'язку функцій та методів менеджменту з урахуванням поданих результатів досліджень; 2) розробка моделі ефективного та результативного комунікаційного бізнес-процесу підприємства.

**Ключові слова:** підприємство; менеджмент; процесно-структурований менеджмент; модель процесу менеджменту; загальні функції менеджменту.

**Abstract.** The purpose of the article is to improve the model of the enterprise (institution, organization) management process on the basis of general management functions. The graphic model of the process of management according to the process-structured management is presented. It has been established that in today's business environment, the model of the management process should include such general management functions as: 1) controlling the achievement of results; 2) planning based on the main goal; 3) coordination and corrective actions (in the system of organization of work and production); 4) action as a form of act (conscious, volitional, directed); 5) accounting system (accounting, statistical, operational-technical and managerial); 6) diagnosis (economic, legal) with such subfunctions as: identification of the state and capabilities; analysis (economic, legal, systemic) with argumentation; assessment of the state, trends and prospects of development. The prospect of further research in this direction is: 1) the formation of a system of interrelation of functions and management methods, taking into account the presented research results; 2) development of the model of effective and efficient communication business process of the enterprise.

**Keywords:** enterprise; management; process-structured management; model of the management process; general management functions.

## ВСТУП

Сучасна теорія і практика ведення бізнесу доводять, що для забезпечення результативного розвитку будь-якого підприємства повинні виконуватись такі дві ключові (основні, базові) вимоги: 1) якісна система менеджменту; 2) висока конкурентоспроможність та інвестиційна привабливість підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що різноманітні аспекти менеджменту підприємства (установи, організації) ґрунтовно розкривають такі вітчизняні та зарубіжні науковці, як М. Армстронг [1], Р. Блейк [2], Д. Бодді [3], З. Борисова [4], Р. Дафт [5], О. Кузьмін [8, 11, 9, 10, 12], В. Лисак [13], М. Мескон [15], А. Миски-Оглу [16], В. Передерій [18], І. Пінтосевич [19], В. Шатун [20], Л. Янковська [31] та інші, приведених у науковій праці [17]. Поряд з тим, варто також зазначити, що концепція процесно-структурованого менеджменту представлена у працях [21, 26, 29], в основі яких лежать результати довголітніх досліджень О. Кузьміна [8, 10]. Водночас, визнаючи вагомий науково-практичний внесок перелічених вище авторів (науковців), зокрема О. Кузьміна, І. Пінтосевича та Л. Янковської [30], у дослідження за проблемою, слід зазначити, що недостатньо уваги приділено теоретичним та практичним питанням щодо формування загальних функцій менеджменту для комплексних ефективних систем менеджменту з урахуванням сучасної теорії та практики ведення бізнесу в умовах ризику. Все це обумовлює актуальність та доцільність дослідження у цьому напрямі.

Тому *метою статті* є удосконалення моделі процесу менеджменту підприємства (установи, організації) на засадах загальних функцій менеджменту (згідно із процесно-структурованим менеджментом).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати аналізу останніх досліджень і публікацій (див. вище), проведені дослідження за проблемою [17, 25, 27] та практичний досвід дозволяють стверджувати, що модель процесу менеджменту підприємства згідно із процесно-структурованим менеджментом (рис. 1), представленої у працях О. Кузьміна [8, 10, 12], повинна ґрунтуватись на сучасній теорії і практиці управлінської діяльності.

Відповідно до них:

1. *Менеджмент* – це бізнес-процес, що включає послідовні конкретні (завершені) етапи:

1 етап – реалізація конкретних функцій менеджменту (управління постачанням, виробництвом, збутом, фінансами, підрозділами тощо);

2 етап – формування, формалізація та використання методів менеджменту залежно від цілей;

3 етап – забезпечення ефективного та результативного управлінського впливу на засадах керівництва), кожен з яких має свою структуру (внутрішню будову) і набір функцій з підфункціями, які в сукупності забезпечують здійснення управлінського впливу керуючої системи (керівників підприємства, апарат управління) на систему керовану (підлеглих працівників основного і допоміжного виробництва) з метою досягнення цілей (стратегічних, тактичних, оперативних; функціонування, розвитку) підприємства (установи, організації) в системі «інформація – ресурсне забезпечення – час – можливості (загрози) у системі менеджменту», представленій у працях [17, 27].

2. *Система менеджменту підприємства (установи, організації)* повинна включати такі структурні елементи:

1) системи: керуюча (суб'єкт) та керована (об'єкт);

2) загальні функції менеджменту – рис. 2;

3) конкретні функції (управління постачанням, організацією праці та виробництвом, збутом, фінансами, підрозділами тощо) та об'єднувальна функція (загальне керівництво);

4) методи менеджменту (набір способів і прийомів) – економічні, техніко-інформаційно-технологічні, адміністративні, соціально-психологічні та інші;

5) управлінські рішення (поточні, перспективні; функціонування, розвитку) з урахуванням відповідності конкурентної стратегії підприємства стану зовнішнього середовища прямої дії (табл. 1), факторів зростання прибутку підприємства, рівня ефективності його інноваційних витрат, відповідальності керівників (юридичної [24], соціальної [10, 11]) тощо;

6) комунікативний бізнес-процес (комунікації) [6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 19, 24, 25, 28].

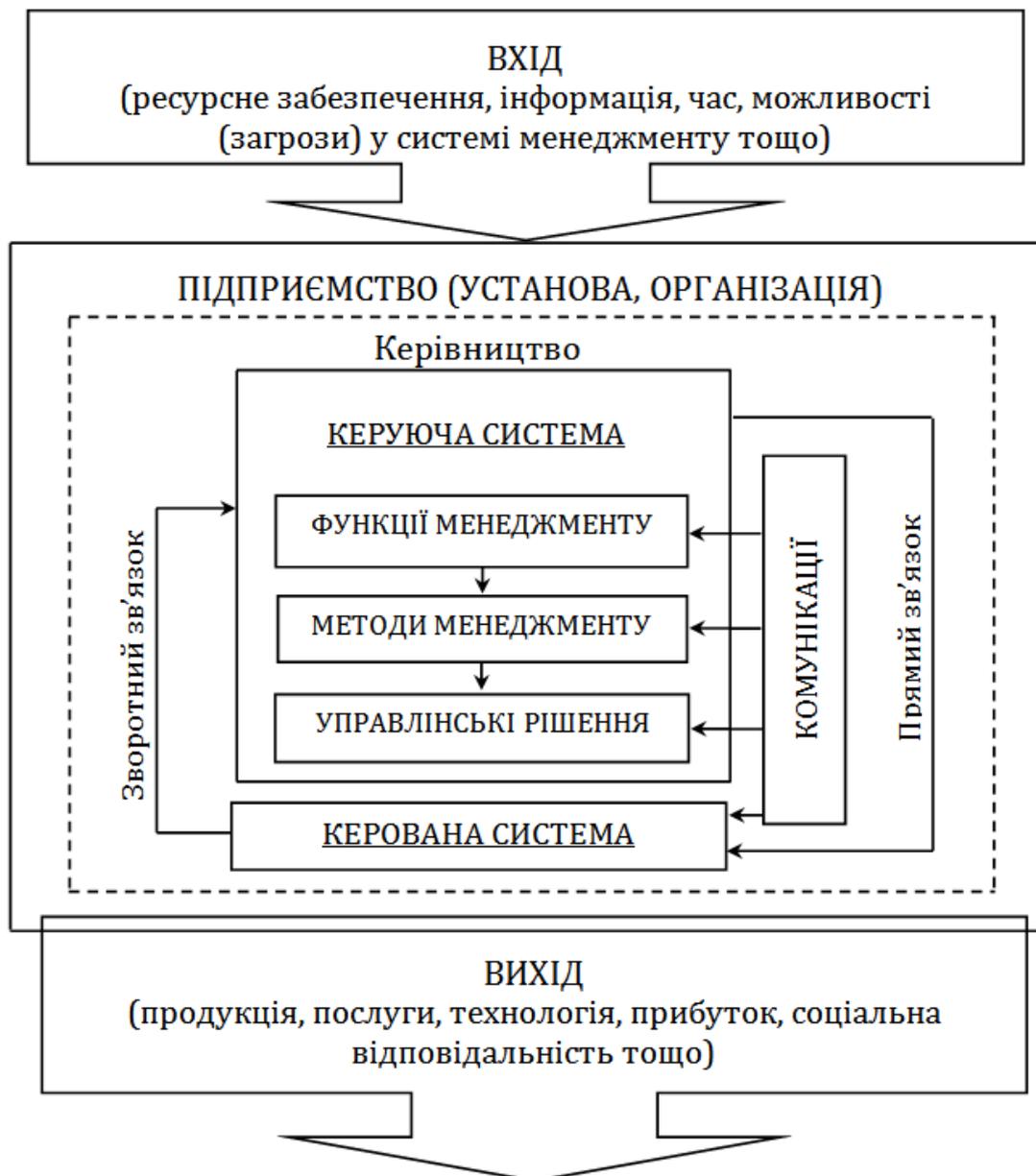


Рисунок 1 – Графічна модель процесу менеджменту згідно із процесно-структурованим менеджментом [12]

Примітки: базу процесно-структурованого менеджменту формують процесний, системний, функціональний, ситуаційний та динамічний та підходи до менеджменту

В контексті цього і з огляду на результати аналізу досліджень [17] варто зазначити, що:

1. Основними факторами (чинниками) зростання прибутку підприємства є:

- 1) рівень доходів та витрат в системі можливостей (загроз) «максимальні прибутки – мінімальні витрати»;
- 2) обсяги виробництва та продажу продукції;
- 3) ціна, собівартість, асортимент і номенклатура продукції;

- 4) рівень кадрового забезпечення;
- 5) рівень матеріально-технічного, технологічного забезпечення та інформаційних технологій;
- 6) рівень використання ресурсів (фінансових, трудових, матеріальних, енергетичних [23]);
- 7) рівень потенціалу (фінансового, виробничого, трудового, соціально-економічного, інноваційно-інвестиційного [22]) з урахуванням потенційних ризиків діяльності в умовах невизначеності тощо.



Рисунок 2 – Загальні функції менеджменту згідно із процесно-структурованим менеджментом, складено на основі [14, 17, 19, 24, 25, 27]

#### Примітки:

- <sup>1)</sup> Визначає перспективу та майбутній стан підприємства в системі «інформація – ресурсне забезпечення – час – можливості (загрози) у системі менеджменту»;
- <sup>2)</sup> Сприяє тому, щоб фактичні результати роботи підприємства найбільше відповідали очікуваним;
- <sup>3)</sup> Базується на таких категоріях (аспектах): а) повноваження: лінійні, функціональні; б) правопорушення, відповідальність: юридична (кримінальна, адміністративна, цивільна, дисциплінарна, матеріальна), соціальна; в) делегування;
- <sup>4)</sup> Включає такі обліки: бухгалтерський, статистичний, оперативно-технічний і управлінський.

2. Оптимальний (достатній) рівень ефективності витрат на інновації (освоєння нових видів продукції і/або впровадження нових технологічних бізнес-процесів) і витрат ресурсів:

1) сприяє скороченню собівартості продукції, зростанню рівня фондоозброєності і продуктивності праці, збільшенню обсягів реалізації продукції, підвищенню рентабельності продажів тощо;

2) рекомендується розраховувати за формулою (1):

$$E = \frac{R}{C}, \quad (1)$$

де  $E$  – ефективність витрат (постійних, змінних)  $i$ -го ресурсу;

$R$  – показник результативності роботи (діяльності) підприємства;

$C$  – витрати (постійні, змінні)  $i$ -го ресурсу [17, 22, 23].

#### ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження встановлено, що в сучасних умовах ведення бізнесу модель процесу менеджменту (згідно із процесно-структурованим менеджментом) повинна включати загальні функції менеджменту.

Таблиця 1 – Приклад схематичного зображення системного базису відповідності конкурентної стратегії підприємства стану зовнішнього середовища прямої дії [17, 28]

Рівень результативного показника – $R$ (рівень відповідності конкурентної стратегії підприємства стану зовнішнього середовища)	Фактор зовнішнього середовища підприємства прямої дії				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$Y_0$	$t_0$	$t_0$	$t_0$	$t_0$	$t_0$
$Y_{ум.1}$	$t_1$	$t_0$	$t_0$	$t_0$	$t_0$
$Y_{ум.2}$	$t_1$	$t_1$	$t_0$	$t_0$	$t_0$
$Y_{ум.3}$	$t_1$	$t_1$	$t_1$	$t_0$	$t_0$
$Y_{ум.4}$	$t_1$	$t_1$	$t_1$	$t_1$	$t_0$
$Y_1$	$t_1$	$t_1$	$t_1$	$t_1$	$t_1$

Загальна зміна  $R$ :  
 $\Delta Y_{зар.} = Y_1 - Y_0$ .  
У тому числі:  
 $\Delta Y_{x1} = Y_{ум.1} - Y_0$ ;  $\Delta Y_{x2} = Y_{ум.2} - Y_{ум.1}$ ;  $\Delta Y_{x3} = Y_{ум.3} - Y_{ум.2}$ ;  $\Delta Y_{x4} = Y_{ум.4} - Y_{ум.3}$ ;  $\Delta Y_{x5} = Y_1 - Y_{ум.4}$ .  
Балансова перевірка:  
 $\Delta Y_{зар.} = \Delta Y_{x1} + \Delta Y_{x2} + \Delta Y_{x3} + \Delta Y_{x4} + \Delta Y_{x5}$ .

Умовні позначення:

$X_1$  – конкуренти (існуючі, можливі), наявний рівень конкуренції;  
 $X_2$  – покупці (замовники, клієнтур);  
 $X_3$  – постачальники;  
 $X_4$  – посередники (маркетингові, постачання);  
 $X_5$  – контакти аудиторії підприємства (державні установи; банки, інвестори, фінансово-кредитні установи та інші; ЗМІ; громадські організації, партії, профспілки та інші; навчально-освітні установи, науково-дослідні структури; адвокатські організації, фірми (компанії) сфери страхування тощо);  
 $t_0$  – базове значення факторного бізнес-показника (минулого періоду, плану, іншого підприємства);  
 $t_1$  – поточний рівень факторного бізнес-показника.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Armstrong, M. (1998). *Osnovy menedzhmenta. Kak stat' luchshim rukovoditelem* [How to be an Even Better Manager]. Rostov na Donu: Feniks (in Russian) [Армстронг, М. (1998). *Основы менеджмента. Как стать лучшим руководителем*. Ростов на Дону: Феникс].

Такими функціями є:

- 1) контролювання досягнення результатів;
- 2) планування, виходячи з головної мети;
- 3) координація і коректуючі дії (у системі організації праці та виробництва);
- 4) дія як форма діяння (усвідомлена, вольова, спрямована);
- 5) система обліку (бухгалтерський, статистичний, оперативно-технічний і управлінський);
- 6) діагностика (економічна, юридична) з такими підфункціями, як:
  - ідентифікування стану і можливостей;
  - аналіз (економічний, юридичний, системний) з аргументацією;
  - оцінювання стану, тенденцій та перспектив розвитку.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є: 1) формування системи взаємозв'язку функцій та методів менеджменту з урахуванням поданих результатів досліджень; 2) розробка моделі ефективного та результативного комунікаційного бізнес-процесу підприємства.

2. Blejk, R., & Mouton, D. (1990). Nauchnye metody upravlenija [Scientific methods of management]. Kiev: Naukova dumka (in Russian)  
[Блейк, Р., & Моутон, Д. (1990). *Научные методы управления*. Киев: Наукова думка].
3. Boddi, D. (1999). *Osnovy menedzhmenta* [Fundamentals of Management]. Saint-Petersburg: Piter (in Russian)  
[Бодди, Д. (1999). *Основы менеджмента*. Санкт-Петербург: Питер].
4. Borisova, Z. (2009). *Sushhnost' processno-strukturnogo podhoda k proektirovaniju i razvitiju sistem upravlenija* [The essence of the process-structural approach to the design and development of management systems]. *Problemy sovremennoj jekonomiki*, 1, 269–272 (in Russian)  
[Борисова, З. (2009). Сущность процессно-структурного подхода к проектированию и развитию систем управления. *Проблемы современной экономики*, 1, 269–272].
5. Daft, R. (2006). *Menedzhment* [Management] (6th ed.). Moscow: Piter (in Russian)  
[Дафт, Р. (2006). *Менеджмент* (6-е изд.). Москва: Питер].
6. Drucker, P. (1974). *Management: Tasks, responsibilities, practices*. New York: Harper & Row.
7. Kennedi, D. (2017). *Zhestkij menedzhment. Zastav'te ljudej rabotat' na rezul'tat* [Ruthless Management of People & Profits: No Holds Barred, Kick Butt, Take No Prisoners Guide to Really Getting Rich]. Moscow: Al'pina Pablisher (in Russian)  
[Кеннеди, Д. (2017). *Жесткий менеджмент. Заставьте людей работать на результат*. Москва: Альпина Пабlishер].
8. Kuzmin, O. (2012). *Kontsepsiia ta evoliutsiia protsesno-strukturnovanoho menedzhmentu* [Concept and evolution of process structured management]. *Economics: time realities*, 2(3), 7–16.  
[Кузьмін, О. (2012). Концепція та еволюція процесно-структурованого менеджменту. *Економіка: реалії часу*, 2(3), 7–16].
9. Kuzmin, O. (Ed.). (2013). *Protsesno-strukturnovanyi menedzhment: metodolohiia ta instrumentarii* [Process-structured management: methodology and tools]. Lviv: Rastr-7 (in Ukrainian)  
[Кузьмін, О. (Ред.). (2013). *Процесно-структурований менеджмент: методологія та інструментарій*. Львів: Растр-7].
10. Kuzmin, O., & Melnyk, O. (2007). *Teoretychni ta prykladni zasady menedzhmentu* [Theoretical and applied principles of management] (3d ed.). Lviv: Lvivska politekhnikha (in Ukrainian)  
[Кузьмін, О., & Мельник, О. (2007). *Теоретичні та прикладні засади менеджменту* (3-те вид.). Львів: Львівська політехніка].
11. Kuzmin, O., Mala, N., Melnyk, O., & Sanina, O. (2012). *Menedzhment* [Management]. Lviv: Lvivska politekhnikha (in Ukrainian)  
[Кузьмін, О., Мала, Н., Мельник, О., & Саніна, О. (2012). *Менеджмент*. Львів: Львівська політехніка].
12. Kuzmin, O., Petryshyn, N., & Syrotynska, N. (2010). *Nova paradyhma pobudovy system menedzhmentu* [The new paradigm of the management system building]. *Democratic governance*, 6. Retrieved from [http://lvivacademy.com/vidavnytstvo\\_1/visnik6/fail/Syrotynska.pdf](http://lvivacademy.com/vidavnytstvo_1/visnik6/fail/Syrotynska.pdf) (in Ukrainian)  
[Кузьмін, О., Петришин, Н., & Сиротинська, Н. (2010). Нова парадигма побудови систем менеджменту. *Демократичне врядування*, 6. URL: [http://lvivacademy.com/vidavnytstvo\\_1/visnik6/fail/Syrotynska.pdf](http://lvivacademy.com/vidavnytstvo_1/visnik6/fail/Syrotynska.pdf)].
13. Lysak, V., Tkachuk, V., & Oliinyk, O. (2016). *Menedzhment personalu pidpriemstv* [Management of personnel companies]. *Prychornomorski ekonomichni studii*, 6, 67–70 (in Ukrainian)  
[Лисак, В., Ткачук, В., & Олійник, О. (2016). Менеджмент персоналу підприємств. *Причорноморські економічні студії*, 6, 67–70].
14. Melnyk, O. H. (2010). *Systemy diahnostyky diialnosti mashynobudivnykh pidpriemstv: polikryterialna kontsepsiia ta instrumentarii* [Systems of diagnostics of activity of machine-building enterprises: polycrystalline concept and tools]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi

- politekhniky (in Ukrainian)  
[Мельник, О. Г. (2010). *Системи діагностики діяльності машинобудівних підприємств: полікритеріальна концепція та інструментарій*. Львів: Видавництво Львівської політехніки].
15. Mescon, M., Albert, M., & Khedouri, F. (2016). *Osnovy menedzhmenta* [Management] (3d ed.). Moscow: Vil'jams (in Russian)  
[Мескон, М., Альберт, М., & Хедоури, Ф. (1997). *Основы менеджмента* (3-е изд.). Москва: Вильямс].
  16. Miski-Oglu, A., & Shlapak, N. (2009). *Menedzhment predpriyatij v sovremennyh usloviyah* [Management of enterprises in modern conditions]. *Visnyk Pryazovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*, 19, 330–334 (in Russian)  
[Миски-Оглу, А., & Шлапак, Н. (2009). Менеджмент предприятий в современных условиях. *Вісник Приазовського державного технічного університету*, 19, 330–334].
  17. Pawlowski, G. (2017). *Rozvytok systemy upravlinskoj diahnostryky pidpriemstva* [Development of the system of management diagnostics of the enterprise] (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/1257760> (in Ukrainian)  
[Павловські, Г. (2017). *Розвиток системи управлінської діагностики підприємства* (Кандидатська дисертація). URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/1257760>].
  18. Perederii, V., Novak, V., & Sobkova, A. (2015). *Menedzhment zmin na pidpriemstvakh YeS yak osnova zabezpechennia mizhnarodnoi konkurentospromozhnosti* [Change management in the EU enterprises as a key in building international competitiveness]. *Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini*, 1, 157–161 (in Ukrainian)  
[Передерій, В., Новак, В., & Собкова, А. (2015). Менеджмент змін на підприємствах ЄС як основа забезпечення міжнародної конкурентоспроможності. *Формування ринкових відносин в Україні*, 1, 157–161].
  19. Pintosevich, I. (2013). *Polnyj kontrol'! Tajm-menedzhment novogo pokolenija za 30 dnej* [Full control! Time management of the new generation for 30 days]. Moscow: Jeksmo (in Russian)  
[Пинтосевич, И. (2013). *Полный контроль! Тайм-менеджмент нового поколения за 30 дней*. Москва: Эксмо].
  20. Shatun, V. (2006). *Osnovy menedzhmentu* [Fundamentals of Management]. Mykolaiv: Vydavnytstvo MDHU im. Petra Mohyly (in Ukrainian)  
[Шатун, В. (2006). *Основы менеджменту*. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили].
  21. Skrynkovskyy, R. (2013). *Kontseptsii PS-menedzhmentu ta PS-marketynhu: kompendium* [Concepts of PS Management and PS Marketing: Compendium]. *Ekonomika. Finansy. Pravo*, 11, 42 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р. (2013). Концепції PS-менеджменту та PS-маркетингу: компендіум. *Економіка. Фінанси. Право*, 11, 42].
  22. Skrynkovskyy, R. (2015). *Diahnostryka finansovoho, vyrobnychoho, trudovoho, sotsialno-ekonomichnoho ta innovatsiino-investytsiinoho potentsialiv i analiz potentsiinykh ryzykiv pidpriemstva v umovakh nevyznachenosti* [Diagnostic of the Financial, Industrial, Labor, Socio-Economic and Innovation and Investment Potentials and Analysis of the Enterprise Potential Risks under Conditions of Uncertainty]. *Problemy ekonomiky*, 2, 186–193 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р. М. (2015). Діагностика фінансового, виробничого, трудового, соціально-економічного та інноваційно-інвестиційного потенціалів і аналіз потенційних ризиків підприємства в умовах невизначеності. *Проблеми економіки*, 2, 186–193].
  23. Skrynkovskyy, R. (2015). *Diahnostryka vykorystannia trudovykh, materialnykh, finansovykh ta enerhetychnykh resursiv pidpriemstva yak instrument upravlinnia elementamy yoho vyrobnycho-hospodarskoi diialnosti* [Diagnostics of Utilization of the Human, Material, Financial, and Energy Resources of the Enterprise as a Tool for Management of the Elements of Its Production and Commercial Operations]. *Problemy ekonomiky*, 1, 249–254 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р. (2015). Діагностика використання трудових, матеріальних,

- фінансових та енергетичних ресурсів підприємства як інструмент управління елементами його виробничо-господарської діяльності. *Проблеми економіки*, 1, 249–254].
24. Skrynkovskyy, R., & Kramar, R. (2015). *Yurydychna diahnostyka pidpriumstva* [Legal diagnostic of enterprise]. *Porivnialno-analitychne pravo*, 6, 230–233 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р., & Крамар, Р. (2015). Юридична діагностика підприємства. *Порівняльно-аналітичне право*, 6, 230–233].
25. Skrynkovskyy, R., & Pawlowski, G. (2016). *Diahnostyka v systemi menedzhmentu pidpriumstva* [Diagnosis in the Enterprise Management System]. *Problemy ekonomiky*, 3, 199–205 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р., & Павловські, Г. (2016). Діагностика в системі менеджменту підприємства. *Проблеми економіки*, 3, 199–205].
26. Skrynkovskyy, R., & Protsiuk, T. (2013). *PS-menedzhment: kontseptsii ta evoliutsiia* [PS-management: concept and evolution]. *Ekonomika. Finansy. Pravo*, 8, 15–23 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р., & Процюк, Т. (2013). PS-менеджмент: концепція та еволюція. *Економіка. Фінанси. Право*, 8, 15–23].
27. Skrynkovskyy, R., Pawlowski, G., & Sytar, L. (2017). Development of Tools for Ensuring the Quality of Labor Potential of Industrial Enterprises. *Path of Science*, 3(9), 3009–3018. doi: 10.22178/pos.26-8
28. Skrynkovskyy, R., Pawlowski, G., & Vorobiov, V. (2016). *Diahnostyka efektyvnosti kontrolinhu biznes-protseviv pidpriumstva* [The Diagnostics of Efficiency of Controlling Business Processes]. *Business Inform*, 8, 154–159 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р. М., Павловські, Г., & Воробйов, В. В. (2016). Діагностика ефективності контролінгу бізнес-процесів підприємства. *Бізнес Інформ*, 8, 154–159].
29. Skrynkovskyy, R., Protseviat, O., & Tsybul'skyi, Yu. (2014). *Kontseptsii protsesno-strukturovanoho menedzhmentu* [Concept of process-structured management]. *Ekonomika. Finansy. Pravo*, 2, 34–36 (in Ukrainian)  
[Скриньковський, Р., Процевят, О., & Цибульський, Ю. (2014). Концепція процесно-структурованого менеджменту. *Економіка. Фінанси. Право*, 2, 34–36].
30. Yankovska, L. (2000). *Upravlinnia pidhotovkoiu ta perepidhotovkoiu pratsivnykiv promyslovoho pidpriumstva v systemi menedzhmentu personalu* [Preparation and reparation of the staff in the Management System] (Doctoral thesis). Retrieved from <http://bit.ly/2zEvjXT> (in Ukrainian)  
[Янковська, Л. (2000). *Управління підготовкою та перепідготовкою працівників промислового підприємства в системі менеджменту персоналу* (Автореферат кандидатської дисертації). URL: <http://bit.ly/2zEvjXT>].
31. Yankovska, L. (2005). *Menedzhment personalu: pidhotovka ta perepidhotovka pratsivnykiv pidpriumstva* [Management of personnel: training and retraining of employees of the enterprise]. Lviv: Lvivska politehnika (in Ukrainian)  
[Янковська, Л. (2005). *Менеджмент персоналу: підготовка та перепідготовка працівників підприємства*. Львів: Львівська політехніка].

# Удосконалення інструментарію діагностики виробничої програми підприємства

## Improvement of the Toolkit for Diagnosing the Enterprise's Production Program

Федір Горбонос<sup>1</sup>, Руслан Скряньковський<sup>1</sup>, Тетяна Процюк<sup>2</sup>, Ігор Огірко<sup>3</sup>

Fedir Horbonos, Ruslan Skrynkovsky, Tetiana Protsiuk, Igor Ogirko

<sup>1</sup> *Lviv University of Business and Law*

99 Kulparkivska Street, Lviv, 79021, Ukraine

<sup>2</sup> *Ukrainian Academy of Sciences*

13 Semashko Street, Kyiv, 03142, Ukraine

<sup>3</sup> *Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom*

29 Malczewskiego Street, Radom, 26-600, Poland

DOI: 10.22178/pos.29-8

JEL Classification:

L20, M11

Received 10.11.2017

Accepted 15.12.2017

Published online 21.12.2017

Corresponding Author:

Ruslan Skrynkovsky

uan\_lviv@ukr.net

© 2017 The Authors. This article is licensed under a

[Creative Commons Attribution 4.0 License](#)



**Анотація.** Метою статті є обґрунтування теоретичних положень та розроблення практичних рекомендації з удосконалення інструментарію діагностики виробничої програми підприємства. Представлено порядок (загальну схему) розроблення виробничої програми підприємства. Доведено, що виробнича програма підприємства визначає склад (із номенклатури, асортименту і якості) та обсяги виготовлення продукції в натуральному і вартісному вираженні. Встановлено, що для розрахунку виробничої програми підприємства у вартісному відтворенні необхідно обчислити показники обсягу валової продукції, обсягу товарної продукції та обсягу реалізованої продукції. З'ясовано, що важливе значення у системі діагностики виробничої програми підприємства відіграє обчислення планової величини виробничої потужності підприємства. Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є удосконалення полікритеріальної діагностики перспектив функціонування підприємств з урахуванням поданих результатів досліджень.

**Ключові слова:** підприємство; виробнича програма; виробничий процес; продукція; виробнича потужність; діагностика; інструментарій.

**Abstract.** The purpose of the article is to substantiate the theoretical positions and develop practical recommendations for improving the diagnostic toolkit of the enterprise's production program. The order (general scheme) of the production program of the enterprise is presented. It is proved that the production program of the enterprise determines the composition (from the nomenclature, the range and quality) and the volume of production in natural and value terms. It is established that in order to calculate the enterprise's production program in cost recovery, it is necessary to calculate the indicators of the volume of gross output, the volume of marketable products and the volume of sold products. It is revealed that the importance of the system of diagnostics of the production program of the enterprise is held by the calculation of the planned magnitude of the production capacity of the enterprise. The prospect of further research in this direction is to improve the polycriterial diagnostics of the prospects for the functioning of enterprises, taking into account the presented research results.

**Keywords:** enterprise; production program; production process; product; production capacity; diagnostics; toolkit.

## ВСТУП

Сучасна практика ведення бізнесу доводить, що сьогодні дедалі більшого значення набувають різноманітні системи економічної діагностики (діагностики діяльності) підприємства, його окремих сфер та видів діяльності. До того ж існує неоднозначність щодо формування системи інформаційного забезпечення діагностики виробничої програми підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що проблемні питання (аспекти) у сфері розроблення (формування) та реалізації виробничої програми підприємства досліджували такі науковці, як М. Бондарчук [1], І. Євсєєва [3], Ю. Єгупов [18, 19, 20, 21, 22], В. Іваненко [6], Л. Іваненко [5], С. Іванов [7], С. Мостовий [9], О. Орлов [10], С. Погорелов [12], М. Повідайчик [14] та інші. Водночас, віддаючи належне високому рівню наукових доробок перелічених вище авторів, слід зазначити, що недостатньо уваги приділено діагностиці виробничої програми підприємства. Все це обумовило актуальність поданого дослідження, визначило його тему та мету.

Тому *метою статті* є обґрунтування теоретичних положень та розроблення практичних рекомендації з удосконалення інструментарію діагностики виробничої програми підприємства.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виходячи із аналізу літературних джерел, виникає потреба в розкритті сутності поняття «виробнича програма підприємства».

Так, М. Повідайчик [14] дотримується точки зору, що виробнича програма підприємства – це комплексний план виробництва та реалізації продукції, який передбачає аналіз і оцінювання зовнішнього та внутрішнього середовища, визначення стратегій розвитку підприємства і характеризує асортимент та обсяги виробництва продукції на основі оптимального використання ресурсів (трудових, матеріальних, фінансових та енергетичних [16]) з метою отримання максимального соціально-економічного результату в системі «інформація – ресурсне забезпечення – час – можливість (загрози) у системі менеджменту», представленої у працях [11, 17].

В цьому контексті на особливу увагу заслуговує наукова праця [5] (Л. Іваненко, Г. Рустомова, С. Зубарєв), у якій зазначено, що основними методами проектування виробничої програми підприємства є: 1) метод структуризації цілей; 2) метод аналогій; 3) метод організаційного моделювання; 4) блоковий метод; 5) експертно-аналітичний метод; 6) нормативний метод; 7) аналітично-розрахунковий метод; 8) параметричний метод; 9) графоаналітичний метод; 10) математико-статистичний метод.

Водночас з'ясовано, що в процесі розробки моделі виробничої програми підприємства слід враховувати імітаційне моделювання, завдяки якому можна здійснити різноманітні розрахунки показників (параметрів), що впливають на результат за період [7].

Поряд з тим, враховуючи результати виконаних досліджень [12] (С. Погорелов, В. Кучинський), встановлено, що формування виробничої програми підприємства передбачає: 1) розроблення стратегічного плану та здійснення прогнозу потреби в продукції; 2) вивчення попиту на ринку; 3) комплексний аналіз та оцінювання державних контрактів і замовлень; 4) дослідження портфеля замовлень на продукцію інших споживачів.

При цьому варто зауважити, що в основі виробничої програми підприємства лежать такі основні задачі: 1) покращення рівня якості, надійності та дизайну продукції, виходячи із потреб ринку; 2) забезпечення високих і стабільних темпів зростання обсягів виробництва продукції у вартісних та натуральних показниках; 3) формування номенклатури та асортименту продукції відповідно до етапів (стадій) її життєвого циклу; 4) оптимальне використання виробничих потужностей і ресурсного потенціалу підприємства в контексті економії витрат, бездефектності та ритмічності виробництва [5, 15].

На основі результатів аналізу наукової праці О. Мельник [8] та вивчення практики функціонування підприємств можна стверджувати, що інтегральний показник (коефіцієнт) бездефектності та ритмічності виробництва ( $R$ ) розраховується за формулою (1):

$$R = \sqrt{L \times M} = \sqrt{\frac{S_1(1 - S_n)}{S_1} \times \frac{\sum_{i=1}^t S_{1i}^{\min}}{100\%}}, \quad (1)$$

де  $L$  – коефіцієнт бездефектності виробництва продукції;

$M$  – коефіцієнт ритмічності виробництва;

$S_1$  – обсяг товарної продукції;

$S_n$  – частка (питома вага) бракованої продукції у товарній продукції;

$i = 1 \dots t$  – кількість періодів у році, за якими здійснюється порівняння обсягів виробництва (планових та фактичних);

$S_{li}^{\min}$ , % – мінімальна (*min*) питома вага (частка) товарної продукції, порівняно з річним еквівалентом, між плановою виробничою програмою та фактичною [8, 15].

Беручи до уваги наведене вище, тут доцільно відмітити наукову роботу Ю. Єгупова [22], в якій представлено послідовність основних етапів процесу формування виробничої програми підприємства, а саме: 1) маркетингові дослідження; 2) обґрунтування складу та визначення рівня цільових показників; 3) розроблення планових балансів виробничих ресурсів; 4) економічне оцінювання виробничої програми; 5) коригування параметрів тактичного плану за результатами економічного оцінювання виробничої програми; 6) побудова (розробка) економіко-математичної моделі оптимізації виробничої програми та здійснення відповідних оптимізаційних розрахунків; 7) аналізування результатів оптимізаційних розрахунків [22].

З огляду на зазначене, Ю. Єгупов [19] також акцентує увагу на тому, що структурними елементами системи формування виробничої програми підприємства є: 1) маркетингове обґрунтування виробничої програми; 2) ресурсне обґрунтування виробничої програми, включаючи інноваційно-інвестиційне обґрунтування; 3) аналітичне обґрунтування виробничої програми. У контексті інформаційної взаємодії цих структурних елементів формується кінцевий (остаточний) варіант виробничої програми підприємства [19]. Водночас Є. Пономаренко [13] дотримується думки, що ключовими складовими процесу формування виробничої програми підприємства є: 1) ресурсне забезпечення виробничої програми; 2) оптимізація (удосконалення) плану виробництва з метою ефективного використання ресурсів і потенціалу на результат; 3)

система маркетингового обґрунтування плану виробництва [13].

Крім цього, у межах дослідження праці С. Погорелова та В. Кучинського [12], виявлено, що формування виробничої програми підприємства передбачає виконання ряду вимог, а саме: 1) дотримання визначених термінів (строків) поставок продукції відповідно до укладених контрактів (договорів); 2) оптимальне завантаження виробничих потужностей в усіх підрозділах (відділах, філіях) підприємства; 3) підвищення рівня концентрації виробництва за рахунок обмеження номенклатури продукції, виробництво якої проводиться одночасно.

З огляду на результати аналізу літературного джерела [14] з'ясовано, що процес формування виробничої програми підприємства включає:

1) стратегічне планування діяльності підприємства;

2) планування виробничої програми:

- планування концепції виробничої програми (стратегічне);

- планування розробок виробничої програми (оперативне).

У цьому контексті слід погодитися з думкою М. Повідайчика [14], який наголошує, що значний вплив на процес стратегічне планування здійснює невизначеність зовнішнього середовища, у якому функціонує підприємство. Тут необхідно також відмітити і те, що оптимальною виробничою програмою підприємства є така, що відповідає структурі ресурсів підприємства та забезпечує відповідні (бажані) його результати за визначеними (прийнятними) критеріями [12].

Поряд із тим з'ясовано, що виробнича програма формується по підприємству загалом, а також системно конкретизується за структурними його підрозділами, філіями, цехами, відділеннями, дільницями [3]. Водночас встановлено, що горизонт планування виробничої програми підприємства тісно залежить від впливу цілого ряду факторів, включаючи галузеву специфіку підприємства, вид і обсяги продукції, особливості виробничої та комерційної діяльності підприємства, часовий діапазон тощо. Тут варто також звернути особливу увагу на результати проведеного

дослідження [1, 3, 20], згідно яких можна стверджувати, що:

- 1) основними формами планування виробничої програми підприємства є: а) тактичний план розвитку підприємства; б) бізнес-план створення нового підприємства і/або виробництва; в) бізнес-план освоєння виробництва нової продукції [20];
- 2) важливе місце у формуванні виробничої програми підприємства займають процеси структурування витрат [1];
- 3) у зв'язку зі змінами ринкових умов господарювання доцільно періодично переглядати виробничу програму підприємства, що дозволить не лише удосконалити асортимент продукції, але й сприятиме підвищенню рівня ефективності виробництва та конкурентоспроможності продукції на ринку [3].

Беручи до уваги наведене вище, варто також зазначити, що у науковій праці [10] представлено застосування маржинального аналізу та аналізу чутливості під час формування виробничої програми підприємства. У свою чергу, О. Орлов, Є. Рясних та Т. Гордєєва стверджують, що на цій основі можна отримати інформацію про потенційні зміни в асортименті продукції та сформувати гнучке планування в оперативному режимі [10].

З огляду на це і виходячи з результатів виконаних досліджень [4, 5, 21], встановлено, що виробничу програму підприємства визначає склад (із номенклатури, асортименту і якості) та обсяги виготовлення продукції в натуральному і вартісному вираженні. Порядок (загальна схема) розроблення виробничої програми підприємства представлено на рис. 1.

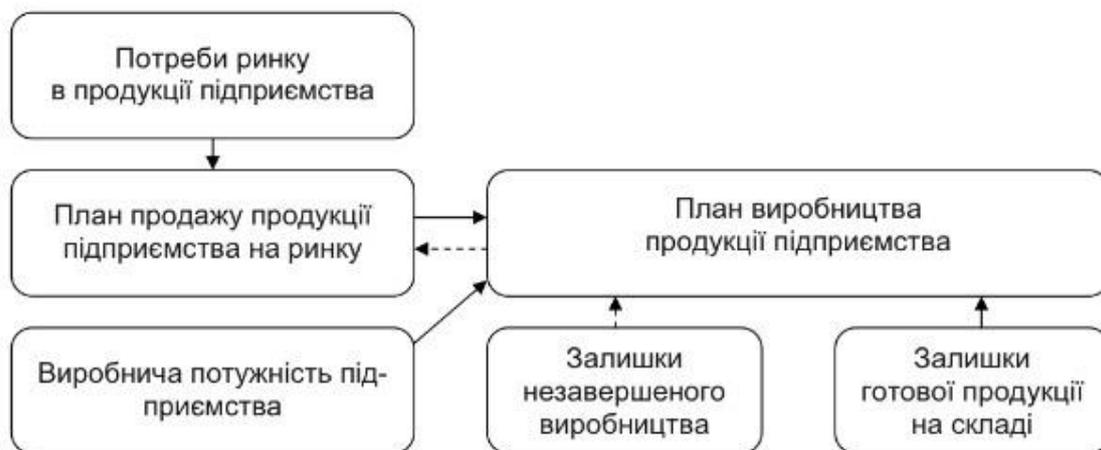


Рисунок 1 – Порядок розроблення виробничої програми підприємства [2]

Звідси очевидно, що для розрахунку виробничої програми підприємства у вартісному відтворенні необхідно обчислити показники обсягу валової продукції ( $O_{VP}$ ), обсягу товарної продукції ( $O_{TP}$ ) і обсягу реалізованої продукції ( $O_{RP}$ ), які розраховуються за формулами (2)–(4):

$$O_{VP} = \sum_{k=1}^l V_P \times C_P + V_{PH} - V_{VP}, \quad (2)$$

де  $k=1, \dots, l$  – кількість виробленої продукції;  
 $V_P$  – вартість виготовленої продукції і напівфабрикатів (виготовлених як з власної сировини, так і з матеріалів замовників);

$C_P$  – виробнича ціна на продукцію і напівфабрикати;  
 $V_{PH}$  – вартість робіт промислового характеру;  
 $V_{VP}$  – вартість продукції власного виробництва [2].

$$O_{TP} = HP_{VSV} + P_{PDC} + P_{PH} + NF + P_{NM} + T_{VV}, \quad (3)$$

де  $HP_{VSV}$  – готова продукція, включаючи продукцію широкого вжитку;  
 $P_{PDC}$  – продукція підсобних та допоміжних підрозділів (цехів, відділень, дільниць);  
 $P_{PH}$  – продукція промислового характеру;

$NF$  – напівфабрикати;

$P_{NM}$  – продукція навчальних (учбових) майстерень;

$T_{VV}$  – тара власного виробництва [2].

$$O_{RP} = O_{TP} - (SHP^{KP} - SHP^{PP}), \quad (4)$$

де  $SHP^{KP}$  – залишки готової продукції на складі на кінець звітної періоду у вартісному вираженні;

$SHP^{PP}$  – залишки готової продукції на складі початок звітної періоду у вартісному вираженні [2].

Поряд з тим, обсяг валової продукції ( $O_{VP}$ ) можна також розрахувати за формулою (5):

$$O_{VP} = VO - VSVO, \quad (5)$$

де  $VO$  – валовий оборот, який враховує сукупну вартість валового випуску всіх видів продукції;

$VSVO$  – внутрішньозаводський виробничий оборот, тобто вартість продукції та послуг підрозділів (цехів, відділень, дільниць) підприємства, споживаних для власних його потреб [2].

З'ясовано, що загальний порядок формування (розробки) виробничої програми (див. рис. 1) для підрозділів (цехів, відділень, дільниць) підприємства можна представити у вигляді формули (6):

$$O_P = O_C + O_S + O_N + O_F, \quad (6)$$

де  $O_P$  – плановий обсяг випуску продукції конкретним підрозділом (цехом, відділенням, дільницею) підприємства у натуральному вираженні;

$O_C$  – обсяг постачання продукції за технологічним маршрутом підрозділам-споживачам;

$O_S$  – обсяг постачання готової продукції на склад;

$O_N$  – нормативний запас продукції, що рухається між підрозділами (цехами, відділеннями, дільницями) підприємства;

$O_F$  – фактичний запас продукції, що рухається між підрозділами (цехами, відділеннями, дільницями) підприємства [2].

Встановлено також і те, що між обсягом валової продукції ( $O_{VP}$ ) та обсягом товарної продукції ( $O_{TP}$ ) існує тісний взаємозв'язок, який можна представити формулою (7):

$$O_{VP} = O_{TP} + (SNF^{KP} - SNF^{PP}), \quad (7)$$

де  $SNF^{KP}$  – залишки напівфабрикатів на кінець звітної періоду;

$SNF^{PP}$  – залишки напівфабрикатів на початок звітної періоду [2].

Крім цього, важливе значення у системі діагностики виробничої програми підприємства відіграє обчислення планової величини виробничої потужності підприємства, яка: 1) визначається відповідно до потреб ринку та можливостей підприємства; 2) чітко залежить від рівня ресурсного забезпечення виробничої програми підприємства тощо [18].

Тут варто зазначити, що виробнича потужність підприємства ( $VP$ ) розраховується за формулою (8):

$$VP = \frac{F_U \times K_I \times K_{VNV}}{\sum T_I}, \quad (8)$$

де  $F_U$  – дійсний фонд часу роботи обладнання (устаткування);

$K_I$  – кількість одиниць обладнання (устаткування);

$K_{VNV}$  – коефіцієнт виконання норм виробітку;

$T_I$  – трудомісткість типопредставника відповідного виду обладнання (устаткування) [9].

## ВИСНОВКИ

Результати дослідження доводять, що виробнича програма підприємства визначає склад (із номенклатури, асортименту і якості) та обсяги виготовлення продукції в натуральному і вартісному вираженні. Встановлено, що для розрахунку виробничої програми під-

приємства у вартісному відтворенні необхідно обчислити показники обсягу валової продукції, обсягу товарної продукції та обсягу реалізованої продукції. З'ясовано, що важливе значення у системі діагностики виробничої програми підприємства відіграє обчислення

планової величини виробничої потужності підприємства.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є удосконалення полікритеріальної діагностики перспектив функціонування підприємств з урахуванням поданих результатів досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Bondarchuk, M., Volyanyk, G., & Kurylo, O. (2015). *Strukturuvannya vytrat pidpryiemstva, yak nevidiemna skladova pry rozroblenni yoho vyrobnychoi prohramy* [Structuring enterprise expenses as an integral part of production program developing]. *Ekonomika: realii chasu*, 1(17), 73–77 (in Ukrainian)  
[Бондарчук, М., Воляник, Г., & Курило, О. (2015). Структурування витрат підприємства, як невід'ємна складова при розробленні його виробничої програми. *Економіка: реалії часу*, 1(17), 73–77].
2. Hetman, O., Shapoval, V. (2007). *Ekonomichna diahnostyka* [Economic diagnostics]. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury (in Ukrainian)  
[Гетьман, О., Шаповал, В. (2007). *Економічна діагностика*. Київ: Центр навчальної літератури].
3. Ievsieieva, I., & Moskalenko, V. (2013). *Planuvannya vyrobnychoi prohramy na molokopererobnykh pidpryiemstvakh* [Scheduling programs on dairy production enterprises]. *Ahrosvit*, 23, 34–37 (in Ukrainian)  
[Євсєєва, І., & Москаленко, В. (2013). Планування виробничої програми на молокопереробних підприємствах. *Агросвіт*, 23, 34–37].
4. Ishchuk, S. (2006). *Metody vyznachennia optymalnykh vyrobnychykh proqram za finansovymy kryteriiamy rozvytku pidpryiemstva* [Methods of determination of optimal production programs according to financial criteria of enterprise development]. *Ekonomika i prohnozuvannia*, 4, 123–132 (in Ukrainian)  
[Іщук, С. (2006). Методи визначення оптимальних виробничих програм за фінансовими критеріями розвитку підприємства. *Економіка і прогнозування*, 4, 123–132].
5. Ivanenko, L., Rustamov, H., & Zubarev, S. (2011). *Vykorystannia optymizatsiinykh ekonomiko-matematychnykh modelei v planuvanni vyrobnychoi prohramy promyslovoho pidpryiemstva* [Use of optimization economical-mathematical models in planning of industrial program of industrial enterprise]. *Aktualni problemy ekonomichnoho i sotsialnoho rozvytku rehionu*, 1, 173–181 (in Ukrainian)  
[Іваненко, Л., Рустамов, Г., & Зубарєв, С. (2011). Використання оптимізаційних економіко-математичних моделей в плануванні виробничої програми промислового підприємства. *Актуальні проблеми економічного і соціального розвитку регіону*, 1, 173–181].
6. Ivanenko, V., & Polishchuk, I. (2015). *Otsinka sukupnykh vartisnykh pokaznykiv obsiahu promyslovoi produktsii* [Estimation of the total cost indicators of the volume of industrial products]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Serii: Ekonomichni nauky*, 1(71), 222–228 (in Ukrainian)  
[Іваненко, В., & Поліщук, І. (2015). Оцінка сукупних вартісних показників обсягу промислової продукції. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки*, 1(71), 222–228].
7. Ivanov, S. (2011). *Rozrobka matematychnoi modeli vyrobnychoi prohramy pidpryiemstva*. *Ekonomika ta derzhava*, 10, 54–57 (in Ukrainian)  
[Іванов, С. (2011). Розробка математичної моделі виробничої програми підприємства. *Економіка та держава*, 10, 54–57].

8. Melnyk, O. H. (2010). *Systemy diahnostyky diialnosti mashynobudivnykh pidpriumstv: polikryterialna kontseptsii ta instrumentarii* [Systems of diagnostics of activity of machine-building enterprises: polycrystalline concept and tools]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki (in Ukrainian) [Мельник, О. Г. (2010). *Системи діагностики діяльності машинобудівних підприємств: полікритеріальна концепція та інструментарій*. Львів: Видавництво Львівської політехніки].
9. Mostovyi, S., Chekalina, E., & Sikietina, N. (2010). *Obgruntuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriumstva v rynkovykh umovakh* [Substantiation of the enterprise's production program in market conditions]. *Visnyk NTU "KhPI"*, 56, 101–103 (in Ukrainian) [Мостовий, С., Чекаліна, Е., & Сікетіна, Н. (2010). Обґрунтування виробничої програми підприємства в ринкових умовах. *Вісник НТУ «ХПІ»*, 56, 101–103].
10. Orlov, O., Riasnykh, Ye., & Hordieieva, T. (2012). *Zastosuvannia marzhynalnoho analizu ta analizu chutlyvosti pid chas formuvannia vyrobnychoi prohramy mashynobudivnoho pidpriumstva* [Application of margin analysis and sensitivity analysis during the formation of a production program of a machine-building enterprise]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2(22), 109–113 (in Ukrainian) [Орлов, О., Рясних, Є., & Гордєєва, Т. (2012). Застосування маржинального аналізу та аналізу чутливості під час формування виробничої програми машинобудівного підприємства. *Вісник економічної науки України*, 2(22), 109–113].
11. Pawlowski, G. (2017). *Rozvytok systemy upravlinskoï diahnostyky pidpriumstva* [Development of the system of management diagnostics of the enterprise] (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/1257760> (in Ukrainian) [Павловські, Г. (2017). *Розвиток системи управлінської діагностики підприємства* (Кандидатська дисертація). URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/1257760>].
12. Pohorielov, S., & Kuchynskiy, V. (2009). *Suchasni pidkhody do formuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriumstva* [Modern approaches to the formation of the enterprise's production program]. *Visnyk NTU "KhPI"*, 5, 170–176 (in Ukrainian) [Погорелов, С., & Кучинський, В. (2009). Сучасні підходи до формування виробничої програми підприємства. *Вісник НТУ «ХПІ»*, 5, 170–176].
13. Ponomarenko, Ye. (2015). *Analiz dynamiky formuvannia vyrobnychoi prohramy mashynobudivnoho pidpriumstva v umovakh rynkovoï ekonomiky* [Analysis of the dynamics formation of the production program engineering companies in the market economy]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, 49, 266–268 (in Ukrainian) [Пономаренко, Є. (2015). Аналіз динаміки формування виробничої програми машинобудівного підприємства в умовах ринкової економіки. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, 49, 266–268].
14. Povidaichyk, M. (2014). *Osoblyvosti stratehichnoho planuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriumstva lehkoï promyslovosti v umovakh nevyznachenosti* [Features of strategic planning of the production program of light industry enterprises under uncertainty]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia: Ekonomika*, 1(42), 59–63 (in Ukrainian) [Повідайчик, М. (2014). Особливості стратегічного планування виробничої програми підприємства легкої промисловості в умовах невизначеності. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Економіка*, 1(42), 59–63].
15. Skrynkovskyy, R. (2015). *Diahnostyka tekhniko-tekhnologichnoi bazy, orhanizatsiinoho rivnia i resurso- ta enerhozberezhennia pidpriumstva v konteksti ekonomii vytrat, bezdefektnosti ta rytmičnosti vyrobnytstva* [Diagnostics of Technical-Technological Base, Organizational Level, Resource and Energy Saving of Enterprise in the Context of Saving of Expense, Zero Defects and Rhythmical Production]. *Business Inform*, 5, 178–184 (in Ukrainian) [Скриньковський, Р. (2015). Діагностика техніко-технологічної бази, організаційного рівня і ресурсо- та енергозбереження підприємства в контексті економії витрат, бездефектності та ритмічності виробництва. *Бізнес Інформ*, 5, 178–184].

16. Skrynkovskyy, R. (2015). *Diahnostyka vykorystannia trudovykh, materialnykh, finansovykh ta enerhetychnykh resursiv pidpriemstva yak instrument upravlinnia elementamy yoho vyrobnycho-hospodarskoi diialnosti* [Diagnostics of Utilization of the Human, Material, Financial, and Energy Resources of the Enterprise as a Tool for Management of the Elements of Its Production and Commercial Operations]. *Problemy ekonomiky, 1*, 249–254 (in Ukrainian) [Скриньковський, Р. (2015). Діагностика використання трудових, матеріальних, фінансових та енергетичних ресурсів підприємства як інструмент управління елементами його виробничо-господарської діяльності. *Проблеми економіки, 1*, 249–254].
17. Skrynkovskyy, R., Pawlowski, G., & Sytar, L. (2017). Development of Tools for Ensuring the Quality of Labor Potential of Industrial Enterprises. *Path of Science, 3*(9), 3009–3018. doi: [10.22178/pos.26-8](https://doi.org/10.22178/pos.26-8)
18. Yehupov, Yu. (2011). *Planuvannia vyrobnychoi potuzhnosti v konteksti resursnoho obgruntuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriemstva* [The planning of a production capacity in the connection with the resource motivation of the enterprise's production plan]. *Ekonomist, 11*, 49–52 (in Ukrainian) [Єгупов, Ю. (2011). Планування виробничої потужності в контексті ресурсного обґрунтування виробничої програми підприємства. *Економіст, 11*, 49–52].
19. Yehupov, Yu. (2013). *Systemnyi pidkhid do planuvannia resursnoho zabezpechennia vyrobnychoi prohramy pidpriemstva* [System approach to planning of resource provision for enterprise production plan]. *Actual Problems of Economics, 10*(148), 126–137 (in Ukrainian) [Єгупов, Ю. (2013). Системний підхід до планування ресурсного забезпечення виробничої програми підприємства. *Актуальні проблеми економіки, 10*(148), 126–137].
20. Yehupov, Yu. (2015). *Formy i horyzont planuvannia vyrobnychoi prohramy promyslovoho pidpriemstva* [Forms and horizon planning production program of the industrial enterprise]. *Ekonomika: realii chasu, 2*(18), 243–249 (in Ukrainian) [Єгупов, Ю. (2015). Форми і горизонт планування виробничої програми промислового підприємства. *Економіка: реалії часу, 2*(18), 243–249].
21. Yehupov, Yu. (2015). *Parametry vyrobnychoi prohramy suchasnoho promyslovoho pidpriemstva* [Production program parameters for contemporary industrial enterprises]. *Actual Problems of Economics, 7*(169), 134–147 (in Ukrainian) [Єгупов, Ю. (2015). Параметри виробничої програми сучасного промислового підприємства. *Актуальні проблеми економіки, 7*(169), 134–147].
22. Yehupov, Yu. (2016). *Rozvytok pidkhodiv do formuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriemstva* [Development of approaches to the formation of the production program of the enterprise]. *Innovatsiina ekonomika, 3-4*, 50–56 (in Ukrainian) [Єгупов, Ю. (2016). Розвиток підходів до формування виробничої програми підприємства. *Інноваційна економіка, 3-4*, 50–56].

# Основні підходи до використання концепції маркетингу довіри на підприємствах торгівлі

## The Main Approaches to Using the Concept of Trust-Based Marketing in Trade Enterprises

Альбіна Басова<sup>1</sup>

Albina Basova

<sup>1</sup> *Kharkiv Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics*  
8 Otakara Yarosha street, Kharkiv, 61103, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.29-9

JEL Classification: M31

Received 18.11.2017

Accepted 20.12.2017

Published online 24.12.2017

Corresponding Author:

albinabasova1994@gmail.com

© 2017 The Author. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)



**Анотація.** Проаналізовано поняття довіри та основні фактори, які на неї впливають. Розглянута сутність маркетингу довіри та його завдання, основні стратегії побудови довіри до організації зі сторони клієнтів. Досліджено систему CRM як інструмент управління взаємовідносинами з клієнтами, і розглянуті сучасні маркетингові технології, такі як краудсорсінг і колаборація, які розвивають довіру.

**Ключові слова:** маркетинг довіри; організація торгівлі; взаємовідносини з клієнтами; краудсорсінг; колаборація.

**Abstract.** The concept of trust and the main factors affecting it are analyzed. The essence of trust-based marketing and its tasks, the main strategies of building trust to an organization from the clients' side are considered. The CRM system has been explored as a tool for managing customer relationships, and contemporary marketing technologies such as crowdsourcing and collaboration that develop trust are considered.

**Keywords:** trust-based marketing; trade organization; relationship with clients; crowdsourcing; collaboration.

### ВСТУП

В умовах зростаючої конкуренції і підвищення вимогливості клієнтів до якості товарів і послуг проблема маркетингу довіри все частіше повертає до себе увагу теоретиків і практиків. Академічні дослідники в області маркетингу вивчають природу і поширення маркетингу довіри, розробляють концептуальні засади, що виникають в результаті співпраці між продавцями і покупцями, а також між різними учасниками процесу ринкової взаємодії.

Багато дослідників, чий науковий інтерес лежить в сфері різних розділів маркетингу (каналів руху товару, маркетингу послуг, маркетингу промислових ринків, реклами і ін.), активно займаються вивченням концептуальних основ маркетингу довіри. Проте концеп-

туальні засади маркетингу довіри поки ще не розроблені в повній мірі. Дана область наукового аналізу викликає все більший інтерес, і в даний час проводиться значна кількість досліджень, присвячених вивченню концептуальних основ маркетингу довіри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість вчених з маркетингу, таких як Ф. Котлер [9], Дж. О'Шонесси [12] та ін., присвячують свої дослідження маркетингу довіри в рамках маркетингу взаємовідносин [15]. Вони вказують на важливість парадигми довіри в процесі взаємодії учасників маркетингової системи.

Інші вчені Н. В. Попова [13, 14, 16], В. Н. Наумов [11], М. О. Турченко [17] вказують на важливість формування довіри при формуванні споживчої поведінки.

Значний внесок у дослідження соціально-економічних відносин, що ґрунтуються на феномені довіри та у дослідження важливості і ролі довіри у стосунках між продавцем і покупцем зробили С. Годин [6].

Інформаційні джерела з маркетингу [6, 9, 15, 17] показують, що довіра є вирішальним фактором у зміні дискретних ринкових операцій до постійних обмінних відносин. Вона займає центральну роль у розвитку відносин у маркетингу, який стосується всіх заходів, спрямованих на встановлення, розвиток та підтримку відносин з клієнтами.

Дослідження науковців відносно довіри у системі маркетингу мають загальний характер. З огляду на важливість категорії довіри для формування ринкових довгострокових відносин, розробка принципів маркетингу довіри стає актуальним і важливим завданням, особливо на сучасному етапі, коли існує великий рівень волатильності і непередбачуваності зовнішнього середовища.

*Метою дослідження є визначення основних підходів до маркетингу довіри та особливостей його використання в організаціях торгівлі.*

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За енциклопедичним словником Брокгауза і Ефрона «довіра – психічний стан, в силу якого ми покладаємося на якусь думку, здається нам авторитетним, і тому відмовляємося від самостійного дослідження питання, що може бути нами дослідженим. Отже, довіра відрізняється як від віри, так само як і від впевненості. Віра перевищує силу зовнішніх фактичних і формально логічних доказів, довіра ж стосується питань, що належать до компетенції людського пізнання; довіряється той, хто не хоче або не може вирішити або зробити чого-небудь сам, покладаючись або на загально визнаний думку, чи на авторитетна особа. Впевненість є свідомість власної сили і складається в довірі до істинності свого знання або правоті своєї справи, довіра, навпаки, виникає зі свідомості слабкості, невпевненості в собі, визнання авторитету. Довіра, як термін, має іноді значення юридичне (наприклад, зловживання довірою)» [1, с. 842–843].

Таким чином, довіра є якимось очікуванням (довірчі очікування), яке, при позитивному

досвіді спільної роботи, може трансформуватися в упевненість, що сторони вчинять так і не інакше.

Основні фактори, що впливають на довіру [17, с. 105]:

- професіоналізм (або рівень експертної підготовки) продавця;
- цінність, яку отримує потенційний покупець в обмін на виконану дію;
- досвід, відгуки, кейси, приклади, історії.
- чесність.

Однак, якщо дивитися на речі глобально, то саме цінність стає вирішальним фактором. Кожна людина хоче знати, яку цінність вона отримує від своєї дії. Так і покупець хоче знати, яку цінність він може отримати, купуючи товар саме в цій організації [14].

Маркетинг довіри – це концепція зі створення і реалізації комплексу маркетингових інструментів, що дозволяють встановити особливі відносини між взаємодіючими сторонами, які здійснюють обмін, засновані на вірі один до одного [9, с. 202].

Основне завдання маркетингу довіри полягає у формуванні глибокої віри взаємодіючих сторін в порядність, надійність, передбачуваність поведінки, яка реалізується в зростанні «кредиту довіри», здатного, в кінцевому підсумку, принести додаткові вигоди всім учасникам.

Довіра – основа сучасного бізнесу. Поки компанії довіряють, потік клієнтів не вичерпується [2, с. 95]. Це особливо актуально для організацій торгівлі.

Сьогодні доступ до необхідної інформації спрощений за допомогою використання засобів комунікації, у людей більше немає підстав сліпо довіряти змісту реклами. Будь-який користувач мережі Інтернет може залишити свої відгуки про продукти і послуги організації, а також про саму організацію торгівлі на різних форумах, в соціальних мережах, і організація не може проконтролювати все, що про неї пишуть користувачі.

Компаніям торгівельної сфери, які бажають процвітати в нових умовах, доводиться вибудовувати відносини з потенційним клієнтом так, щоб чітко і ясно пояснити вигідну відміну своєї діяльності та продукту, дати зрозуміти, яким чином їх діяльність та продукт мо-

жуть сприяти досягненню цілей самого клієнта. Тоді споживачі будуть розповідати про це за існуючими каналам і стануть джерелом реклами [4].

Це доведений факт, що зміцнення довіри клієнтів до продуктів і компанії – чудовий спосіб збільшити прибуток і побудувати міцну, надійну споживчу базу. Більшість методів, які пов'язані з побудуванням довіри, ґрунтуються тому, щоб ставитися до клієнтів, як вони самі того хочуть.

Стратегії побудови довіри клієнтів можуть бути такими:

- виділення професійних досягнень, сертифікатів та нагород на веб-сторінці торгівельної компанії, на сторінках у соціальних мережах, та на особливих стендах у самому магазині. Якщо торгівельна організація була визнана кращою якоюсь професійною асоціацією, тоді ця інформація також повинна бути відображена всюди (на веб-сайті, у соціальних мережах, у магазинах). Сертифікати та нагороди мають бути належно оформлені та розміщені для ознайомлення всіма клієнтами компанії;

- оприлюднення відгуків. Відгуки та листи можуть допомогти покращити довіру клієнтів до торгівельної організації. Клієнти хочуть переглядати інші історії успіху, застосування товарів, та порівнювати їх з власним життям. Ця інформація також має бути на веб-сайті, у соціальних мережах, а також повинна розміщуватися у куточку споживача у всіх філіях та підрозділах торгівельної організації;

- торгівельні організації повинні бути чесними та зрозумілими. Ключ до побудови довіри клієнтів через маркетинг і рекламу полягає в тому, щоб бути чесним і зрозумілим. Тобто вся інформація о цінах компанії, о її продукції, правилах роботи повинна бути доступною для клієнтів в будь який час, в будь якому підрозділі організації;

- безпечні операції. Торгівельні організації повинні показувати клієнтам, що вони хочуть захистити свої дані за допомогою безпечного зв'язку. Організація таким чином показує, що клієнти можуть довіряти свої цінні відомості та довіряти продаваним продуктам. Це особливо стосується інформації, яку клієнти надають при оформленні бонусних карток чи карток для знижок;

- особисті відповіді на листування. Якщо клієнт надає пропозицію або скаргу, треба обов'язково знайти час, щоб висловити подяку цьому клієнту за висловлення своєї думки;

- наявність соціальних мереж. Клієнти сприйматимуть організацію як більш доступну, якщо вона буде розглядаються як така, що знаходиться в тих самих місцях соціальних мереж, вона є відкритою для спілкування;

- звернення уваги клієнтів на можливість скарги. Організація повинна надати номери телефонів, інформацію про електронну пошту та будь-які інші способи, за допомогою яких клієнти можуть повідомити о проблемі, чи поскаржитися. Чим більше часу потрібно організації для вирішення проблеми, тим більше потенційних клієнтів почують про цю проблему від невдоволених клієнтів. Вся ця інформація повинна бути розташована на сайті компанії, в соціальних мережах, на видному місці у магазині;

- надання порад клієнтам. Так само, як клієнти хочуть мати можливість довіряти інформація, яку дає організація, вони хочуть мати можливість довіряти порадам і рекомендаціям, які дає організація. Це означає, що якщо при аналізі ситуації клієнта виявляється, що продукт або послуга не є правильним рішенням для його проблеми, продавець повинен надати йому рекомендацію, а потім спрямувати туди, де він зможе отримати потрібний товар або послугу;

- професійний веб-дизайн. Сьогодні, у вік інформаційних технологій, одна з найважливіших частин будь-якого бізнесу – це дизайн веб-сайту, який легко використовувати в контексті центрів електронних послуг та навігаційна структура веб-сайту, яка включає в себе функції пошуку, карту, опис продуктів і ін;

- використання корпоративного електронного повідомлення. Краще під час ведення бізнесу використовувати електронну пошту з власного домену (sales@companyname.ua);

- участь у веб-форумах. Веб-форуми та веб-сайти клієнтів є прекрасним інструментом побудови довіри. Такі сайти дозволяють клієнтам переглядати компанії, з якими вони працювали, повідомляючи іншим, що їм подобається і їм не подобається. Потенційні споживачі люблять чути, що думають інші;

- профіль компанії. Організація може створити довіру, познайомивши своїх клієнтів з людьми у середині компанії. Треба включати традиційну інформацію, таку як історія, чому компанія була заснована, а також профілі співробітників. Ця інформація може надаватися при вході до магазину, для можливості ознайомлення з компанією, чи при виході з магазину, біля каси;

- контакт з клієнтом. Наявність контактів дуже важлива. Найкраще надати адресу, номер телефону, адреси електронної пошти та контактну форму для користувачів, які не можуть надсилати електронні листи під час свого візиту. Ця інформація може надаватися в вигляді візиток, чи навіть презентаційних чи POS- матеріалів [9, 10].

Продавці повинні навчитися завойовувати довіру клієнтів [3]. Це передбачає допомогу клієнту у виборі тієї чи іншої продукції. Це також передбачає, що деякі споживачі, які витратили час на розуміння продукту, можуть мати меншу потребу в допомозі продавця. У такому випадку продавець має поцікавитися чи необхідна його допомога і не нав'язуватися клієнту. У зв'язку з широким використання Інтернету та доступності інформації, знання продукту, ймовірно, продовжуватиме зростати. Найчастіше споживачі сприймають допомогу продавця більш як спробу переконати або надмірно вплинути на них, ніж як спробу надання фактичних даних для сприяння процесу прийняття рішень. Продавці повинні розуміти, як це зробити належним чином, як керувати ситуацією продажу з групами клієнтів, які шукають інформацію перед тим, як робити покупки.

Ефективному управлінню взаємовідносинами з клієнтами сприяє технологічний прогрес, зокрема таке його досягнення, як CRM [9, с. 135–138]. У вузькому сенсі Customer Relationship Management, що з англійської перекладається як «система управління взаємовідносинами з клієнтами», – це програмне забезпечення для зберігання даних про клієнтів, автоматизації, контролю та аналізу всіх процесів взаємодії з ними. Це ціла бізнес-стратегія, спрямована на зміцнення зв'язків з клієнтами для оптимізації їх обслуговування, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення цінності кожного споживача, а отже, до зростання конкурентоспроможності компанії. В епоху масових продажів і жорстокої

конкуренції орієнтація економіки на продукт втратила актуальність. Виробників безліч, якість товарів і послуг приблизно на одному рівні, так само як і ціни. Єдиним способом виділитися поміж конкурентів стала персоналізація, тобто виявлення і задоволення індивідуальних потреб клієнта, завоювання його довіри. Інформаційні технології дозволяють збирати і зберігати інформацію про споживачів на всіх етапах взаємодії з ними, аналізувати отримані дані і на підставі їх будувати найбільш успішні моделі відносин. Завдяки автоматизації багаторазово збільшується швидкість бізнес-процесів, що також позначається на прибутку компанії.

Також в даний час розвиток отримують такі сучасні маркетингові технології, які розвивають довіру і, в той же час, ґрунтуються на довірі. Такими технологіями є collaboration і crowdsourcing [9, с. 504–506].

Термін «колаборація» (collaboration) в перекладі з англійської означає «співпраця», «спільна робота» [5]. Під визначення поняття колаборації потрапляють будь-які способи спільної роботи, будь то спільна робота співробітників однієї компанії, що працюють в географічно віддалених офісах, або робота групи над спільним проектом [5].

По суті, колаборація спрямована на залучення клієнтів, а не на те, щоб відвернути аудиторію від традиційної реклами. Колаборація є підходом, в якому маркетинголог стає корисним для клієнта і при якому саме клієнт шукає маркетинголога. Цей підхід відрізняється від традиційних вибухових рекламних повідомлень, спрямованих на пошук клієнтів. Дана маркетингова технологія дозволяє кожному клієнту відчувати своє «володіння постачальником». Конкурентне мислення може привести до нездатності визнати можливості для співпраці, індивідуалізм – до нездатності попросити про допомогу, коли потрібна допомога. Як наслідок, при колаборації обидві сторони можуть досягати своїх цілей з меншими витратами часу і коштів [8].

Інша сучасна течія в маркетингових технологіях є краудсорсінг (англ. Crowdsourcing, crowd – «натовп» і sourcing – «використання ресурсів») – це створення навколо себе соціальних зв'язків, які допомагають в реалізації наміченої мети [5]. Термін «краудсорсінг» вперше згадав Дж. Хау в 2006 р і визначив його як передачу певних виробничих функцій

невизначеному колу осіб на підставі публічної оферти, що не має на увазі укладення трудового договору [7].

Компанії використовують краудсорсінг, щоб отримати кардинально нові рекомендації з розвитку власних продуктів. Крім цього краудсорсінг-спільноти розробляють свої власні продукти, які компанія-клієнт потім може купити або виробляти від імені краудсорсерів, розділяючи прибуток. У більшості випадків, залучаючи краудсорсерів до розробки продукту, компанія прагне забезпечити не тільки створення інноваційної ідеї продукту, але і знайти клієнтів, яким потім цей продукт буде пропонувати [8].

Так як процес колаборації направлений на спільні проекти організації та клієнта, учасники групи володіють великим обсягом інформації і починають краще розуміти один одного: так організація починає краще розуміти споживача, його прагнення, очікування, цінності, а споживач починає краще розуміти компанію, її діяльність, використані технології та продукти. Тим самим досягаються розуміння і задоволеність клієнта. Технологія краудсорсінгу дозволяє створити новий затребуваний продукт шляхом найменших витрат і залучення великої кількості клієнтів (експертів), які вносять пропозиції щодо адаптації продукту до потреб сучасного споживача. Таким чином, ці технології за своєю сут-

тю є бізнес-процесами, спрямованими на забезпечення розуміння і задоволеності клієнтів, і тим самим сприяють формуванню кола потенційних клієнтів та їх довіри до компанії.

## ВИСНОВКИ

Сьогодні найцінніший ресурс будь-якої організації торгівлі – це її клієнти. В сучасних економічних умовах важливо максимально скоротити відтік споживачів і підвищити їх прибутковість. Сьогодні цього неможливо досягти без формування довіри і лояльності. Основою довіри є ефективне управління клієнтами і індивідуальний підхід до кожного з них. Добре знання клієнта дозволяє докорінно змінити бізнес-модель: від неефективної стратегії пошуку нових споживачів перейти до розробки рішень для існуючих клієнтів з урахуванням їх запитів. Таке персоналізоване обслуговування – прямий шлях до формування лояльності і довіри, а значить, підвищення цінності клієнтської бази і успішності компанії.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямку є формування моделі використання маркетингу довіри у організаціях торгівлі, визначення практичних інструментів та методів використання маркетингу довіри вітчизняними торгівельними компаніями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Arsen'ev, K., & Petrushevskij, F. (Eds.). (1893). *Jenciklopedicheskij slovar' Brokgauza i Efrona* [Encyclopedic Dictionary of Brockhaus and Efron] (Vol. 20). Sankt-Peterburg: Tipo-Litografija I. A. Efrona (in Russian)  
[Арсеньев, К., & Петрушевский, Ф. (Ред.). (1893). *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона* (Том 20). Санкт-Петербург: Типо-Литография И. А. Ефрона].
2. Balabanova, L., & Mitrokhina, Yu. (2009). *Stratehichne marketynhove upravlinnia zbutom pidpriemstv*. Donetsk: DonNUET (in Ukrainian)  
[Балабанова, Л., & Мітрохіна, Ю. (2009). *Стратегічне маркетингове управління збутом підприємств*. Донецьк: ДонНУЕТ].
3. Bazalieva, L. (2016). *Sovershenstvovanie metodicheskikh osnov formirovanija doverija v marketingovoj dejatel'nosti kompanii* [Improvement of methodical bases of formation of trust in marketing activity of the company]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti*, 2(55), 88–100 (in Russian)  
[Базалиева, Л. (2016). Совершенствование методических основ формирования доверия в маркетинговой деятельности компании. *Развиток методів управління та господарювання на транспорті*, 2(55), 88–100].
4. Bazalieva, L. (2017). *Metodicheskie aspekty formirovanija doveritel'nyh vzaimootnoshenij predprijatija so stejkhoderami* [The Methodical Aspects of Formation of Trusting Relationship

- between Enterprise and Stakeholders]. *Business Inform*, 4, 376–381 (in Russian)  
[Базалиева, Л. (2017). Методические аспекты формирования доверительных взаимоотношений предприятия со стейкхолдерами. *Бизнес Информ*, 4, 376–381].
5. Dushina, M. (2014). *Metody setевой kommunikacii v digital'nom obshhestve: benchmarking, kraudsorsing, kraudfanding* [Methods of network communication in digital society: benchmarking, crowdsourcing, crowdfunding]. *Sociology of science and technology*, 5(1), 105–114 (in Russian)  
[Душина, М. (2014). Методы сетевой коммуникации в дигитальном обществе: бенчмаркинг, краудсорсинг, краудфандинг. *Социология науки и технологии*, 5(1), 105–114].
  6. Godin, S. (2004). *Doveritel'nyj marketing. Kak iz neznakomca sdelat' druga i prevratit' ego v pokupatelja* [Permission Marketing: Turning Strangers into Friend, and Friends into Customers]. Moscow: Al'pina Biznes Buks (in Russian)  
[Годин, С. (2004). *Доверительный маркетинг. Как из незнакомца сделать друга и превратить его в покупателя*. Москва: Альпина Бизнес Букс].
  7. Khymych, I. (2014). *Kraudsorsynh – suchasna finansovo-marketynhova stratehiia pidpriemstva* [Crowdsourcing is modern finance and marketing enterprise strategy]. *Socio-Economic Problems and the State*, 1(10), 242–249 (in Ukrainian)  
[Химич, І. (2014). Краудсорсинг – сучасна фінансово-маркетингова стратегія підприємства. *Соціально-економічні проблеми і держава*, 1(10), 242–249].
  8. Kosulia, I. (2014). *Kraudsorsynh ta kraudfandynh: novi poniattia chy novi fenomeny* [Crowdsourcing and Crowdfunding: New Concepts or New Phenomena]. *Metodolohiia, teoriia ta praktyka sotsiolohichnoho analizu suchasnoho suspilstva*, 20, 267–271 (in Ukrainian)  
[Косуля, І. (2014). Краудсорсинг та краудфандинг: нові поняття чи нові феномени. *Методологія, теорія та практика соціологічного аналізу сучасного суспільства*, 20, 267–271].
  9. Kotler, Ph., Dubois, B., & Manceau, D. (2004). *Marketing Management* (11th ed.). Paris: Pearson Education.
  10. Kudenko, N. (2012). *Stratehichniy marketynh* [Strategic Marketing]. Kyiv: KNEU (in Ukrainian)  
[Куденко, Н. (2012). *Стратегічний маркетинг*. Київ: КНЕУ].
  11. Naumov, V. (2010). N. Marketing doverija: teoriya, strategii, praktika [Trust Marketing: theory, strategy, practice]. *Marketing i marketingovyie issledovaniya*, 2(86), 98–108 (in Russian)  
[Наумов, В. (2010). Маркетинг доверия: теория, стратегии, практика. *Маркетинг и маркетинговые исследования*, 2(86), 98–108].
  12. O'Shonessi, Dzh. (2002). *Konkurentnyj marketing: strategicheskij podhod* [Competitive Marketing: A Strategic Approach]. Saint-Petersburg: Piter (in Russian)  
[О'Шонесси, Дж. (2002). *Конкурентный маркетинг: стратегический подход*. Санкт-Петербург: Питер].
  13. Popova, N. (2016). *Marketynh doviry yak suchasna paradyhma rozvytku marketynhu na pidpriemstvakh transportno-lohistrychnoi systemy* [Trust marketing as a modern paradigm of marketing development at the enterprises of transport and logistics system]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya "Ekonomika"*, 1(47), 260–265 (in Ukrainian)  
[Попова, Н. (2016). Маркетинг довіри як сучасна парадигма розвитку маркетингу на підприємствах транспортно-логістичної системи. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*, 1(47), 260–265].
  14. Popova, N., & Kataiev, A. (2017). *Marketynh doviry u suchasnomu ryteili* [Trust Marketing in Modern Retail]. In S. Iliashenko (Ed.), *Marketynh innovatsii i innovatsii u marketynhu* (pp. 140–141). Sumy: TRYTORIIa (in Ukrainian)  
[Попова, Н., & Катаєв, А. (2017). Маркетинг довіри у сучасному ритейлі. В С. Іляшенко (Ред.), *Маркетинг інновацій і інновації у маркетингу* (с. 140–141). Суми: ТРИТОРІЯ].

15. Popova, N., & Kataiev, A. (Eds.). (2016). *Marketynh vzaiemodii: suchasna teoriia i praktyka* [Relationship Marketing: Modern Theory and Practice]. Kharkiv: FOP Panov A. M. (in Ukrainian) [Попова, Н., & Катаєв, А. (Ред.). (2016). *Маркетинг взаємодії: сучасна теорія і практика*. Харків: ФОП Панов А. М.].
16. Popova, N., & Sosnova, O. (2015). *Upravlinnia vzaiemodiieiu zi spozhyvachamy ta partneramy na osnovi marketynhu doviry* [Managing consumer and partner interaction based on trust marketing]. In K. Hurova (Ed.), *Rozvytok konkurentsii ta formuvannia konkurentnoho seredovyscha v Ukraini* (pp. 96–97). Kharkiv: KhTEI KNTEU (in Ukrainian) [Попова, Н., & Соснова, О. (2015). Управління взаємодією зі споживачами та партнерами на основі маркетингу довіри. В К. Гурова (Ред.), *Розвиток конкуренції та формування конкурентного середовища в Україні* (с. 96–97). Харків: ХТЕІ КНТЕУ].
17. Turcheniuk, M., & Shvets, M. (2011). *Marketynh* [Marketing]. Kyiv: Znannia (in Ukrainian) [Турченко, М., & Швець, М. (2011). *Маркетинг*. Київ: Знання].

# Фармакотерапевтичний ефект стреспротекторів у віковому аспекті

## Pharmacotherapeutic Effect of Stress Protectors in the Age Aspect

Аліна Голованова<sup>1</sup>, Людмила Киричек<sup>1</sup>, Тамара Єрмоленко<sup>1</sup>, Федір Гладких<sup>2</sup>  
Alina Holovanova, Liudmyla Kyrychek, Tamara Yermolenko, Fedir Hladkykh

<sup>1</sup> *Kharkiv National Medical University*  
4 Nauki Prospect, Kharkiv, 61022, Ukraine

<sup>2</sup> *Grigoriev Institute for Medical Radiology the National Academy of Medical Sciences of Ukraine*  
82 Pushkinska Street, Kharkiv, 61024, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.29-6

LCC Subject Category:  
RM1-950

Received 20.11.2017  
Accepted 20.12.2017  
Published online 23.12.2017

Corresponding Author:  
Fedir Hladkykh  
fedir.hladkykh@gmail.com

**Анотація.** Наведено дані літератури та результати власних експериментальних досліджень щодо вікових аспектів стресових реакцій, які супроводжують людину від народження до зрілого віку. Стрес у дітей є емоційним і характеризується збільшенням загрудинної залози, а також зростанням рівня кортикостероїдів у крові, як відображення вродженого імунно-лімфоїдного захисту дитини, що виникає в процесі родового стресу матері. Решта показників нейрогормонального захисту (величина наднирників, селезінки, еозінопенія, гіперглікемія) є типовими, але менш вираженими, ніж у дорослих у зв'язку із функціональною недосконалістю систем і органів. Зрушення в рівновазі прооксидантно-антиоксидантної системи не відмічається. Крім того «дитячий» стрес проявляється дефіцитом магнію ( $Mg^{2+}$ ), порушенням кислотно-основної рівноваги та імунною недостатністю. Наведені вище відомості слугують підґрунтям необхідності залучення у повсякденну комплексну терапію будь-якого захворювання в залежності від показів, поряд з формулярними препаратами в дитячих дозах рослинних седативних засобів (*Valeriana officinalis*, *Cardamine pratensis*), психоседативних транквілізаторів і навіть нейролептиків, препаратів магнію, ехінацеї в поєднанні з цинком та вітаміном С. Рекомендуються також антиоксиданти, імуностимулятори та стреспротектори (пірацетам, амінолон, таурин), рослинні адаптогени (жень-шень (*Panax*), елеутерокок (*Eleutherococcus*)), які попереджають стресову реакцію, не порушуючи рівня природженого захисту зростаючого організму та психічні можливості дитини на рівні її фізичного розвитку.

**Ключові слова:** стрес; стреспротектор; пірацетам; елеутерокок; «дитячий» стрес; порівняльний віковий експеримент; адаптогени; іммобілізація.

**Abstract.** The data of the literature and the results of original experimental observations concerning the age aspects of stress reactions that accompany a person from birth to adulthood are given. Stress in children is emotional and is characterized by an increase in the thymus, as well as an increase in the level of corticosteroids in the blood, as a reflection of the innate immune-lymphoid defense of the child, which occurs in the process of the childbirth stress of mother. Other indicators of neurohormonal protection (adrenal glands, spleen, eosinopenia, hyperglycemia) are typical but less pronounced than in adults due to functional immaturity of systems and organs. The shift in the balance of the prooxidant-antioxidant system is not marked. In addition, "child" stress is manifested by deficiency of magnesium ( $Mg^{2+}$ ), a violation of the acid balance and immune deficiency. The above data serve as the basis for the proof of the need of involving in everyday complex therapy of any disease, depending on the indications, along

© 2017 The Authors. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License



with formulary preparations in children's doses of herbal sedatives (*Valeriana officinalis*, *Cardamine pratensis*), psycho-responsive tranquilizers and even neuroleptics, magnesium preparations, *Echinacea* in combination with Zinc and vitamin C. Also antioxidants, immunostimulants and stressors (piracetam, aminolon, taurine), plant adaptogenes (*Panax*, *Eleutherococcus*), which prevent a stress reaction, without violating the level of innate protection of the growing organism and the child's mental abilities at the level of its physical development, are recommended.

**Keywords:** stress; stress protector; piracetam; eleuterococcus; "child" stress; comparative age experiment; adaptogenes; immobilization.

*Присвячується пам'яті фундатора української школи стреспротективної фармакології, доктору медичних наук, професору кафедри фармакології та медичної рецептури Харківського національного медичного університету КИРИЧЕК Людмилі Трохимівні*

## ВСТУП

Проблема стресу в останнє десятиліття набуває все більшої актуальності в різних галузях медицини, звичайно це стосується і фармакології. Ще Ганс Сельє у 1936 р. визначив, що **стрес – це компенсаторний прояв реактивності організму для збереження гомеостазу у всіх випадках його порушення** [23]. Незважаючи на багаторічну історію всебічного вивчення проблематики стресових реакцій, досі дискусійним залишається необхідність послаблення проявів стресу, виходячи з його сигнального значення. З одного боку це обумовлює потребу пошуку антистресових засобів та вивчення умов їх раціонального застосування на різних етапах стресової реакції, а з іншого – вивчення особливостей дії відомих лікарських засобів в умовах емоційної напруги. Важливим результатом проведених доклінічних досліджень є висновок про те, що проблема лікарської допомоги при стресі правомірна та повинна вирішуватися з загальнобіологічних позицій, не обмежуючись симптоматичною терапією, а на підставі системного підходу з урахуванням сучасних аспектів класичної концепції стресу. Фармакотерапія стресу повинна стосуватися його руйнівного впливу, забезпечуючи мобілізацію, в першу чергу природних фізіологічних механізмів захисту організму, у тому числі й стрес-лімітуючих систем [13, 15].

Стресові реакції в дитячому віці – явище звичайне, що виникає не тільки на екстремальні фактори, але навіть і на незнайомі обставини. Проте, як свідчать дані літератури [11, 13, 14,

15], вони виконують свою захисну роль, а з огляду на їх хронічний характер, можуть викликати несприятливі наслідки, які ускладнюють перебіг виникаючих захворювань або призводять до їх формування.

З даних літератури [4, 11, 12, 20] можна зробити висновок, що стрес у дітей носить переважно емоційний характер, оскільки найбільш характерна риса дитини – її емоційність. Саме цей характер стресу в поєднанні з особистісними характеристиками дитини та з умовами життєвих обставин частіше є причиною подальших соматичних розладів і навіть захворювань [11, 13, 14]. Дитячому віку властиві низький поріг чутливості до подразників, висока інтенсивність реакцій на зовнішні подразники, незалежно від їх сили, труднощі в адаптації до нових вражень з переважанням негативних емоцій. Незрілий вік виключає активну життєву позицію, задоволеність трудовою діяльністю, подолання технічного прогресу, екологічних проблем. Діти не можуть підвищити свою стійкість до стресових впливів фізичною діяльністю, високим рівнем інтелектуальності, від якої залежить прагнення до досягнення оптимального результату дії в умовах стресу.

Фізіологія стресу характеризується збудженням центральної нервової системи з переважанням симпатичного тону. Реалізуючи ерготропну (активуючу) функцію, через адреналокортикальну нейроендокринну вісь, він напружує на етапі еустресу і порушує при дистресі діяльність органів серцево-судинної

системи, призводить до виникнення стенокардії, формувань ішемічної хвороби серця, аритмій, перетворення гіпертензії в гіпертонічну хворобу, розвитку нефропатії та ін. При цьому одночасно підвищується і парасимпатичний тонус, що забезпечує трофотропну функцію органів, послаблюючи і сповільнюючи через соматотропну активність процеси травлення в шлунково-кишковому тракці (виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки, дисфункція кишківника, гепатит, цукровий діабет та ін.). Стрессова активність забезпечується і тиреоїдною системою. Ця вісь пов'язана з утворенням в гіпоталамусі тиреотропін-релізінг-фактора, під впливом якого в аденогіпофізі синтезується тиреотропний гормон. Забезпечуючи продукцію тироксину в щитоподібній залозі, він підсилює трофіку і метаболізм тканин, а тому має відношення до всього організму в цілому. Як бачимо, взаємодія трьох рівнів кортико-вісцеральної фізіології (кортикальної, підкіркової і вісцерально-вегетативної) за допомогою нейрофізіологічних, медіаторних і гормональних механізмів в умовах стресу на різних його стадіях (тривоги, резистентності, виснаження) може призвести до незворотних змін функціональної нестійкості, властивої дітям молодшого віку, до виражених коливань фізіологічних функцій, що представляють типову форму дитячого реагування, створюючи основу для розвитку в подальшому психосоматичних розладів.

Емоційно-стрессова напруга у дітей може загрожувати не тільки індукуванням прогресування вже існуючих захворювань, але і виникненням типових порушень, відомих як постстрессові стани з типовою симптоматикою. В літературі описані психосоматичні порушення у дітей після стоматологічного прийому, після госпіталізації і навіть під час вступу до ясел, дитячого садка, школи і т.п. [1, 5, 11, 19]. До патологій, що виникають у дітей на тлі нервового напруження, відносять посттравматичні стрессові розлади, гострі респіраторні (вірусні) інфекції (ГРВІ) та інші вірусні захворювання, ймовірність розвитку яких пов'язана з ослабленням захисної реакції на інфекційну агресію [4, 12]. Дані літератури, які висвітлюють питання «дитячого» стресу безсумнівно вказують на залежність його прояву від віку [2, 13, 14, 15], однак опис характеру вікових особливостей психоемоційного напруження характеризується полівекторністю. Перш за все, відомо ослаблення

стрес-реактивності в дітей у зв'язку із незрілістю фізіологічних систем організму, в тому числі і систем адаптації [8, 15]. У той же час, в період новонародженості рівень кортикостероїдів у крові достатньо високий у зв'язку з родовим стресом і надходженням через плаценту материнських кортикостероїдів [13, 14, 17]. У перші два тижні після народження кількість кортикостероїдів у крові не змінюється, навіть при стресі. У дітей в віці від одного місяця до трьох років з інфекційно-токсичними порушеннями на тлі ГРВІ, пневмонії або кишкових інфекцій відзначена активація процесів перикисного окислення у вигляді збільшення в сироватці крові рівня малонового діальдегіду (МДА), кількість якого зростає пропорційно тяжкості неврологічної патології [5, 6, 7, 13, 14, 22]. Відповідно до теорії пренатального походження набутих за життя дітей захворювань їх генезис обґрунтовується несприятливими впливами на плід в період вагітності [13, 24, 28].

Поєднання цих фізіологічних та біосоціальних особливостей «дитячого» стресу разом із особистісним характером реакції дитини зрештою визначить, чи стане для нього подія стрессовою. У цих умовах можна розраховувати тільки на фармакотерапію, вибір якої в міру зменшення віку стає важчим: чим менш зрілим є організм, тим більш неспецифічна і дифузна його реакція, в тому числі й на лікарські засоби.

У зв'язку з неоднозначністю даних інформаційних джерел, метою роботи було експериментальне вивчення фармакотерапевтичного ефекту відомих стреспротекторів в віковому експерименті.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження виконано на 72 нелінійних щурах різної статі і віку, які в експериментальних умовах зарекомендували себе достатньо чутливими до стресу, і крім того, за низкою біологічних особливостей (короткий життєвий цикл, невелика вага, участь у когортних дослідах) відповідають вимогам фармакологічного експерименту [15, 26]. Дослідження проведено в дві серії – А і Б. У серію А були включені щури першого місяця життя (пізній молочний період життя), масою 75–80 г, що відповідає віку дитини до 4-х років, другого місяця життя (препубертатний період життя), масою 90–100 г, що відповідає віку дити-

ни до 10 років і третього місяця життя (пубертантного період), масою 110–120 г, що відповідає віку людини до 14 років. Серія Б включала статевозрілих дорослих щурів, масою 200–250 г. Активний період життя відповідає 30-40 рокам людини [26, 29].

Щурів було розділено на 5 груп: I група (n=6) – інтактний контроль; II група (n=6) – стрес, індукований іммобілізацією; III група (n=6) – стрес, індукований іммобілізацією + пірацетам (20 мг/кг; 200 мг/кг); IV група (n=6) – стрес, індукований іммобілізацією + тіоцетам (25 мг/кг; 250 мг/кг); V група (n=6) – стрес, індукований іммобілізацією + елеутерокок (10 мг/кг; 100 мг/кг).

Гострий стрес моделювався шляхом іммобілізації щурів серії А (1-3-місячних тварин) за допомогою фіксації їх на спині протягом 3 год. Щурів серії Б (дорослих щурів) іммобілізували в клітинах-пеналах з плексигласу протягом 20 год. Кожна клітка складалася з шести секцій з рухомими боковими стінками, що дозволяло зберегти об'єм простору, в якому знаходилася кожна тварина, відповідно до маси тіла та в однаковій мірі обмежувати її рухову активність у всіх напрямках [13, 14, 15, 22].

В якості засобів фармакотерапевтичного захисту були обрані нейрометаболічні препарати – пірацетам (рис. 1), тіоцетам та екстракт елеутерококу.

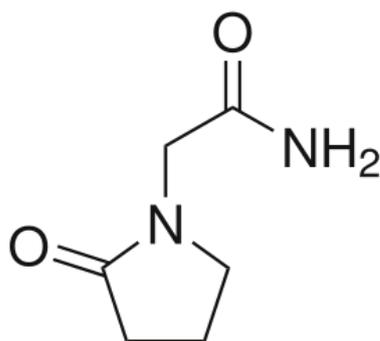


Рисунок 1 – Пірацетам  
(2-оксо-1-піролідін ацетамід)

*Пірацетам* – класичний представник ноотропів. Стреспротекторна дія ноотропів визначається їх центральними та периферичними механізмами: перші знижують активність гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи (ГГНС) та симпатoadреналових стимулів й визначають анксиолітичний компо-

нент в їх дії, другі пов'язані із впливом на активність антиоксидантних ферментів та оптимізацію енергетичного обміну, забезпечуючи загальнометаболичну активність ноотропів [3]. Загалом церебропротекторні властивості ноотропів проявляються збереженням дієздатності організму шляхом підвищення рівня психофізіологічної стійкості, зміною пасивної форми адаптації в активну на основі підвищення стійкості мозку до дії пошкоджуючих факторів та зниження потреби нейронів в кисні. Все це складає фармакологічну основу захисної дії пірацетаму в стресовій ситуації [2, 31].

*Тіоцетам* – комбінований препарат, який складається з тіотриазоліну та пірацетаму, відноситься до групи цереброактивних засобів, що мають ноотропні, протиішемічні, антиоксидантні та мембраностабілізуючі властивості [16, 21, 27, 28]. Ноотропні ефекти тіоцетаму у вигляді усунення психогенних наслідків стресу та покращення інтегративної й когнітивної діяльності мозку поєднуються з підвищенням активності метаболічного шунта гамма-аміномасляної кислоти (ГАМК-шунта), модуляцією інтенсивності функціонування системи NO і конкуренцією з SH-групами цистеїн-залежних ділянок клітинних білків та нейропептидів. Забезпечуючи таким чином взаємодію стрес-стимулюючих та стрес-лімітуючих систем, тіоцетам проявляє системний стреспротекторний вплив, поліпшує інтегративну та когнітивну діяльність мозку, сприяє процесу навчання, усуває амнезію та наслідки стресу [18, 30].

*Елеутерокок* – типовий представник адаптогенів, що має загальнотонізуючу дію на основні функції і системи, а також підвищує опірність організму до несприятливих впливів [5, 18, 22, 30]. Препарат являє собою спиртовий екстракт кореневищ з коренями елеутерокока колючого (*Eleutherococcus senticosus*). До складу препарату входять елеутерозоїди, завдяки яким він підвищує фізичну та розумову працездатність, стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища. Також до механізму дії елеутерококу відносять активізацію синтезу РНК і білків, внаслідок чого зростає інтенсивність відновних процесів, функціональна спроможність антиоксидантних систем, нівелюються біохімічні порушення за умов стресових реакцій, нормалізуються функції гіпоталамо-адrenalової та імунної систем. Препарат досить ефективно підвищує

специфічний і неспецифічний імунітет, поліпшує гомеостаз, покращує кровообіг, дихання, зір та слух, проявляє кардіопротекторну та гепатопротекторну дії [1, 6].

Досліджувані лікарські засоби – пірацетам (ПАТ «Галичфарм», Україна) і тіоцетам (ПАТ «Галичфарм», Україна) – вводили одноразово внутрішньоочеревинно (в/о) за 60 хв. до закінчення іммобілізації в ізотерапевтичних дозах, розрахованих з урахуванням видової чутливості тварин і віку за Ю. Р. Риболовлевим (1979 р.). Для дорослих щурів доза пірацетаму складала 200 мг/кг, а для щурів 1,2,3-го місяця життя – 20 мг/кг. Тіоцетам статевозрілим щурам вводили в дозі 250 мг/кг, а щурам молодшого віку – 25 мг/кг. Враховуючи виникнення в будь-якому випадку загального адаптаційного синдрому препаратом порівняння служив відомий адаптоген – випарений від спирту рідкий екстракт елеутерококу, який застосовувався в аналогічних умовах дослідів в дозі для дорослих щурів – 100 мг/кг, та для малюків доза становила 10 мг/кг.

Реакцію організму на стрес визначали за станом ГГНС і за прооксидантно-антиоксидантною рівновагою (ПОЛ-АОЗ), які першими відповідають на дію стресового чинника. Для ГГНС функціональними показниками були вагові коефіцієнти (ВК) за грудинної залози, надниркових залоз і селезінки, розраховані в (%) від маси тіла, вміст аскорбінової кислоти (АК) в надниркових залозах, мг%, розрахованої титриметрично (за методикою Н. Т. Щербань, 2004 р.), кортикостерону (КС) в сироватці крові в мг/л (імуноферментний метод з використанням набору реактивів фірми «Enzo», США), рівень глюкози в сироватці крові, мг/л (глюкозооксидазно на автоматичному біохімічному аналізаторі "Lbline-80", Австрія), кількість еозинофілів,  $\times 10^6$ /л (морфометрично, шляхом підрахунку в камері Фукс-Розенталя). Крім того, проводили оцінку стану слизової оболонки шлунка (СОШ) за бальною шкалою Л. В. Яковлевої [9, 10, 26]:

Бали	Стан слизової оболонки шлунка
0	Відсутність видимих ушкоджень
1	Наявність однієї або декількох ознак з переліку: 1.1. набряк (згладженість складок) 1.2. Крововилив(и) 1.3. Виразка(и) діаметром до 1 мм в кількості не більше трьох

2	Більше трьох виразок діаметром до 1 мм або одна виразка діаметром до 3 мм
3	Наявність бодай однієї виразки діаметром до 4 мм
4	Декілька виразок діаметром до 4 мм
5	Перфоративна виразка

Розрахунок інтегрального показника стану СОШ (виразкового індексу, *VI*) проводили за наступною формулою [9, 10, 26]:

$$VI = \frac{\text{Середній бал за шкалою Л. В. Яковлевої} \times \% \text{ тварин із виразками}}{100}$$

Для системи ПОЛ-АОЗ вираховували рівень дієнових кон'югатів (ДК), ммоль/л (за методикою В. І. Скорнякова, 1988 р.), кількість малонового діальдегіду (МДА), мкмоль/л (за методикою А. І. Карпищенко, 1997 р.), активність супероксиддисмутази (СОД), у.о. (за методикою В. А. Костюк, 1990 р.) та активність каталази (КЛ), у.о. (за методикою В. А. Баравої, 1991 р.). Показники визначалися спектрофотометрично за оптичної щільністю на різній довжині хвилі з різними кольоровими фільтрами.

Отримані результати дослідження в групах контрольної патології та в групах з використанням дослідних лікарських засобів порівнювали з даними власного інтактного контролю, з результатами дослідів на дорослих щурах, а також між віковими групами та оцінювали статистичну вірогідність розбіжностей за значенням t-критерію Стьюдента з поправками Бонферроні при рівні статистичної значущості  $p < 0,05$ . Цифрові дані нормального розподілу величин наведені у вигляді « $M \pm m$  (SE)», де  $M$  – середнє арифметичне значення,  $m$  (SE) – стандартна похибка середнього арифметичного [30].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Отримані дані відображали в цілому низьку функціональну активність вивчених стрес-стимулюючих систем у контрольних щурів молодшого віку, разом з тим у порівнянні з даними дорослих щурів, характеризувалися більш високим ваговим коефіцієнтом за грудинної залози [(0,171  $\pm$  0,040) % проти (0,146  $\pm$  0,009) %] відповідно на 17,1 % біль-

ше у молодших щурів порівняно з дорослими. Істотним переважанням в сироватці крові рівня КС  $[120,70 \pm 5,39]$  нг/л проти  $[44,5 \pm 0,76]$  нг/л, що на 71,7 % більше у 1,2,3 – місячних щурів відносно статевозрілих щурів ( $p < 0,05$ ) і рівня глюкози  $[(7,01 \pm 1,10)$  ммоль/л проти  $(4,10 \pm 0,25)$  ммоль/л], що перевищує на

70,0 % показники щурів малого віку проти дорослих тварин.

Після іммобілізації окремі з вивчених показників змінюються, відображаючи стресову реакцію. Як видно з табл. 1, у 1-місячних щурів вона проявляється порушенням окисної рівноваги у вигляді накопичення продуктів ПОЛ та зниженням активності антиоксидантних ферментів.

Таблиця 1 – Показники стрес-стимулюючих систем при іммобілізації у дорослих контрольних і 1-місячних щурів (n=6)

Показник	Дорослий контроль		1- місячні щури	
	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)
<i>Нейрогормональна регуляція</i>				
Ваговий коефіцієнт, %				
<i>тимус</i>	0,146±0,009	0,119±0,003 *	0,171±0,04	0,172±0,007
<i>лівий наднирник</i>	0,020±0,001	0,025±0,002 *	0,013±0,003	0,012±0,003 §
<i>правий наднирник</i>	0,019±0,001	0,027±0,002 *	0,013±0,003	0,012±0,003 §
<i>селезінка</i>	0,535±0,015	0,303±0,02 *	0,340±0,07 §	0,400±0,09
АК (наднирники), мг%	410,0±13,12	305,20±13,02 *	206,0±25,80	214,0±19,20 §
КС (сироватка крові), нг/л	44,50±0,76	85,50±0,30 *	120,9±6,17 §	155,8±13,70
Еозинофіли (кров), ×10 <sup>6</sup> /л	218,20±6,82	61,80±2,55 *	119,0±30,30 §	97,0±10,90 §
Виразковий індекс СОШ	0	1,50±0,34 *	0	0,2±0,20 §
<i>Метаболічна регуляція</i>				
ДК, ммоль/л	12,6±0,25	13,9±1,15	14,30±0,81	24,20±2,51 *#
МДА, мкмоль/л	7,00±0,21	9,40±0,90 *	4,70±0,03	9,10±1,53 *
СОД, у. о.	4,60±0,11	3,90±0,25 *	3,50±0,50	3,20±0,67
Каталаза, у. о.	4,60±0,11	2,20±0,28 *	2,80±0,03	2,00±0,05 *#
Глюкоза крові, ммоль/л	4,10±0,25	6,22±0,32 *	7,01±0,06	9,34±0,07 *#

Примітки: \* –  $p < 0,05$  відносно показників інтактних тварин відповідного віку; # –  $p < 0,05$  відносно показників інтактних дорослих тварин; § –  $p < 0,05$  відносно показників дорослих тварин зі стресовою патологією, індукованою іммобілізацією (контрольна група).

При цьому кількість ДК  $[(24,20 \pm 2,51)$  ммоль/л] у 1-місячних тварин проти  $[(13,9 \pm 1,15)$  ммоль/л] у дорослих перевищує їх кількість на 92,1 %.

Аналогічні зміни у щурів цієї групи відбуваються і з глюкозою крові, рівень якої в контролі  $[(7,01 \pm 1,10)$  ммоль/л] у дітей проти  $[(4,10 \pm 0,25)$  ммоль/л] перевищує на 70,9 % дорослих та під впливом стресу  $[(9,34 \pm 0,07)$  ммоль/л] у щурів 1-го місяця життя проти  $[(6,22 \pm 0,32)$  ммоль/л] статевозрілих щурів перевищує на 50,1 % показники дорослих щурів відповідно. Участь в стресовій реакції нейрогормональної регуляції менш виражена і відбивається тільки на кількості КС в сироватці крові: показник у 1-місячних тварин

$[(155,8 \pm 13,7)$  нг/л] проти показника дорослих щурів  $[(85,50 \pm 0,30)$  нг/л] перевищує при іммобілізації на 82,2 % ( $p < 0,05$ ), що, ймовірно, пов'язано з переважанням КС і в контролі.

Аналіз даних, отриманих у 2- і 3-місячних щурів показав, перш за все, різні темпи розвитку реагуючих на стрес систем у зв'язку з ростом тварин (табл. 2).

Більш активною виявилася метаболічна регуляція, показники якої вже у 2-місячних щурів: МДА  $[(5,10 \pm 0,36)$  мкмоль/л], СОД  $[(3,95 \pm 0,27)$  у. о.], каталаза  $[(2,89 \pm 0,29)$  у. о.] і тим більше 3-місячних щурів МДА  $[(4,5 \pm 0,54)$  мкмоль/л], СОД  $[(4,04 \pm 0,44)$  у.о.], каталаза  $[(2,77 \pm 0,42)$  у. о.] практично дося-

гають контрольного рівня дорослих тварин: МДА  $[(7,00 \pm 0,21)$  мколь/л], СОД  $[(4,6 \pm 0,11)$  у. о.], каталаза  $[(4,6 \pm 0,11)$  у. о.], а в окремих випадках сильніше реагують на стрес порівняно з ними. Так кількість ДК у 2-місячних щурів на 97,4 % ( $p < 0,05$ ), а у 3-місячних на 79,1 % ( $p < 0,05$ ) перевищує їх рівень у дорослих іммобілізованих тварин. Рівень глюкози у тварин 2,3-місячного віку також перевищує показники глюкози у дорослих щурів. У 2-місячних тварин рівень глюко-

зи крові більше на 74,9 % ( $p < 0,05$ ), а у 3-місячних на 75,9 %.

Нейрогормональна регуляція має такі ж вікові особливості, як в 1-місячних щурів, і при іммобілізації подібно до них характеризується підвищенням КС  $[169,70 \pm 7,5]$  нг/л у 2-місячних тварин проти  $[85,50 \pm 0,30]$  нг/л в сироватці крові у дорослих, що на 98,5 % більше ( $p < 0,05$ ) у 2-місячних, ніж у дорослих.

Таблиця 2 – Показники стрес-стимулюючих систем при іммобілізації у 2- і 3-місячних щурів (n=6)

Показник	2- місячні щури		3- місячні щури	
	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)
<i>Нейрогормональна регуляція</i>				
Ваговий коефіцієнт, %				
<i>тимус</i>	0,175±0,040	0,195±0,003 §	0,172±0,05	0,169±0,05
<i>лівий наднирник</i>	0,013±0,005	0,011±0,010 §	0,010±0,05 #	0,013±0,005 §
<i>правий наднирник</i>	0,010±0,02 #	0,012±0,003 §	0,010±0,01 *	0,013±0,003 #
<i>селезінка</i>	0,395±0,020 #	0,492±0,060 §	0,442±0,09	0,353±0,070 §
АК (наднирники), мг%	243,0±37,80	230,0±13,02 §	0,172,0±30,0 #	221,0±37,9 #§
КС (сироватка крові), нг/л	121,5±3,71	169,7±7,5 #§	119,6±6,3 #§	172,0±6,8 #§
Еозинофіли (кров), ×10 <sup>6</sup> /л	149,0±3,81 #	79,1±5,1 #§	176,0±2,55 #	80,0±12,5 #§
Виразковий індекс СОШ	0	0,35±0,03 #§	0	0,4±0,05§
<i>Метаболічна регуляція</i>				
ДК, ммоль/л	14,3±0,77	27,41±2,43	14,90±0,37	24,90±3,64 *#§
МДА, мкмоль/л	5,10±0,36 #	9,5±0,69	4,50±0,54 #	9,30±1,21 #
СОД, у.о.	3,95±0,27	2,97±0,36	4,04±0,44	3,29±0,15
Каталаза, у.о.	2,89±0,29	2,01±0,39	2,77±0,42	2,15±0,56
Глюкоза крові, ммоль/л	7,43±1,42 #	10,88±0,71	7,23±0,91	10,94±0,74 #§

Примітки: \* –  $p < 0,05$  відносно показників інтактних тварин відповідного віку; # –  $p < 0,05$  відносно показників інтактних дорослих тварин (табл. 1); § –  $p < 0,05$  відносно показників дорослих тварин зі стресовою патологією, індукованою іммобілізацією (контрольна група; див. табл. 1)

Подібні результати в групі 3-місячних тварин: кількість КС в сироватці крові в них більше на 101,6 % порівняно з дорослими  $[(172,0 \pm 6,8)$  нг/л] проти  $[(85,50 \pm 0,30)]$  нг/л. При іммобілізації 2-місячних щурів спостерігається еозінопенія  $[(79,1 \pm 5,1) \times 10^6/\text{л}]$  порівняно з інтактним контролем  $[(149,0 \pm 3,81) \times 10^6/\text{л}]$ . Подібні зміни спостерігаються в досліді з 3-місячними тваринами: при іммобілізації кількість еозинофілів зменшується до  $[(80,0 \pm 12,5) \times 10^6/\text{л}]$  при початковому рівні  $[(176,0 \pm 2,55) \times 10^6/\text{л}]$ . Іммобілізаційний стрес викликає порушення трофіки СОШ у щурів 2- та 3-місячного віку, яка характеризується гіперемією, набряком слизової, невели-

ким розтягненням сухожильної частини шлунка. Динаміка і ступінь цих порушень в вікових групах не мають між собою статистично достовірних відмінностей ( $p > 0,05$ ).

Таким чином, незважаючи на особливості інтактного контролю, у тварин молодшого віку на іммобілізацію виникає стресова реакція у вигляді типових порушень з боку стрес-стимулюючих систем, серед яких метаболічна регуляція про- і антиоксидантної рівноваги швидше досягає рівня дорослих тварин за такими показниками, як МДА, СОД, каталаза, а за рівнем ДК та глюкози навіть перевищує показники дорослих щурів. Нейрогормональний захист забезпечується високим рівнем

КС, що призводить до еозінопенії і гіперглікемії.

З огляду на відсутність у щурів молодшого віку виражених міжвікових особливостей в реакції на іммобілізаційний стрес, введення препаратів проводили тільки 2-місячним тваринам за 60 хв. до закінчення іммобілізації

і порівнювали їх дію з дією у дорослих щурів в аналогічних умовах досліду (табл. 3, 4).

При цьому відзначено відновлення контрольного рівня всіх вивчених метаболічних показників. Підвищений рівень ДК при іммобілізації на 90,2 % після введення пірацетаму знижується на 75,2 % порівняно з щурами, які не отримували препарат.

Таблиця 3 – Вплив пірацетаму на показники стрес-стимулюючих систем у 2-місячних щурів при іммобілізації (n = 6)

Показник	Дорослі щури		
	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)	Іммобілізація + пірацетам (200 мг/кг)
<i>Нейрогормональна регуляція</i>			
Ваговий коефіцієнт, %			
<i>тимус</i>	0,143±0,001	0,099±0,01	0,121±0,010
<i>лівий наднирник</i>	0,021±0,001	0,041±0,001 *#	0,030±0,001 *
<i>правий наднирник</i>	0,021±0,001	0,040±0,001 *#	0,028±0,010 *
<i>селезінка</i>	0,548±0,011	0,245±0,012 *#	0,373±0,012 *
АК (наднирники), мг%	411,3±6,78	291,3±10,7 *#	348,3±10,7 *
КС (сироватка крові), нг/л	41,80±1,27	91,90±1,27 *#	49,90±1,27
Еозинофіли (кров), ×10 <sup>6</sup> /л	216,0±5,38	54,2±1,9 *#	111,2±1,92 *
Виразковий індекс СОШ	0	2,20±0,31 #	1,30±0,21 *
<i>Метаболічна регуляція</i>			
ДК, ммоль/л	12,90±0,25	39,20±0,93 *#	23,9±1,5 *
МДА, мкмоль/л	7,28±0,21	9,17±0,30 *	8,89±0,15 *
СОД, у. о.	4,80±0,10	2,93±0,16 *#	3,93±0,24 *
Каталаза, у. о.	3,48±0,13	1,67±0,15 #	3,09±0,15
Глюкоза крові, ммоль/л	4,02±0,15 #	6,44±0,22 *#	5,52±0,22 *

Примітки: \* –  $p < 0,05$  відносно показників інтактних дорослих тварин; # –  $p < 0,05$  відносно показників дорослих тварин зі стресовою патологією, індукованою іммобілізацією (контрольна група); § –  $p < 0,05$  відносно показників дорослих тварин з іммобілізаційною стресовою патологією, лікованих пірацетамом (200 мг/кг).

Кількість МДА під впливом пірацетаму повністю нормалізується, тобто знижується на 86,3% та співпадає з рівнем до впливу стресу. Пірацетам також позитивно впливає на показник СОД, підвищуючи його на 27,3 % при зниженні до 75,2 % під впливом стресу, що загалом повертає СОД до початкового рівня. Під впливом пірацетаму також нормалізується знижений при стресі на 30,5 % рівень каталази. Стреспротекторна терапія підвищує рівень цього показника на 31,9%, тим самим наближуючи його до фізіологічного. Пірацетам знижує рівень глюкози в крові на 51,6% після підвищення її при моделюванні стресу на 46,4 %. Таким чином, пірацетам знижує

рівень глюкози на 5,12 % порівняно з нормою у щурів 2-місячного віку.

З показників гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи спостерігається нормалізація вагового коефіцієнту селезінки ( $p < 0,05$ ). Після впливу стресового чинника відбувається підвищення ВК селезінки на 22,02 %, але введення стреспротектора знижує цей показник на 38,02 %. Зберігається гіпертрофія зобної залози. Під впливом пірацетаму ВК тимусу більше на 16,5 % порівняно з нормою та на 5,1 % більше відносно іммобілізаційного стресу. Також відзначається гіпертрофія наднирників. Лівий наднирник збільшується на 53,86 % порівняно з інтактним

контролем, а правий гіпертрофується на 90,0 % порівняно з показниками контрольних щурів. Рівень аскорбінової кислоти в надниркових залозах різко знижується (нижче норми на 44,9 %). Кількість кортикостерону при моделюванні стресової патології збільшується на 39,7 %, однак вибраний нами

препарат знижує кількість кортикостерону крові на 24,3 %, все одно підтримуючи його на достатньо високому рівні. Відзначається тенденція до відновлення рівня еозинофілів. При зниженні їх на 47,0 % при стресі, використання пірацетаму підвищує їх рівень на 8,1 %.

Таблиця 4 – Вплив пірацетаму, тіоцетаму і елеутерококу на показники стрес-стимулюючих систем у 2-місячних щурів при іммобілізації (n = 6)

Показник	2-місячні щури				
	Інтактні тварини	Іммобілізовані тварини (контроль)	Іммобілізація + пірацетам (20 мг/кг)	Іммобілізація + тіоцетам (25 мг/кг)	Іммобілізація + елеутерокок (0,05 мл/кг)
<i>Нейрогормональна регуляція</i>					
Ваговий коефіцієнт, %					
<i>тимус</i>	0,175±0,040	0,195±0,030 *	0,204±0,04 #	0,170±0,04	0,190±0,03 *#
<i>лівий наднирник</i>	0,013±0,005	0,011±0,001	0,018±0,003 *#	0,018±0,004 *#	0,015±0,006 §
<i>правий наднирник</i>	0,010±0	0,012±0,003	0,019±0,002 §	0,013±0,005 #	0,013±0,005
<i>селезінка</i>	0,395±0,020	0,482±0,060	0,335±0,06 #	0,350±0,15 *‡	0,470±0,11 *#§‡
АК (наднирники), мг%	243,0±37,8	230,0±52,2	134,0±41,2 #§	252,9±46,2 *#‡	260,7±34,3 *#‡
КС (сироватка крові), нг/л	121,5±3,71	169,7±7,9	140,2±1,2 #§	147,2±6,78 *§	144,3±4,06 §
Еозинофіли (кров), ×10 <sup>6</sup> /л	149,0±31,8	79,0±15,1 *	91,0±2,3	161±6,6 *§‡	147±10,6 #§‡
Виразковий індекс СОШ	0	0,35±0,3 *	0,5±0,4 §	0,13±0,009 *	0,02±0,004 §‡
<i>Метаболічна регуляція</i>					
ДК, моль/л	14,4±0,8	27,41±2,43 *	16,56±1,56 #§	20,3±3,13 *#‡	21,7±3,51
МДА, мкмоль/л	5,10±0,36	9,50±0,69 *	5,10±0,26 #§	5,72±0,43 #	5,32±0,42 #§
СОД, у. о.	3,95±0,27	2,97±0,36 *	4,05±0,58	3,50±0,38	3,9±0,31 #
Каталаза, у. о.	2,89±0,29	2,01±0,39	2,93±0,26	2,49±0,52 #‡	2,21±0,78 #
Глюкоза крові, ммоль/л	7,43±1,42	10,88±0,71	7,05±0,61 #§	7,07±0,33 #	6,9±0,48

Примітки: \* – p < 0,05 відносно показників інтактних 2-місячних тварин; # – p < 0,05 відносно показників 2-місячних тварин зі стресовою патологією, індукованою іммобілізацією (контрольна група); § – p < 0,05 відносно показників дорослих тварин з іммобілізаційною стресовою патологією, лікованих пірацетамом (200 мг/кг); ‡ – p < 0,05 відносно показників 2-місячних тварин з іммобілізаційною стресовою патологією, лікованих пірацетамом (20 мг/кг).

У порівнянні з ефектом пірацетаму у дорослих щурів ці зрушення коливаються різноспрямовано і наближаються до рівня іммобілізації. При цьому вплив пірацетаму на рівень МДА у щурів молодшого віку більш виражений порівняно з дорослими. У 2-місячних тварин рівень МДА повністю нормалізується,

тобто показник після стресового впливу знижується на 86,3 %, в той час як у дорослих щурів цей самий показник знижується лише на 3,8 %. Також пірацетам ефективніше нормалізує рівень глюкози у щурів молодшого віку порівняно із статевозрілими особинами. У молодих щурів зниження рівня глюкози

крові після використання лікарського засобу відбувається на 51,5 %, в той час як у дорослих щурів лише на 22,9 % за аналогічних умов досліду.

Решта нейрогормональних показників у дорослих щурів, як і у відібраних до досліду 2-місячних тварин, під впливом пірацетаму змінюються, тобто виявляють тенденцію до відновлення, без досягнення рівня інтактного контролю.

В цілому, тварини молодшого віку виявляють більшу чутливість до антистресової дії пірацетаму, ніж дорослі щури [15, 22], що відображає загальну фармакологічну закономірність в педіатрії.

Під впливом тіоцетаму (табл. 4) у щурів 2-місячного віку спостерігаються подібні ефекти як і при використанні пірацетаму.

Відзначається нормалізація всіх нейрогормональних та метаболічних показників. З боку гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи також нормалізується ВК тимуса – зменшення показника на 14,3 % без пригнічення показників вродженого захисту. Зберігається гіпертрофія наднирників. Лівий наднирник збільшується на 53,9 %, а правий на 30,0 %. На відміну від пірацетаму, при використанні тіоцетаму відзначається більш виражена тенденція до збільшення кількості АК в наднирниках та наближення цього показника до норми. Під впливом іммобілізаційного стресу відзначається зменшення АК на 5,4 %, а під впливом лікувальної терапії тіоцетамом цей показник збільшується на 9,1 %. Аналогічно пірацетаму, тіоцетам стимулює вроджений захист, що проявляється нормалізацією кількості КС в крові порівняно з показниками стресової патології (зниження на 18,5 %) та збереженням збільшених на 21,5 % від норми даних. Також для тіоцетаму встановлена більш виражена дія по відношенню до відновлення кількості еозинофілів порівняно з ефектами пірацетаму. В той час, коли пірацетам відновлює кількість еозинофілів на 8,1 %, тіоцетам збільшує їх кількість на 55,03 %.

Щодо нормалізації метаболічних показників, можна зазначити, що значних змін в порівнянні з пірацетамом, використання тіоцетаму не забезпечує. Як і пірацетам, тіоцетам наближує показники іммобілізаційного стресу до інтактного контролю.

Препарат порівняння – випарений від спирту рідкий екстракт елеутерококу також чинив позитивний вплив на перебіг стрес-стимулюючих процесів у щурів 2-місячного віку порівняно з групою контрольної патології. При використанні даного засобу спостерігаються аналогічні ефекти дії двох вищезазначених препаратів. А саме збереження гіпертрофії за грудинної залози, як компонента вродженого захисту, що виражається у збільшенні її на 8,5 % порівняно з інтактним контролем. Також досить високими є показники рівня КС в сироватці крові – збільшення його на 18,8 % свідчить про підтримку стрес-стимулюючих систем. Характерним для цього засобу виявилася тенденція до відновлення кількості еозинофілів майже на рівні з тіоцетамом. Елеутерокок збільшує кількість еозинофілів на 45,6 %.

## ВИСНОВКИ

1. Стан стрес-стимулюючих систем у тварин молодшого віку (1, 2, 3 -місяці) характеризується порівняно з дорослими в цілому більш низькою функціональною активністю, але більш високої адаптогенністю за станом тіміко-лімфатичних і кортико-надниркових показників.
2. Іммобілізація у 1, 2, 3 -місячних щурів викликає стресову реакцію у вигляді типових порушень з боку стрес-стимулюючих систем, серед яких метаболічна регуляція про- і антиоксидантної рівноваги швидше досягає рівня дорослих тварин, а нейрогормональний захист забезпечується високим рівнем КС, що призводить до еозинопенії та гіперглікемії.
3. При введенні пірацетаму всі показники нейрогормональної регуляції відновилися, за винятком вродженої захисту: ваговий коефіцієнт тимуса і рівень кортикостерону в крові залишаються високими, в той час як у дорослих щурів вони нормалізуються.
4. Тіоцетам окрім нормалізації показників природного захисту (кількості КС та ВК за грудинної залози) має більш виражену тенденцію до збільшення кількості АК в наднирниках та відновлення рівня еозинофілів в сироватці крові.
5. Аналогічний ефект спостерігається в дослідках з елеутерококом.

6. Пірацетам (20 мг/кг) і тіоцетам (25 мг/кг) в умовах іммобілізаційного стресу у щурів 2-місячного віку проявляють стрес-протекторну дію, відображаючи їх більш високу чутливість до фармакотерапії в порівнянні з дорослими тваринами.

7. Зазначені особливості «дитячого» стресу і його корекції стреспротекторами повинні враховуватися при проведенні комплексної терапії в педіатричній практиці захворювань з супутньою емоційно-стресовою напругою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

- Ahmad, A., Rasheed, N., Chand, K., Maurya, R., Banu, N., & Palit, G. (2012). *Restraint stress-induced central monoaminergic and oxidative changes in rats and their prevention by novel Ocimum sanctum compounds*. *Indian Journal of Medical Research*, 135, 548–554.
- Baraboi, V., Reznikov, O. (2013). *Fiziolohiia, biokhimiia i psykholohiia stres* [Physiology, biochemistry and psychology of stress]. Kyiv: Interservis (in Ukrainian) [Барабой, В., Резніков, О. (2013). *Фізіологія, біохімія і психологія стрес*. Київ: Інтерсервіс].
- Belenichev, I., Sereda D., Dejnichenko, Ju., Buhtijarova, P., Pavlov, S., & Kucherenko, L. (2010). *Sovremennye nootropnye preparaty: klassifikacija, mehanizm dejstviya, perspektivy primeneniya* [Modern nootropic drugs: classification, mechanism of action, prospects of use]. *Zaporozhskij medicinskij zhurnal*, 5, 122–126 (in Russian) [Беленичев, И., Середя Д., Дейниченко, Ю., Бухтиярова, П., Павлов, С., & Кучеренко, Л. (2010). *Современные ноотропные препараты: классификация, механизм действия, перспективы применения*. *Запорожский медицинский журнал*, 5, 122–126].
- Brjazgunov, I., Kizeva, E. (2013). *Posttravmaticheskoe stressovoe rasstrojstvo v praktike pediatra* [Posttraumatic stress disorder in a pediatrician's practice]. *Vrach*, 3, 71–73 (in Russian) [Брязгунов, И., Кизева, Е. (2013). *Посттравматическое стрессовое расстройство в практике педиатра*. *Врач*, 3, 71–73].
- Carrasco, G. A., & Van de Kar, L. D. (2003). Neuroendocrine pharmacology of stress. *European Journal of Pharmacology*, 463(1-3), 235–272. doi: 10.1016/s0014-2999(03)01285-8
- Chen, H.-J. C., Spiers, J. G., Sernia, C., Anderson, S. T., & Lavidis, N. A. (2014). Reactive nitrogen species contribute to the rapid onset of redox changes induced by acute immobilization stress in rats. *Stress*, 17(6), 520–527. doi: 10.3109/10253890.2014.966264
- Daviu, N., Rabasa, C., Nadal, R., & Armario, A. (2014). Comparison of the effects of single and daily repeated immobilization stress on resting activity and heterotypic sensitization of the hypothalamic–pituitary–adrenal axis. *Stress*, 17(2), 176–185. doi: 10.3109/10253890.2014.880834
- Frolkis, V. (1991). Stress-vozrast-syndrom [Stress-age-syndrome]. *Fiziolohichnyi zhurnal*, 3, 3–10 (in Ukrainian) [Фролькіс, В. (1991). *Стресс-возраст-синдром*. *Фізіологічний журнал*, 3, 3–10].
- Hladkykh, F. V., Stepaniuk, N. H., & Vernihorodskiy, S. V. (2016). *Izuchenie sostojaniya kletochnogo gomeostaza slizistoj obolochki zheludka krysa na modeli revmatoidnogo artrita, lechnogo ibuprofenom i ego kombinacij s vinboronom* [The study of cell homeostasis state of the gastric mucosa of rats on model of rheumatoid arthritis, treatment with ibuprofen and its combination with vinboron]. *Pharmacy & Pharmacology*, 4(3), 68–83. doi: 10.19163/2307-9266-2016-4-3-68-83 (in Russian) [Гладких, Ф. В., Степанюк, Н. Г., & Вернигородский, С. В. (2016). *Изучение состояния клеточного гомеостаза слизистой оболочки желудка крысы на модели ревматоидного артрита, леченного ибупрофеном и его комбинацией с винбороном*. *Фармация и фармакология*, 4(3), 68–83. doi: 10.19163/2307-9266-2016-4-3-68-83].
- Hladkykh, F., Stepaniuk, N., & Vernygorodskiy, S. (2017). Macro- and Microscopic Study of the Effect of 2-Phenyl-3-Carboxy-4-Dimethylaminomethyl-5-Hydroxybenzofuran Hydrochloride

(Vinboron) on the Gastrotoxicity of Ibuprofen in Experimental Rheumatoid Arthritis in Rats. *Path of Science*, 3(10), 7001–7018. doi: 10.22178/pos.27-8

11. Isaev, D. (2005). *Jemocional'nyj stress: psihosomaticheskie i somaticheskie rasstrojstva u detej* [Emotional stress: psychosomatic and somatic disorders in children]. Saint-Petersburg: Rech' (in Russian)  
[Исаев, Д. (2005). *Эмоциональный стресс: психосоматические и соматические расстройства у детей*. Санкт-Петербург: Речь].
12. Kendjurina, E., Elkina, T., Shevchenko, M., & Tatarenko, Ju. (2012). *Adaptacija rebenka k detskomu doskol'nomu uchrezhdeniju (profilaktika ORVI v uslovijah stressa)* [A child's adaptation to a preschool institution: prevention of acute respiratory viral infections under stress]. *Vrach*, 5, 65–69 (in Russian)  
[Кендюрина, Е., Елкина, Т., Шевченко, М., & Татаренко, Ю. (2012). Адаптация ребенка к детскому дошкольному учреждению (профилактика ОРВИ в условиях стресса). *Врач*, 5, 65–69].
13. Kirichek, L. (1989). *Jeksperimental'noe obosnovanie primeneniya nejrotropnyh sredstv pri immobilizacii* [Experimental substantiation of the use of neurotropic drugs for immobilization] (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://medical-diss.com/medicina/eksperimentalnoe-obosnovanie-primeneniya-nejrotropnyh-sredstv-pri-immobilizatsii> (in Russian)  
[Киричек, Л. (1989). *Экспериментальное обоснование применения нейротропных средств при иммобилизации* (Автореферат докторской диссертации). URL: <http://medical-diss.com/medicina/eksperimentalnoe-obosnovanie-primeneniya-nejrotropnyh-sredstv-pri-immobilizatsii>].
14. Kirichek, L., Abramova, L., Pisarenko, G., Polyakov, A., & Golovanova, A. (2015). *Sostojanie stress-stimulirujushih sistem u krys raznogo vozrasta pri immobilizacii i ego farmakologicheskaia korrekcija* [Status of rat's stress-stimulating systems of different ages in the immobilization and pharmacological correction]. *Eksperimental'na i klinichna medicina*, 3, 15–19 (in Russian)  
[Киричек, Л., Абрамова, Л., Писаренко, Г., Поляков, А., & Голованова, А. (2015). Состояние стресс-стимулирующих систем у крыс разного возраста при иммобилизации и его фармакологическая коррекция. *Экспериментальна і клінічна медицина*, 3, 15–19].
15. Kirichek, L., Perepelica, A., & Kal'chuk, R. (2016). *Lekarstvennyj antistress v jeksperimente (immobilizacija, travma, vospalenie)* [Drug antistress in the experiment (immobilization, trauma, inflammation)]. Kharkov: Kontrast (in Russian)  
[Киричек, Л., Перепелица, А., & Кальчук, Р. (2016). *Лекарственный антистресс в эксперименте (иммобилизация, травма, воспаление)*. Харьков: Контраст].
16. Lucassen, P. J., Pruessner, J., Sousa, N., Almeida, O. F. X., Van Dam, A. M., Rajkowska, G., ... Czéh, B. (2013). Neuropathology of stress. *Acta Neuropathologica*, 127(1), 109–135. doi: 10.1007/s00401-013-1223-5
17. Markova, I., & Kalinicheva, V. (1987). *Pediatricheskaja farmakologija* [Pediatric Pharmacology]. Moscow: Medicina (in Russian)  
[Маркова, И., & Калиничева, В. (1987). *Педиатрическая фармакология*. Москва: Медицина].
18. McEwen, B. S., & Gianaros, P. J. (2010). Central role of the brain in stress and adaptation: Links to socioeconomic status, health, and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186(1), 190–222. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05331.x
19. Milenin, V. (2003). *Psihosomaticheskie narusheniya v detskom vozraste posle gospitalizacii* [Posthospital psychosomatic disorders in children]. *Anesteziologija i reanimatologija*, 1, 69–73 (in Russian)  
[Миленин, В. (2003). Психосоматические нарушения в детском возрасте после госпитализации. *Анестезиология и реаниматология*, 1, 69–73].
20. Milenin, V. (2012). *Predfaktory psihosomaticheskikh narushenij v stomatologicheskoj praktike u detej* [Factor previous of psychological disturbances in dental practice in children]. *Rossijskij*

- stomatologicheskij zhurnal*, 4, 41–45 (in Russian)  
[Миленин, В. (2012). Предфакторы психосоматических нарушений в стоматологической практике у детей. *Российский стоматологический журнал*, 4, 41–45].
21. Nostramo, R., Tillinger, A., Saavedra, J. M., Kumar, A., Pandey, V., Serova, L., ... Sabban, E. L. (2012). Regulation of angiotensin II type 2 receptor gene expression in the adrenal medulla by acute and repeated immobilization stress. *Journal of Endocrinology*, 215(2), 291–301. doi: [10.1530/joe-12-0181](https://doi.org/10.1530/joe-12-0181)
22. Patchev, V., & Patchev, A. (2006). **Experimental models of stress**. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 8(4), 417–432.
23. Sel'e, G. (1977). *Novoe o gormonah i mehanizme ih dejstvija* [New about hormones and the mechanism of their action]. Kiev: Naukova dumka (in Russian)  
[Селье, Г. (1977). *Новое о гормонах и механизме их действия*. Киев: Наукова думка].
24. Serhienko, L. (2009). Rannii ontogenez – period «prohramuvannia» endokrynnykh ta hormonalno-zaleznykh patolohii [Early ontogeny is a period of "programming" of endocrine and hormonal-dependent pathologies]. In *Fundamentalna ta klinichna endokrynolohiia: problemy, zdobutky, perspektyvy* (pp. 11–16). Kharkiv: n. d. (in Ukrainian)  
[Сергієнко, Л. (2009). Ранній онтогенез – період «програмування» ендокринних та гормонально-залежних патологій. В *Фундаментальна та клінічна ендокринологія: проблеми, здобутки, перспективи* (с. 11–16). Харків: н. д.].
25. Shherban', N., Gorbach, T., Guseva, N. (2004). *Laboratornye metodiki dlja izuchenija sostojanija antioksidantnoj sistemy i urovnja perikisnogo okislenija lipidov* [Laboratory methods for studying the state of the antioxidant system and the level of lipid peroxidation]. Kharkov: HGMU (in Russian)  
[Щербань, Н., Горбач, Т., Гусева, Н. (2004). *Лабораторные методики для изучения состояния антиоксидантной системы и уровня перекисного окисления липидов*. Харьков: ХГМУ].
26. Stefanov, O. V. (Ed.). (2001). *Doklinichni doslidzhennia likarskykh zasobiv* [Preclinical studies of drugs]. Kyiv: Avitsena (in Ukrainian)  
[Стефанов, О. В. (Ред.). (2001). *Доклінічні дослідження лікарських засобів*. Київ: Авіцена].
27. Vogel, C., Silva, G. M., & Marcotte, E. M. (2011). Protein Expression Regulation under Oxidative Stress. *Molecular & Cellular Proteomics*, 10(12), M111.009217. doi: [10.1074/mcp.m111.009217](https://doi.org/10.1074/mcp.m111.009217)
28. Wood, G. E., Norris, E. H., Waters, E., Stoldt, J. T., & McEwen, B. S. (2008). Chronic immobilization stress alters aspects of emotionality and associative learning in the rat. *Behavioral Neuroscience*, 122(2), 282–292. doi: [10.1037/0735-7044.122.2.282](https://doi.org/10.1037/0735-7044.122.2.282)
29. Zapadnjuk, I., Zapadnjuk, V., Zaharija, E., & Zapadnjuk, B. (1983). *Laboratornye zhivotnye: razvedenie, sodержanie, ispol'zovanie v jeksperimente* [Laboratory animals: breeding, content, use in experiment] (3d ed.). Kiev: Vishha shkola (in Russian)  
[Западнюк, И., Западнюк, В., Захария, Е., & Западнюк, Б. (1983). *Лабораторные животные: разведение, содержание, использование в эксперименте* (3-е изд.). Киев: Вища школа].
30. Zar, J. (2014). *Biostatistical analysis* (5th ed.). Upper Saddle River: Pearson.
31. Zhyliuk, V., & Mamchur, V. (2011). Aktyvnist protsesiv vilnoradykalnoho okyslennia lipidiv i bilkiv v utvorennyakh holovnoho mozku pry khronichnii hiperhlikemii za umov zastosuvannia nootropnykh zasobiv [The activity of processes of free radical oxidation of lipids and proteins in cerebral formations in chronic hyperglycemia under the conditions of application of nootropic agents]. *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia*, 5, 112 –113 (in Ukrainian)  
[Жилок, В., & Мамчур, В. (2011). Активність процесів вільнорадикального окислення ліпідів і білків в утвореннях головного мозку при хронічній гіперглікемії за умов застосування ноотропних засобів. *Фармакологія та лікарська токсикологія*, 5, 112 –113].

# Сучасні підходи до безперервного аудиту в системі фармаконагляду Вінницької області: підсумки 2016 року

## Modern Approaches to Continuous Audit in the Pharmacovigilance System Vinnytsia region: the Results of 2016

Федір Гладких<sup>1</sup>, Георгій Степанюк<sup>2</sup>  
Fedir Hladkykh, Heorhii Stepaniuk

<sup>1</sup> Koziatyn Central District Hospital  
9 Vynnychenka Street, Koziatyn, Vinnytsia region, 22100, Ukraine

<sup>2</sup> Vinnytsia National Pyrogov Memorial Medical University  
56 Pyrogova Street, Vinnytsia, 21018, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.29-10

LCC Subject Category:  
RM1-950

Received 10.11.2017  
Accepted 20.12.2017  
Published online 23.12.2017

Corresponding Author:  
Fedir Hladkykh  
fedir.hladkykh@gmail.com

© 2017 The Authors. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License



**Анотація.** Наведено підсумки роботи системи фармаконагляду у Вінницькій області впродовж 2016 р. за даними вперше впроваджені нами електронної *online* системи «Фармаконагляд-2016», створеної на базі мережевого табличного редактору *Microsoft Excel* файлового хостингу *Google Drive*. Запропоновано формулу розрахунку коефіцієнта ефективності здійснення фармаконагляду, як інтегральної оцінки нагляду за безпекою лікарських засобів при їх медичному застосуванні у Вінницькій області впродовж 2016 р. з урахуванням можливостей закладів охорони здоров'я на регіональному рівні.

**Ключові слова:** фармаконагляд; побічна дія ліків; Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України.

**Abstract.** The results of the pharmacovigilance system operation in Vinnytsia region during 2016 are presented based on the data of the electronic online system "Pharmacovigilance-2016", which was first introduced by us on the basis of the table editor *Microsoft Excel* of the file-hosting system *Google Drive*. The formula for calculating the efficiency of the pharmacovigilance implementation as an integral assessment of the safety oversight of medical devices in their use in Vinnytsia region during 2016 is proposed, taking into account the capacity of health facilities at the local level.

**Keywords:** pharmacovigilance; side effects of drugs; State Expert Center of the Ministry of Health of Ukraine.

### ВСТУП

Фармаконагляд (ФН) в Україні здійснюється з 1996 р., що врегульовано Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27 грудня 2006 р. № 898, який затвердив Порядок здійснення нагляду за побічними реакціями (ПР) та відсутністю ефективності (ВЕ) лікарських засобів (ЛЗ), дозволених до медичного застосування. Ключовим критерієм ефективності роботи системи ФН є кількість отриманих повідомлень (форма 137/о) про випадки ПР/ВЕ ЛЗ [3]. Так, за даними Державного експертного центру у 2008 р. їх було 6949, у 2009 р. – 7242, у 2010 р. – 7347, у 2011 р. –

8918, у 2012 р. – 11 674, у 2013 р. – 16 638, а у 2014 р. – 14 552, 2015 р. – 18 274, 2016 – 25 397 (рис. 1).

Динаміка кількості отриманих КП від лікарів Вінницької області відповідає загальнодержавній тенденції: у 2012 р. надійшло 785 КП ПР/ВЕ, у 2013 р. – 1160, у 2014 р. – 1217, у 2015 р. – 1460 [2, 6, 8, 9]. Впродовж 2016 року (станом на 31.12.2016 р.) у Вінницькій області було зареєстровано 2389 випадків ПР/ВЕ ЛЗ при їх медичному застосуванні, що на 63,6 % (53,4 % за даними ДЕЦ МОЗ України) перевищувало показники 2015 р.

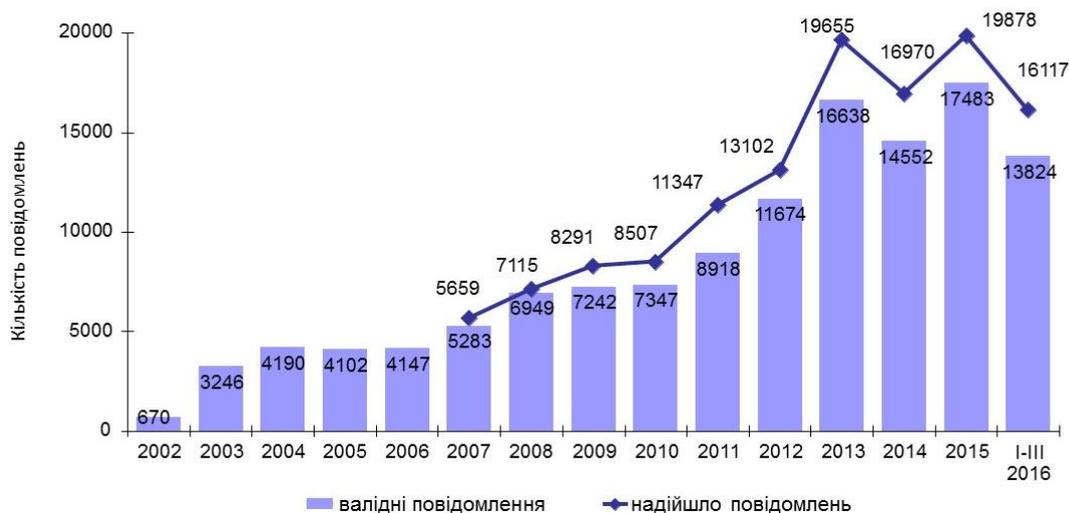


Рисунок 1 – Динаміка надходження повідомлень про ПР/ВЕ ЛЗ від лікарів України протягом 2002–2016 рр. за даними Державного експертного центру Міністерства охорони здоров'я України [3, 4, 7]

Щорічне зростання кількості КП які надходять від лікарів закладів охорони здоров'я (ЗОЗ) України та Вінницької області зокрема вказує на необхідність гармонізації їх обліку вже на регіональному рівні.

Метою дослідження було охарактеризувати результативність використання електронних таблиць *Microsoft Excel* файлового хостингу *Google Drive* в реалізації нагляду за безпекою ЛЗ при їх медичному застосуванні у Вінницькій області України впродовж 2016 року.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації поставленої мети нами було вперше створено на базі платформи *Google Drive* та впроваджено в здійснення обліку та аналізу КП електронну *online* таблицю *Microsoft Excel* «Фармаконагляд-2016», яка стала предметом дослідження. Об'єктом дослідження були 2389 КП про ПР/ВЕ ЛЗ, що надійшли до Вінницького обласного медико-статистичного інформаційно-аналітичного центру від лікарів обласних, міських та районних ЗОЗ регіону впродовж 2016 р.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На базі мережевого табличного редактору *Microsoft Excel* файлового хостингу *Google Drive* нами створено електронну *online* систему «Фармаконагляд-2016» з можливістю її заповнення в режимі реального часу встано-

вленою кількістю дописувачів, які попередньо отримали посилання на зазначений документ. Кількість рядків головної сторінки таблиці із можливістю введення даних відповідає загальній кількості КП та містить всі пункти форми 137/о, а також додані класифікаційні відомості (Клас за МКХ-10 та ін.)

Для уніфікації процесу введення та спрощення подальшого обліку нами було умовно виділено первинні (описові і варіативні) та вторинні (логічні) дані. Первинні описові дані вводились безпосередньо з КП, варіативні дані обирались з запропонованого випадючого списку, логічні дані відтворювались на підставі раніше внесених значень безпосередньо дописувачем електронної таблиці або за допомогою розрахункових формул.

Запровадження варіативних рядів даних дозволило безпомилково здійснити подальший облік за допомогою логічних формул. Запропоновані значення варіативних рядів узгоджувались із формою 137/о: наслідок ПР характеристика ПР/ВЕ по системним проявам, категорія ПР/ВЕ, причинно-наслідковий зв'язок та ін.

Крім того нами було запропоновано варіативні ряди можливих значень для обліку загрозливих для життя станів (анафілактичний шок, набряк Квінке, гіпертермічна реакція, колапс, судомний напад, гіпертонічний криз) та ін. Уніфікація даних шляхом створення варіативних рядів у випадючих списках дозво-

лила здійснити формульний облік та подальший статистичний аналіз структури

ПР/ВЕ, зареєстрованих у Вінницькій області впродовж 2016 р. (рис. 2).

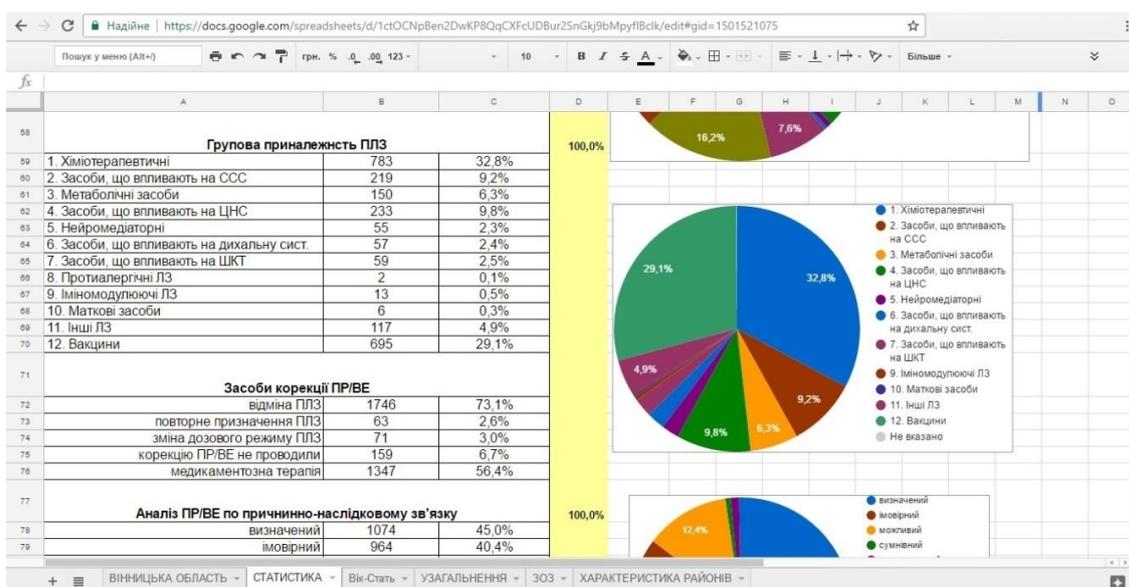


Рисунок 2 – Видяг сторінки «Статистика» *Online Excel* таблиці «Фармаконагляд-2016»

Застосування формули «*Countif*» дозволило створити систему аналізу масиву даних головної сторінки *Online Excel* таблиці «Фармаконагляд-2016» та їх представлення на сторінці «Статистика». Формула «*Sum*» забезпечила дворівневу перевірку повноти введення даних за кожним критерієм аналізу – в абсолютних та відносних показниках. Формула «*Average*», застосована до відносних величин дала змогу інтегрально в динаміці давати оцінку ступеню наповненості головної сторінки таблиці. Для візуалізації дані наводились у вигляді кругових діаграм (рис. 2).

Вищеописана структура сторінки «Статистика» повністю забезпечила реалізацію ана-

лізу структури даних про ПР/ВЕ: гендерний розподіл, аналіз по категоріях ПР/ВЕ, аналіз по наслідках ПР/ВЕ, аналіз по системних проявах ПР/ВЕ, аналіз по кількості супутніх ЛЗ (рис. 3), аналіз структури вікових груп пацієнтів (рис. 4), структура групової приналежності підозрюваного лікарського засобу (ПЛЗ), засоби корекції ПР, аналіз ПР/ВЕ за причинно-наслідковим зв'язком.

Зважаючи на ефективність роботи запропонованої системи нами було розширено перелік аналізованих показників. Так, ми провели аналіз динаміки надходження КП протягом року та аналіз за адміністративно-територіальним поділом Вінницької області.

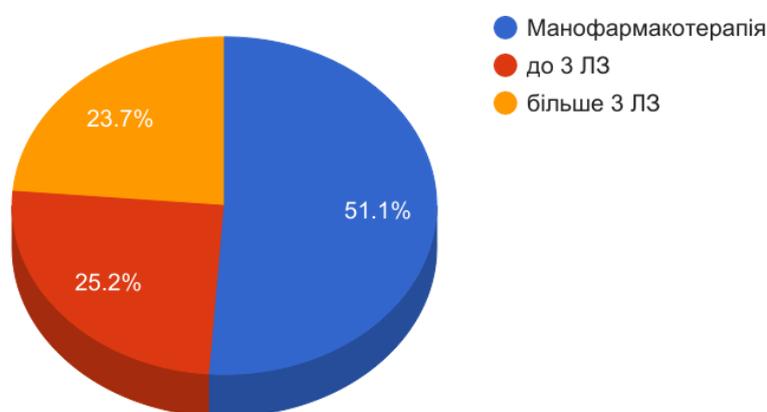


Рисунок 3 – Розподіл проявів ПР/ВЕ за кількістю супутніх ЛЗ

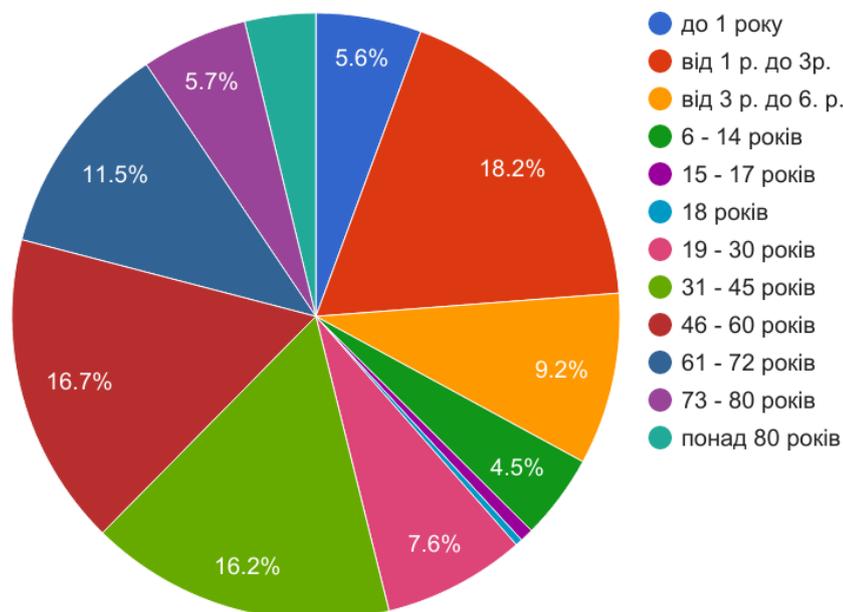


Рисунок 4 – Розподіл проявів побічних реакцій за віковими групами пацієнтів

На сьогоднішній день головним критерієм ефективності здійснення ФН є оцінка кількості отриманих КП. Проте вона дозволяє дати оцінку роботи системи ФН лише на загальнодержавному або обласному рівні. Задля інтегральної оцінки ефективності ФН на районному рівні нами було запропоновано використання коефіцієнту ефективності здійснення ФН, який відображає співвідношення питомої ваги КП, які надійшли від лікарів ЗОЗ кожного району до питомої ваги населення цього району:

*коефіцієнт ефективності (KE) = питома вага КП від району щодо загальної кількості КП по області / питома вага населення району щодо загального населення Вінницької області.*

Запропонована формула дозволяє дати коректну оцінку активності роботи ФН на районному рівні з урахуванням можливостей ЗОЗ на місцевому рівні. Результати оцінки роботи системи ФН у районах Вінницької області наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Кількісні показники роботи системи фармаконагляду по адміністративно-територіальним одиницям Вінницької області за 2016 р.

Ранговий номер	Ранжування районів Вінницької області та м. Вінниці	Кількість КП ПР/ВЕ	Питома вага КП щодо загальної кількості КП, %	Кількість населення протягом 2016 р., чол.	Питома вага населення щодо загальної кількості населення області, %	Коефіцієнт ефективності здійснення фармаконагляду (KE)
1	Могилів-Подільський	252	10,5	64492	4,05	2,61
2	Вінницький	274	11,5	81013	5,08	2,26
3	Калинівський	152	6,4	58043	3,64	1,75
4	Тростянецький	76	3,2	35670	2,24	1,42
5	Томашпільський	69	2,9	33378	2,09	1,38
6	Тульчинський	110	4,6	55566	3,49	1,32
7	Гайсинський	158	6,6	80968	5,08	1,30
8	Козятинський	108	4,5	64704	4,06	1,11
9	м. Вінниця	594	24,9	372987	23,40	1,06
10	Хмельницький	98	4,1	64639	4,06	1,01
11	Піщанський	27	1,1	20903	1,31	0,86

## Продовження таблиці 1

Ранговий номер	Ранжування районів Вінницької області та м. Вінниці	Кількість КП ПР/ВЕ	Питома вага КП щодо загальної кількості КП, %	Кількість населення протягом 2016 р., чол.	Питома вага населення щодо загальної кількості населення області, %	Коефіцієнт ефективності здійснення фармаконагляду (КЕ)
12	Бершадський	72	3,0	59385	3,73	0,81
13	Іллінецький	39	1,6	37407	2,35	0,70
14	Барський	53	2,2	52126	3,27	0,68
15	Погребищенський	29	1,2	30029	1,88	0,64
16	Літинський	31	1,3	35443	2,22	0,58
17	Мурованокурилов.	21	0,9	25427	1,60	0,55
18	Ямпільський	33	1,4	40100	2,52	0,55
19	Оратівський	16	0,7	21328	1,34	0,50
20	Чернівецький	15	0,6	21420	1,34	0,47
21	Крижопільський	23	1,0	33510	2,10	0,46
22	Тиврівський	28	1,2	42337	2,66	0,44
23	Липовецький	22	0,9	37827	2,37	0,39
24	Немирівський	26	1,1	49153	3,08	0,35
25	Шаргородський	28	1,2	57221	3,59	0,33
26	Чечельницький	8	0,3	21303	1,34	0,22
27	Теплицький	8	0,3	28267	1,77	0,19
28	Жмеринський	19	0,8	69107	4,34	0,18
		<b>2389</b>		<b>1593753</b>		

Застосування функції «Countifs» дозволило провести автоматичний підрахунок кількості КП за декількома (> 1) критеріями обліку. Нами було вперше на рівні Вінницької області проведено аналіз КП за вищезгаданими

критеріями окремо по фармакологічним групам (табл. 2). Крім того для кожної групи нами було розраховано 95 % довірчі інтервали (ДІ) віку пацієнтів, у яких було виявлено ПР/ВЕ на досліджувані групи препаратів.

Таблиця 2 – Характеристика ПР/ВЕ, зареєстрованих у Вінницькій області протягом 2016 р. по фармакологічним групам лікарських засобів

№	Фармакологічні групи лікарських засобів	Загальна кількість, абс. (%)	Вік (повних років), M±m, 95% ДІ або Me [LQ; UQ]	Стать		Кількість ЛЗ	
				Чоловіки, абс. (%)	Жінки, абс. (%)	Монотерапія, абс. (%)	≥ 1 ЛЗ, абс. (%)
1	Хіміотерапевтичні лікарські засоби	783 (32,8%)	36,5±0,6 95% ДІ: [35,3-37,7]	436** (55,7%)	347 (44,3%)	211 (26,9%)	572** (73,1%)
2	Вакцини	695 (29,1%)	2,8±0,2 95% ДІ: [2,4-3,2]	362 (52,1%)	333 (47,9%)	624** (89,8%)	71 (10,2%)
3	Лікарські засоби, що впливають на центральну нервову систему	233 (9,8%)	46,4±0,8 95% ДІ: [44,8-48,1]	93 (39,9%)	140** (60,1%)	122 (52,4%)	111 (47,6%)
4	Лікарські засоби, що впливають на серцево-судинну систему	219 (9,2%)	50,5±1,2 95% ДІ: [48,2-52,8]	67 (30,6%)	152** (69,4%)	90 (41,1%)	129** (58,9%)
5	Лікарські засоби, що впливають на метаболічні процеси	150 (6,3%)	46,0±2,0 95% ДІ: [42,1-50,0]	56 (37,3%)	94** (62,7%)	51 (34,0%)	99** (66,0%)
6	Лікарські засоби, що впливають на шлунково-кишковий тракт	59 (2,5%)	46,1±3,0 95% ДІ: [40,2-51,9]	19 (32,2%)	40** (67,8%)	19 (32,2%)	40** (67,8%)

## Продовження таблиці 2

№	Фармакологічні групи лікарських засобів	Загальна кількість, абс. (%)	Вік (повних років), M±m, 95% ДІ / Me [LQ; UQ]	Стать		Кількість ЛЗ	
				Чоловіки, абс. (%)	Жінки, абс. (%)	Монотерапія, абс. (%)	≥ 1 ЛЗ, абс. (%)
7	Лікарські засоби, що впливають на дихальну систему	57 (2,4%)	32,7±3,3 95% ДІ: [26,2-39,2]	26 (45,6%)	31 (54,4%)	16 (28,1%)	41** (71,9%)
8	Нейромедіаторні препарати	55 (2,3%)	52,9±2,9 95% ДІ: [47,2-58,5]	25 (45,5%)	30 (54,5%)	22 (40,0%)	33* (60,0%)
9	Імуномодулюючі лікарські засоби	13 (0,5%)	10 [3; 35]	6 (46,2%)	7 (53,8%)	11** (84,6%)	2 (15,4%)
10	Маткові засоби	6 (0,3%)	25,2±3,7 95% ДІ: [24,5-25,8]	0	6 (100%)	3 (50,0%)	3 (50,0%)
11	Протиалергічні препарати	2 (0,1%)	33 [17; 49]	1 (50,0%)	1 (50,0%)	2 (100%)	0
12	Інші лікарські засоби	117 (4,9%)	50,0±2,4 95% ДІ: [45,3-54,7]	36 (30,8%)	81** (69,2%)	52 (44,4%)	65* (55,6%)

**Примітка:** відмінності ознак в альтернативній формі за значенням кутового перетворення Фішера вірогідні: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ .

Аналізуючи загальнодержавні тенденції виникнення ПР за 2014–2017 рр. [5] привертає увагу зростання питомої ваги зареєстрованих небажаних реакцій на тлі застосування протимікробних препаратів: 36,7 % у 2014 р., 41,6 % у 2015 р., 58,8 % у 2016 р., 63,7 % за 10

міс. 2017 р. (рис. 5). За нашими даними у Вінницькій області протягом 2016 р. частка ПР/ВЕ, спричинених ЛЗ вказаної групи становила 32,8 % (табл. 2).



Рисунок 5 – Статистика «Які ліки найчастіше викликали побічні реакції?» за 10 місяців 2017 р. в Україні [1]

Питома вага ПР на тлі застосування засобів, які впливають на серцево-судинну, нервову та травну системи протягом останніх трьох років за даними Державного підприємства «Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України» (далі – ДП «ДЕЦ

МОЗ України») має тенденцію до зниження [1, 5]. Так для засобів, які впливають на серцево-судинну систему даний показник становив 17,8 у 2014 р., 16,6 % у 2015 р., 10,6 % у 2016 р., та 9,9 % за 10 міс. 2017 р.; питома вага випадків ПР/ВЕ на тлі застосування ЛЗ, які

впливають на нервову систему становила 11,3 % у 2014 р., 10,8 % у 2015 р., 7,7 % у 2016 р. та 7,3 % за 10 міс. 2017 р. Аналогічна динаміка спостерігається і на тлі застосування препаратів, які впливають на функціонування шлунково-кишкового тракту та обмінні процеси – зареєстровано 9,2 % випадків ПР/ВЕ у 2014 р., 8,8 % у 2015 р., 6,1 % у 2016 р. та 5,0 % протягом 10 міс. 2017 р. [1, 5].

У Вінницькій області у 2016 р. було зареєстровано відповідно 219 випадків ПР/ВЕ (9,2 %) на тлі застосування засобів, які впли-

вають на серцево-судинну систему, 233 випадків ПР/ВЕ (9,8 %) на тлі застосування ЛЗ, які впливають на нервову систему та 209 випадків ПР/ВЕ (8,8 %) на тлі застосування препаратів, які впливають на шлунково-кишковий тракт (59) та метаболічні процеси (150) і склали відповідно 2,5 % та 6,3 % (табл. 2) [10].

Так само, використовуючи функцію «Countifs» нами проведено аналіз проявів ПР для кожної групи фармакологічних препаратів за системними проявами (табл. 3).

Таблиця 3 – Розподіл ПР/ВЕ, зареєстрованих у Вінницькій області протягом 2016 р. за системними проявами

№	Фармакологічні групи лікарських засобів	Загроза життю, абс. (%)	Алергічні реакції, абс. (%)	Розлади з боку ШКТ, абс. (%)	Розлади з боку ЦНС, абс. (%)	Розлади з боку ССС, абс. (%)	Комбіновані розлади, абс. (%)
1	Хіміотерапевтичні лікарські засоби	21 (17,4 %)	264 (33,7 %)	202 (25,8 %)	52 (6,6 %)	7 (0,9 %)	115 (14,7 %)
2	Вакцини	43 (35,5 %)	561 (80,7 %)	1 (0,1 %)	10 (1,4 %)	0	111 (16,0 %)
3	Лікарські засоби, що впливають на центральну нервову систему	18 (14,9 %)	98 (42,1 %)	28 (12,0 %)	24 (10,3 %)	3 (1,3 %)	62 (26,6 %)
4	Лікарські засоби, що впливають на серцево-судинну систему	10 (4,6 %)	76 (34,7 %)	8 (3,7 %)	14 (6,4 %)	20 (9,1 %)	47 (21,5 %)
5	Лікарські засоби, що впливають на метаболічні процеси	12 (9,9 %)	83 (55,3 %)	15 (10,0 %)	3 (2,0 %)	7 (4,7 %)	40 (26,7 %)
6	Лікарські засоби, що впливають на шлунково-кишковий тракт	3 (2,5 %)	30 (50,8 %)	4 (6,8 %)	6 (10,2 %)	1 (1,7 %)	16 (27,1 %)
7	Лікарські засоби, що впливають на дихальну систему	4 (3,3 %)	37 (64,9 %)	3 (5,3 %)	1 (1,8 %)	3 (5,3 %)	11 (19,3 %)
8	Нейромедіаторні препарати	1 (0,8 %)	15 (27,3 %)	4 (7,3 %)	2 (3,6 %)	6 (10,9 %)	18 (32,7 %)
9	Імуномодуючі лікарські засоби	0	9 (69,2 %)	1 (7,7 %)	0	0	2 (15,4 %)
10	Маткові засоби	0	1 (16,7 %)	1 (16,7 %)	1 (16,7 %)	1 (16,7 %)	1 (16,7 %)
11	Протиалергічні препарати	0	2 (100 %)	0	0	0	0
12	Інші лікарські засоби	8 (6,6 %)	59 (50,4 %)	7 (6,0 %)	3 (2,6 %)	8 (6,8 %)	30 (25,6 %)

**Примітки:** ШКТ – шлунково-кишковий тракт, ЦНС – центральна нервова система, ССС – серцево-судинна система.

**ВИСНОВКИ**

Вперше було запроваджено та доведено ефективність використання електронної *online* системи «Фармаконагляд-2016», створеної на базі мережевого табличного редактору *Microsoft Excel* файлового хостингу *Google Drive* в реалізації нагляду за безпекою ЛЗ при

їх медичному застосуванні у Вінницькій області впродовж 2016 року.

Вперше запропоновано формулу розрахунку коефіцієнта ефективності здійснення фармаконагляду, як інтегральної оцінки роботи системи фармаконагляду районів Вінницької області з урахуванням можливостей закладів охорони здоров'я на регіональному рівні.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES**

1. Dumenko, T. (2017, November 27). Shcho robyty, koly vynykla pobichna reaktsiia na liky? [What to do when an adverse drug reaction occurs?]. *Ukrainska pravda*. Retrieved from <http://life.pravda.com.ua/columns/2017/11/27/227648> (in Ukrainian)  
[Думенко, Т. (2017, Листопад 27). Що робити, коли виникла побічна реакція на ліки? *Українська правда*. URL: <http://life.pravda.com.ua/columns/2017/11/27/227648>]
2. Matvieieva, O. (Ed.). (2013). *Farmakonahliad ta pidkhody do yoho zdiisnennia* [Pharmacovigilance and approaches to its implementation]. Kyiv: n. d. (in Ukrainian)  
[Матвєєва, О. (Ред.). (2013). *Фармаконагляд та підходи до його здійснення*. Київ: н. д.]
3. Matvieieva, O., Zimenkovskiy, B., & Yaichenia, V. (2012). *Pobichni reaktsii likarskykh zasobiv: yikhni zviazok z liko-poviazanyimi ta medychnymi pomylkamy* [Side effects of medicines: their relationship with physiological and medical errors]. *Upravlinnia zakladom okhorony zdorovia*, 6, 15–25 (in Ukrainian)  
[Матвєєва, О., Зіменковський, Б., & Яйченя, В. (2012). Побічні реакції лікарських засобів: їхній зв'язок з ліко-пов'язаними та медичними помилками. *Управління закладом охорони здоров'я*, 6, 15–25].
4. Matvieieva, O., Zimenkovskiy, B., & Yaichenia, V. (2013). *Pobichni reaktsii likarskykh zasobiv: yikhni zviazok z liko-poviazanyimi ta medychnymi pomylkamy* [Side effects of medicines: their relationship with physiological and medical errors]. *Upravlinnia zakladom okhorony zdorovia*, 1, 5–17 (in Ukrainian)  
[Матвєєва, О., Зіменковський, Б., & Яйченя, В. (2013). Побічні реакції лікарських засобів: їхній зв'язок з ліко-пов'язаними та медичними помилками. *Управління закладом охорони здоров'я*, 1, 5–17].
5. State Expert Center of the Ministry of Health of Ukraine. (2017). *Osnovni pokaznyky roboty systemy farmakonahliadu Ukrainy za 2016 rik* [The main indicators of the system of pharmacovigilance of Ukraine for 2016]. Retrieved from <http://www.dec.gov.ua/index.php/ua/informatsiya-shchodo-rishen-spryamovanikh-na-ubezpechennya-likarskikh-zasobiv-v-ukrajini/osnovni-pokazniki-diyalnosti> (in Ukrainian)  
[Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України. (2017). *Основні показники роботи системи фармаконагляду України за 2016 рік*. URL: <http://www.dec.gov.ua/index.php/ua/informatsiya-shchodo-rishen-spryamovanikh-na-ubezpechennya-likarskikh-zasobiv-v-ukrajini/osnovni-pokazniki-diyalnosti>].
6. Stepaniuk, H., Stepaniuk, N., Drachuk, O., & Shvydiuk, S. (2014). *Kharakterystyka pobichnykh reaktsii likarskykh zasobiv, shcho vykorystovувались u Podilskomu rehioni u 2013 r.* [Characteristics of side effects of drugs used in the Podolsk region in 2013]. *Klinichna farmatsiia, farmakoterapiia ta medychna standartyzatsiia*, 3-4, 116–120 (in Ukrainian)  
[Степанюк, Г., Степанюк, Н., Драчук, О., & Швидюк, С. (2014). Характеристика побічних реакцій лікарських засобів, що використовувалися у Подільському регіоні у 2013 р. *Клінічна фармація, фармакотерапія та медична стандартизація*, 3-4, 116–120].
7. Stepaniuk, N., & Hladkykh, F. (2014). *Kharakterystyka uskladnen farmakoterapii na tli zastosuvannia NPZZ za danymy spontannykh kart-povidomlen u Podilskomu rehioni za 2013 rik*

[Characteristics of pharmacotherapy complications of nsaid administration due to spontaneous reports in Podolsk region in 2013]. *Klinichna farmatsiia, farmakoterapiia ta medychna standartyzatsiia*, 1-2, 30–34 (in Ukrainian)

[Степанюк, Н., & Гладких, Ф. (2014). Характеристика ускладнень фармакотерапії на тлі застосування НПЗЗ за даними спонтанних карт-повідомлень у Подільському регіоні за 2013 рік. *Клінічна фармація, фармакотерапія та медична стандартизація*, 1-2, 30–34].

8. Stepaniuk, N., Hladkykh, F., & Basarab, O. (2016). *Analiz pobichnykh reaktsii na tli zastosuvannia analhetykiv-antypiretykiv ta nesteroidnykh protyzapalnykh zasobiv, yaki pryznachalys likariamy zakladiv okhorony zdorovia Podilskoho rehionu u 2015 rotsi* [Analysis of adverse reaction of analgesics, antipyretics and non-steroidal anti-inflammatory drugs prescribed by physicians of health care facilities in Podilskyi region during 2015]. *Galician Medical Journal*, 2(23), 60–63 (in Ukrainian).  
[Степанюк, Н., Гладких, Ф., & Басараб, О. (2016). Аналіз побічних реакцій на тлі застосування анальгетиків-антипіретиків та нестероїдних протизапальних засобів, які призначались лікарями закладів охорони здоров'я Подільського регіону у 2015 році. *Galician Medical Journal*, 2(23), 60–63].
9. Stepanyuk, N., Hladkykh, F. (2015, May 15). *Analysis of pharmacotherapy complications of NSAIDs administration due to spontaneous reports in Podolsk region in 2013*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/303964675\\_Analysis\\_of\\_pharmacotherapy\\_complications\\_of\\_NSAIDs\\_administration\\_due\\_to\\_spontaneous\\_reports\\_in\\_Podolsk\\_region\\_in\\_2013](https://www.researchgate.net/publication/303964675_Analysis_of_pharmacotherapy_complications_of_NSAIDs_administration_due_to_spontaneous_reports_in_Podolsk_region_in_2013)
10. Stepaniuk, N., Drachuk, O., & Shvydiuk, S. (2017). *Pidsumky farmakonahliadu (FN) u Vinnytskii oblasti u 2016 rotsi* [Results of pharmacovigilance in Vinnytsia region in 2016]. In V. Moroz (Ed.), *Evidence-based Achievements of clinical pharmacology and pharmacotherapy* (pp. 256–258). Vinnitsia (in Ukrainian)  
[Степанюк, Г., Драчук, О., & Швидюк, С. (2017). Підсумки фармаконагляду (ФН) у Вінницькій області у 2016 році. В В. Мороз (Ред.), *Досягнення клінічної фармакології та фармакотерапії на шляхах доказової медицини* (с. 256–258). Вінниця].



