

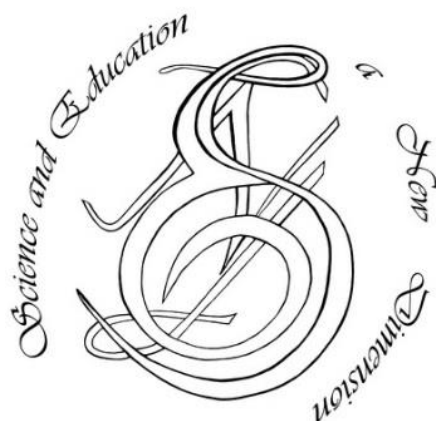
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, V(13), ISSUE 121, 2017

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

**NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES**



www.seanewdim.com

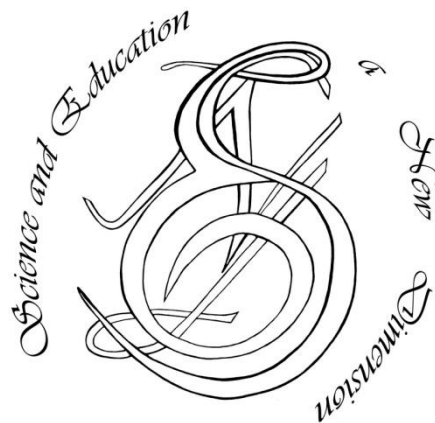
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

V(13), Issue 121, 2017

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

Natural and Technical Sciences



Editorial board

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

Honorary Senior Editor:

Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.

Andriy Myachykov, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

Edvard Ayvazyan, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

Ferenc Ihász, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Ireneusz Pyrzyk, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

Irina Malova, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

Irina S. Shevchenko, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine
Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

Kosta Garow, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

László Kótis, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

Larysa Klymanska, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Liudmyla Sokurianska, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

Marian Wloshinski, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

Melinda Nagy, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

Alexander Perekhrest, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Nikolai N. Boldyrev, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

Oleksii Marchenko, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Olga Sannikova, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odessa, Ukraine

Oleg Melnikov, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

Perekhrest Alexander, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

Riskeldy Turgunbayev, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

Roza Uteeva, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

Seda K. Gasparyan, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

Sokuriaynska Liudmyla, Doctor of sociological science. Prof. Head of Department of Sociology. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Svitlana A. Zhabotynska, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Tatyana Prokhorova, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

Tetiana Hranchak, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

Valentina Orlova, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Vasil Milloushev, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

Veselin Kostov Vasilev, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

Vladimir I. Karasik, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

Volodimir Lizogub, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Zinaida A. Kharitonchik, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

Zoltán Poór, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

Barkáts N.

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

BUDAPEST, 2015

Statement:

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and co-authors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts, each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

CONTENT

ARCHITECTURE.....	7
Computer generated simulation of landscape during the future architect training <i>I. V. Birillo, L. V. Osipa, O. A. Kostyuchenko.....</i>	7
BIOLOGY.....	10
Хвильові процеси регуляції серцевого ритму осіб з різними типами гемодинаміки під час проби head-up-tilt <i>V. S. Lizozub, M. Yu. Makarchuk, L. I. Yuhimenko, S. M. Hoimenko, H. P. Chernenko-Kuragina.....</i>	10
Реакція серцево-судинної системи на поетапне збільшення фізичного навантаження <i>A. B. Maglyovanyy, O. B. Kunitsynets, O. Yu. Ivanochko, G. M. Maglyovana.....</i>	15
Exposure to lead and psychophysiological development in students from Lviv region <i>N. V. Nalyvayko, H. M. Tkachenko.....</i>	19
Зміни макро- та мікроелементного складу тканин і органів експериментальних тварин за умов комбінованої дії ксенобіотиків <i>L. Ya. Nychytaylo, H. S. Hopta, X. A. Lesykyv, I. S. Bazalytska, A. M. Erstenyuk.....</i>	25
Common location approach in experimental studies of phytotoxic and antagonistic properties of soil micromycetes <i>O. I. Vinnikova.....</i>	29
ECOLOGY.....	33
Прогнозы и перспективы обеспечения экологической безопасности агросферы зоны влияния города Ровно <i>A. N. Pryshchepa, H. H. Voznyuk, E. A. Brezhitskaya, L. H. Stecyuk.....</i>	33
FOOD INDUSTRY.....	38
Порівняльна характеристика різних сортів рису України <i>V. M. Koшova, P. M. Mucoйд, A. O. Kobernitska, O. V. Politsuk, L. Kudryavtseva.....</i>	38
GEOGRAPHY.....	43
Об эффективности защиты от разрушения одесского Берега черного моря <i>Yu. D. Shuytskiy.....</i>	43
MATHEMATICS.....	47
К определению элементарного события в теории вероятностей <i>S. M. Krasnitskiy, A. A. Kurchenko.....</i>	47
MEDICINE.....	51
Effect of water and saline overload on the pyruvate kinase and glucose-6-phosphatase activities in the liver of streptozotocin diabetic rats <i>O. Yu. Kushnir, K. O. Kharchenko.....</i>	51

Indicators of cytokine regulation and pathogenetic ground for applying of Tivortin in patients with multidrug-resistant pulmonary tuberculosis <i>L. D. Todoriko, I. V. Ieremenchuk, M. P. Fedirtsan, A. O. Kiril, O. V. Savchuk, O. V. Golovachuk</i>	54
TECHNICAL SCIENCES	57
Проблема визначення точності компарування амплітудних значень сили змінного струму <i>В. В. Ісаєв</i>	57
Концепція реологічної моделі екоантропогенної остеодеструкції <i>В. Мельник, А. Шостак, Ю. Мельник, Н. Муляр</i>	61
Визначення вмісту флавоноїдів у настоях з використанням комп'ютерної колориметрії <i>О. О. Петруша, К. А. Науменко</i>	68
Геометричне моделювання руху інерціюіда В. М. Толчина та його маятникового аналога <i>О. І. Сухарькова, О. В. Шоман, В. В. Семенова-Куліш, Г. В. Морозова</i>	72
THERMAL PHYSICS	77
Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers in heat supply systems <i>О. Р. Остапенко</i>	77

ARCHITECTURE

Computer generated simulation of landscape during the future architect training

I. V. Birillo, L. V. Osipa, O. A. Kostyuchenko

National University of Culture and Arts, National Aviation University, Kyiv, Ukraine
Corresponding author. E-mail: 88inna@i.ua

Paper received 15.02.17; Accepted for publication 20.02.17.

Abstract. The article deals with question of using software tools for landscape computer simulation during professional future architect training at a university. Computer simulation of the landscape at the final stage of project development during "Computer technologies in architectural design" study and during qualification design project with Allplan CAD will aid future architects to increase the effectiveness of design, to implement the idea and concept and to become competitive specialists.

Keywords: *computer simulation, landscape, future architect training.*

Introduction. The rapid development of information technology and computer engineering has led to significant changes in all areas of society and in individual spheres of its operation. Innovative approaches are used in various areas to reduce the task-solving time.

Computer graphics allows to process a project from idea to its virtual visualization, thus having system-fulfilling role in all phases of architectural design. The use of computer hardware and software in the preparation of future architects is necessary because, it can shorten design - development work on a new design significantly, implement the process of design itself and get better solutions. Creating, editing and using three-dimensional graphics and animation gives the architect the opportunity to convey an idea effectively and to demonstrate projects and presentations flexibly. And one of the most important factors for the successful and bright project implementation is modern software usage.

Unfortunately, in the field of higher architectural education the potential of modern computer facilities is not fully used and possibilities of computer technology are not utilized effectively. Since modern architecture is seeking to create an object that is in harmony with their environment, the topic of computer landscape simulation is relevant in the landscape modeling during the future architects training.

Review of the publications on the topic. Interaction of architecture and nature is explored in works of D.Simonds, P.Portoheza, Ch. Jencks, I.Dobritsynoyi and others.

Introduction in the learning process of innovative methods and computerized training technologies, design and educational process realization is aimed at mastering modern computer tools and technologies by students and is dedicated to research of V. Bykov, R. Gurevich, A. Gurzhii, M. Zhaldak A. Ershov, E. Polat, J. Robert A. Spivakovsky, A. Spirin, N.Tverezovskoyi and others.

Different theoretical and methodological aspects of architects training in higher education system research by K. Halabyan, L. Ermakov, M. Barhina, E. Belousov, Y. Belokon, N. Dokuchaeva, M. Demin, Y. Doroshenko, O. Kashchenko A. Kudryavtsev, A. Stepanov, G. Somov, V. Timohina, V. Tovbycha, M.A.Turkusa M. Nykolskoho, N. Nechayev, L. Kholodov and others is dedicated to.

The aim of the work is the survey of software features research for computer landscape simulation during future architects training at the university.

Materials and methods. Research methodology includes: the method of analysis, synthesis, comparison, generalization, systematization of theoretical data used to identify problems condition of the study; experimental method, based on the specifics of architecture; simulation method in terms of environmental approach.

Results and discussion. Modern computer graphics gives the architect new progressive future opportunities to realize their creative potential. As a result, the emergence of powerful computers triggered the opportunity to implement mathematical integration of graphics with a view to future virtualization projects on the screen. Computer simulation architecture implements a virtual environment.

The principles and techniques of computer design form the basis of the current architectural practice and provide dynamic shaping in interactive mode of the object virtual model with regard to space relief formation of natural or artificial environment. Rationalization of computer tools and architectural design technology use for solving architecture - design tasks improves the efficiency and quality of the process [1].

Applications for realistic space display of natural or artificial environment relief formation can be grouped by the similarity of the interface and the same work principles: geographic information systems (GIS), three-dimensional graphics editors, landscape designers, landscape generators, computer-aided design and others. In accordance with their capabilities, functionality vary for more than several times [2].

Review and analysis of the special software achievements for 3D-modeling of landscape have showed that the most basic functions of the software are to construct 3D models, but not the area; there is a great variety of programs that will be inaccessible to the user without special training and skills, while there are programs that allow the user to create a simplified experience without 3D-model; 3D-modeling requires a significant technical resources use.

Three-dimensional simulation allows to create the object model, that is almost identical to the real image, which can have a high level of detail, but requires high system resources (3D StudioMax, Cinema 4D, etc.). Often the landscape seems artificial and too simplified.

The principle of the generator landscape functioning is complex and is based on understanding of the the natural landscape internal structure and geographic data

knowledge of different ecosystems. Most generators built landscape relief based on elevation map that can be obtained on the basis of real data taken from the GIS database, can be created by the program itself, or by the user's data. The relief in artificial natural landscapes can be supplemented by various options entourage. The functionality of the package can be expanded to with the help of extra plugin use.

The models of landscape in computer-aided design is obtained by changes within the given size according to the building based on topographic survey.

The authors [3,4] indicate that SAD question of choice is very important, because they must meet the following requirements as efficiency of project implementation, a great resource, high technical performance and quality of work, simplicity and useability of interface, reliability, affordable price.

The use of VIM process increases productivity of construction industry significantly and can solve many current problems associated with the lack of consistency in information exchange [5].

Building Information Modeling facilitates work with the object and is superior to classical methods of design. BIM allows a virtual mode to develop and agree on the components of the system for future buildings in advance, check their viability, functionality and performance qualities.

The integrated package Allplan is CAD-system for all design work. All stages of the work, whether it is the sketch, plan, landscape and changes made automatically are available in graphic form for all participants of the design process [6].

Allplan provides a number of convenient features for creating a project landscape system. To these features belong image processing import formats (DXF, DWG, DGN, and others.), fast data entry. Automatic detection points inventory positioning, marking axes control enforcement points, splines and coupling for Euler spiral are just a few examples of the rich range of features of the program.

Master plans are known for their complicated geometry. Work on it always starts with the initial surveying the area. Knowledge of points coordinates is the most important precondition for the transfer of data location into the graphic. These coordinates can be obtained by digitizing existing maps in the Allplan program. It can be done with the help of manual input from the keyboard or directly from files containing information about the point. Existing or newly created points of three-dimensional space can be processed later in the module «Digital Terrain Model». Continuous communication between members of the design process should be provided by using the «Geodesy» function module in order to work on a master plan smoothly.

Many types of signs typical for road construction of curves and inscription elements are used for plan presenting. Its capabilities expand with assess features, control and special functions, such as control points check or bending the edge of the road.

The "Master Plan" function enables creating an accurate 3D model of the area. The function is divided into 4 modules for convenient use:

- The Site Plan module. This module enables a variety of functions, especially for the road and bridge construction. In addition, it contains commands to build any curves

and slopes, as well as for inscription and picketing (placement) of axial lines. There are additional commands for example to create files and share geodetic points. The coordinates can be imported into the program by digitizing existing maps, manually with the keyboard or on the basis of created files points of random format.

- The Digital Terrain Model module is a multifunctional tool. It is the basis for all stages of design vertical space near the building, drawing creation, calculation and display of pits and mounds that gives new possibilities for terrain submission in three dimensions. TSMM is particularly useful in the breakdown of complex areas, athletic fields, golf courses, etc. Besides it provides all the necessary tools for vertical planning to a designer. With the help Digital Terrain module master plan data in space can be edited and modeled. These surveys are introduced or, if it is possible, are imported digitally. Filling-up and dredging can be designed and calculated. Also, DXF and DWG files can be imported and exported.

The area is represented with a grid that consists of a three-dimensional triangular planes. Special areas (eg, construction sites) can be defined in the grid and than cut during editing. Master plan can be converted into 3D-body module and edited into 3D model. Then it can be converted back into Digital Terrain Model.

- The Landscaping Planning module includes special features for creating dendrological and landscape plans, intelligent signs for creating plants, comfortable design for plants and trees, automatic creation of plant explication, information generation and plant specification at all stages of design, creating original drawings by using Bezier curves, random sketches, lines, patterns, volume calculations. Calculation of planting plants areas and road surfaces. Computer-aided response and specifications on gardening items, pavement and small architectural forms.

Conducted studies [7-8] enabled to determine that the land (topography) and vegetation is most actively used in the architecture as formative material, water is used less active.

- The Urban Planning module. It is possible to create a surrounding building and calculate required indices for project in this module. With the help of the digital model designing and sands and dredging calculating can be conducted. Accordingly, you DXF and DWG files can be imported and exported. The functions of the module are used to create topographical, cadastral situation and plans, to identify areas of housing, buildings, to create a consolidated plan of installations, to calculate areas, lengths and volumes construction. And also it can be used for automated receipt information and specifications for residential and public buildings and structures [9].

Complex task at the development phase of the project during the study course "Computer technologies in architectural design" (10 semester 5th course) at the National Aviation University includes the construction of the building and building terrain model with the means of Allplan programs "Geodesy" functional module. Future architects, using the tools of the program, perform graphic work on modeling the environment under the proposed option. As the basis for work situational plan is provided, topo data of the terrain and building data for design (e.g. art center) as the main element of the environment. With computer design the placement of buildings with respect to relief is taken into account:

- on a plane
- to elevation,
- on a slope,
- hollow in the ground,
- near a reservoir,
- on water.

The interaction of architecture with relief is taken into account:

- overlay overhang,
- transformation of the environment,
- terracing,
- geoarhitecture.

Environment model design begins with downloading and analysis of topographic underlying cause in Allplan CAD environment. The use of scanned topographic maps with further setting the relevant data is possible, as well as the use of fabricated arrays of coordinates points. By means of the Site Plan module future architects set the basic parameters of the terrain. In particular parameters such as pickets, axis lines, curves and slopes, options for the design of roads and bridges can be set. By means of the Digital Terrain Model module spatial triangulation terrain model is created with coordinate points automatically, which can be analyzed and visualized by appropriate means. To clarify the type of terrain satellite images of Google Earth and panoramic shooting of the area are used. On the terrain

model designed building is located and work on models of environmental elements in Allplan CAD continues. Geodesy Module provides the main functions to designer for spatial planning and urban development. It is creating plans of areas use or building plans. The module allows to calculate such important indicators as ratios floor space, land area, building volume and create a model of the surrounding area of 3D buildings of various types [10].

The Landscaping Planning module is used for the design and planning of plot with green plantations, walkways and landscape objects. This module endues an opportunity to create green space plans with automatic creation of explications and plant funds. The nodule is supplemented with seedlings catalogs and special signs. At the end of work a student has to assess the accuracy of he conducted computer simulation.

Summary. Computer simulation of the landscape at the final stage of project development during "Computer technologies in architectural design" (10 semester 5th year) study and during qualification design project with Allplan CAD will aid future architects to increase the effectiveness of design, to observe the future real project and to implement the idea and concept. Complementing and extending information educational environment with cloud technologies will enable students to become demanded specialists in the labor market.

REFERENCES

1. Training content comparison of future architects in economic conditions in Poland and Ukraine // National Economic Reform: experience of Poland and prospects for Ukraine – Collective monograph. / Inna Birillo et al.– Vol. 1. "Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2016. – p. 61-77.
2. Візуалізація комп'ютерних моделей віртуального архітектурного середовища // Архітектура та екологія: збірник Матеріалів 7 Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 31 жовтня – 1 листопада 2016 року). – Київ, 2016. – С. 33-35.
3. Бугаєв А. В. Аналіз сучасних САПР і їх порівняльна характеристика // Вісник Черкаського державного технологічного університету : зб. наук. пр. – Черкаси : ЧДТУ, 2008. – № 1. – С. 96–99.
4. Birillo I.V. Formation de futurs architectes concurrentiels dans un contexte de capital humain dans les conditions actuelles // International scientific conference «Modern Transformation of Economics and Management in the Era of Globalization»: Conference Proceedings. Januau 29. 2016. Klaipeda: Baltija Publishing. 153-160 pages.
5. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. – Published by John Wiley & Sons, Inc., New Jersey Published simultaneously in Canada. – 260 p.
6. Allplan 17 Градостроительство. Ландшафтная архитектура. Справочное руководство. Основы. – Мюнхен: NemetschekAG, 2016. - 146 с.
7. Green over the gray [Е. ресурс] / Emilio Ambasz @ Associates.Inc. – Режим доступу: <http://www.emilioambaszandassociates.com>.
8. Vetsch architektur [Е. ресурс] / - Режим доступу: <http://www.erdhaus.ch/main.php?fla=y&lang=en&cont=start>
9. Работаем с программным обеспечением фирмы Nemetschek «САПР и графика» 3'2002 <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=7002>.
10. <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7723&iid=314> Allplan Градостроительство – профессиональное решение для проектирования среды обитания «САПР и графика» 8'2001.

REFERENCES

2. Vizualizatsiya komp'yuterniy models virtualnogo arhitekturnogo seredovischa // architecture that ekologiya: zbirnik Materialiv 7 Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii (m Kiev, 31 Zhovtnya - 1 leaf fall 2016 roku.). – Kiev, 2016. – С. 33-35.
3. Bugaev A.V. Analiz suchasnyj CAD i ih porivnyalna characteristic // News Cherkasy sovereign tehnologichnogo universitetu: ST. Sciences. Etc. - Cherkasy: Cherkassy State Technological University, 2008. – № 1. – С. 96–99.
6. Allplan 17 City. Landscape architecture. Reference Guide. Fundamentals. - Munich: NemetschekAG, 2016. - 146 с.
9. Working with the software company Nemetschek «CAD and graphics» 3'2002/ <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=7002>.
10. <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7723&iid=314> Allplan City - a professional solution for the design of habitat "CAD and graphics" 8'2001.

Компьютерное моделирование при подготовке будущих архитекторов

И. В. Бирилло, Л. В. Осипа, О. Ю. Костюченко

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы использования программных средств для компьютерного моделирования ландшафта в профессиональной подготовке будущих архитекторов в университете. Компьютерное моделирование на конечном этапе разработки проекта при изучении дисциплины «Компьютерные технологии в архитектурном проектировании» и во время дипломного проектирования в САПР Allplan поможет будущим архитекторам повысить эффективность проектирования, воплотить идею и концепцию, стать конкурентоспособными специалистами.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, ландшафт, подготовка будущих архитекторов.

BIOLOGY

Хвильові процеси регуляції серцевого ритму осіб з різними типами гемодинаміки під час проби head-up-tilt

В. С. Лизогуб, М. Ю. Макаrchук*, Л. І. Юхименко*, С. М. Хоменко, Н. П. Черненко-Курагіна

Науково-дослідний інститут фізіології імені Михайла Босого Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького;

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології і медицини»

*Corresponding author. E-mail: v_lizogub@ukr.net; E-mail: liyukhimenko@ukr.net;

Paper received 29.01.17; Accepted for publication 05.01.17.

Анотація. Досліджували хвильові процесів регуляції серцевого ритму (ХПРСР) в осіб з різними типами кровообігу (ТК) при виконанні проби head-up-tilt. Встановлені особливості регуляції кровообігу, яка в найбільшій мірі проявлялась в умовах ортопроби. Обстежувані з гіперкінетичним типом кровообігу (ГПК) в положенні head-up-tilt характеризувались вищими показниками хвилинного (ХОК), ударного об'єму крові (УОК), серцевого індексу (СІ) та нижчими значеннями загального периферичного опору судин (ЗПО), що синхронізувалось з більшою активністю ХПРСР та високими значеннями спектральних характеристик високої (HF) і низької частоти (LF) регуляції серцевого ритму (СР) порівняно з гіпокінетичним типом кровообігу (ГК).

Ключові слова: типи кровообігу, центральна гемодинаміка, серцевий ритм, хвильові процеси, ортопроба.

Вступ. Відомо, що ТК відображає певний варіант норми, а також відрізняється характеристиками системи кровообігу та механізмами нейрогуморальної регуляції її діяльності [7, 15]. При цьому сучасне поняття норми здебільшого трактується не тільки як перебування комплексу показників у відповідному діапазоні середньостатистичних стандартів, але і як можливість організму до ауторегулювання з метою підтримки гомеостазу в мінливих умовах середовища [2, 6]. Існує думка, що деякі показники серцево-судинної системи є генетично детермінованими і відбивають динамічність популяційної конституційної неоднорідності та обумовлюють відповідний гемодинамічний тип [5, 10, 19].

Короткий огляд публікацій по темі. За такими критеріями як ХОК і СІ автори виділяють гіпо-, еу- та гіперкінетичні типи кровообігу [1, 16], що здатні оптимально забезпечити відповідні рівні середнього артеріального тиску при однаковому використанні енергії. Розглядаючи типологічні особливості гемодинаміки з позицій участі автономної нервової системи у регуляції СР експериментально доведено існування симпато-, нормо- та ваготонічного типів кровообігу [3, 4]. Важко не погодитись, що симпато-адреналова система є провідною у підтримці нейро-вегетативної рівноваги та регуляції адаптивних процесів організму. Отже, на сьогодні визнано важливе прогностичне значення показників центральної гемодинаміки (ЦГ) і СР. Але відкритими залишаються питання щодо з'ясування особливостей регуляції СР і гемодинамічних реакцій у осіб різних ТК в умовах дії на організм різних факторів середовища [8, 9, 11, 12, 20]. Враховуючи експериментальне підтвердження наявності типів регуляції СР і ТК логічно припустити існування та участь відмінних механізмів регуляції гемодинамічних реакцій організму у відповідь на різноманітні фактори середовища. Таким чином, виникає необхідність дослідити особливості ХПРСР у осіб з різними ТК.

Мета. З'ясувати особливості участі механізмів регуляції серцевого ритму в осіб з різними типами ге-

модинаміки в положенні лежачи та при виконанні ортостатичної проби.

Матеріали і методи. У 84-х чоловіків віком 18-22 р. в положенні лежачи та на 10-й хвилині ортостатичного положення тіла (head-up-tilt), отриманого при переміщенні на 90° догори головою на поворотному столі, проводили синхронну реєстрацію показників центральної гемодинаміки (ЦГ) та ХПРСР. Дослідження здійснювали згідно норм біоетики та положень Гельсинської декларації 1975 р. після добровільного письмового погодження обстежуваних.

Для вивчення ЦГ застосовували метод спектральної реографії на комп'ютерному комплексі ReoCom XAI Medica і визначали: УОК, ХОК, ЗПО та вимірювали артеріальний тиск (АТ). Для нівелювання впливу на ЦГ відмінностей у масі тіла обстежуваних додатково визначали антропометричні дані та показники, нормовані з урахуванням площі тіла: серцевий (СІ) і ударний індекс (УІ). Поділ на групи за ТК здійснювали за показником СІ [1, 2]. Дослідження ХПРСР проводили за допомогою кардіоінтервалографії. Визначали: квадратичне відхилення (SDNN) та у спектрі трьох головних компонентів: 0,15-0,40Гц (HF), 0,04-0,15Гц (LF), 0-0,04Гц (VLF) [18].

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали методами математичної статистики із застосуванням пакетів програм Excel та Statistica for Windows 8.0. Достовірність змін і відмінностей між порівнювальними величинами оцінювали за критерієм достовірності різниці (t) по таблиці Стьюдента. Достовірними вважалися відмінності при значеннях $p \leq 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення. В літературі не існує єдиної думки щодо кількісного розподілу обстежуваних на групи з різними ТК. У дослідженнях [10] отримано співвідношення 25 : 35 : 40 між обстежуваними відповідно з гіпо-, еу- та гіперкінетичним типами. Результати одних дослідників [2, 3] вказують на переважання ГПК, а інших – ГК типу відповідно до загальної кількості обстежуваних [4, 16].

Отримані нами дані узгоджуються з результатами авторів, які виявили більший відсоток обстежуваних з ЕК [11, 14]. Аналіз отриманих результатів дозволив вста-

новити неоднорідність кровообігу та розподілити обстежуваних на 3 групи (рис.1).

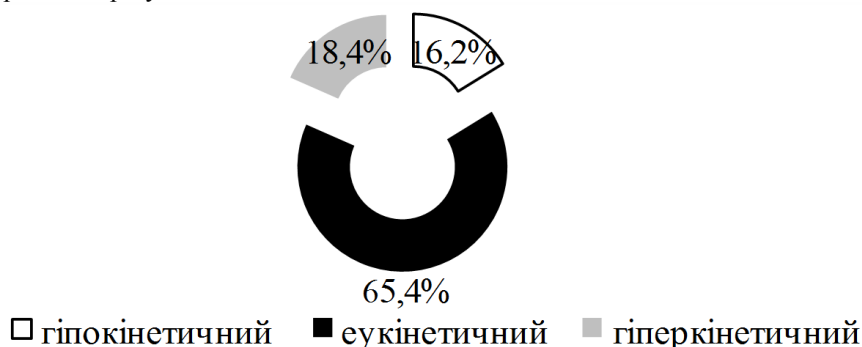


Рис. 1. Розподіл обстежуваних на типи гемодинаміки за показниками серцевого індексу.

Першу групу склали 14 осіб із відносно низьким СІ (менше 2,08 л/хв·м²) – ГК, у другу увійшли 55 осіб із середнім СІ (від 2,09 до 3,24 л/хв·м²) – ЕК, третю представили 15 осіб із високим СІ (понад 3,24 л/хв·м²) – ГПК.

Дослідження показників ЦГ, які ми отримали в положенні лежачи виявило деякі відмінності між представниками виділених груп (рис.2).

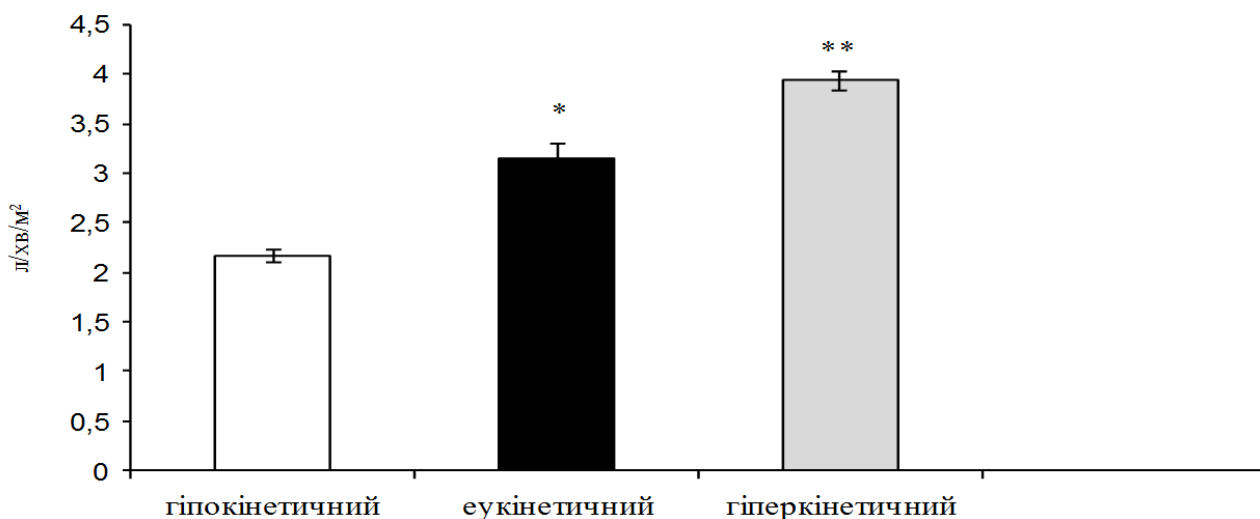


Рис 2. Показники серцевого індексу у обстежуваних з різними типами гемодинаміки в положенні лежачи. Примітка: * - достовірність відмінностей $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$ відносно показників обстежуваних з гіпокінетичним типом гемодинаміки.

Встановлено істотно вищі значення УІ, СІ та нижчі ЗПО у обстежуваних з ГПК типом порівняно з представниками ЕК та ГК типів ($p < 0,05$). Порівняння антропометричних даних обстежуваних груп ГК та ГПК не виявило достовірних відмінностей ($p > 0,05$). Отже, відмінності за ЦГ між ГК та ГПК не є наслідком антропометричних особливостей. Можливо, відмінності ЦГ обумовлені особливостями регуляторних систем? Для цього були проведено співставлення показників ХПРСР у групах з різними ТК (рис.3).

Дослідження характеристик ХПРСР групах обстежуваних з різними типами гемодинаміки у положенні лежачи не виявило істотних відмінностей показників LF, HF, VLF та SDNN ($p > 0,05$). Ймовірно, забезпечення гемодинамічного гомеостазу в положенні лежачи не потребує жорсткого контролю механізмів регуляції СР. Система кровообігу підтримує оптимальні умови функціонування шляхом залучення інтракардіальних механізмів.

У груп обстежуваних з різними ТК у положенні лежачи за показниками ХПРСР не виявили істотних відмінностей, тоді як у положенні head-up-tilt у цих групах встановлені відмінності між характеристиками ЦГ та ХПРСР.

Особливо виразні відмінності як у характеристиках ЦГ, так і ХПРСР проявилися у групі – ГП і ГПК. Встановлено, що у обстежуваних з ГПК вищі значення ХОК, УОК, СІ та нижчі ЗПО співпадали з високими показниками SDNN, а також потужностями хвиль HF і LF порівняно з обстежуваними ГК. Ймовірно, така спрямованість та відповідний патерн реакцій ХПРСР при пасивній ортопробі були обумовлені ТК. Обстежувані з ГК типом кровообігу в умовах head-up-tilt характеризувались показниками ЦГ та ХПРСР, що демонстрували меншу напруженість спектру у діапазоні частот LF, HF, VLF та SDNN (табл. 1).

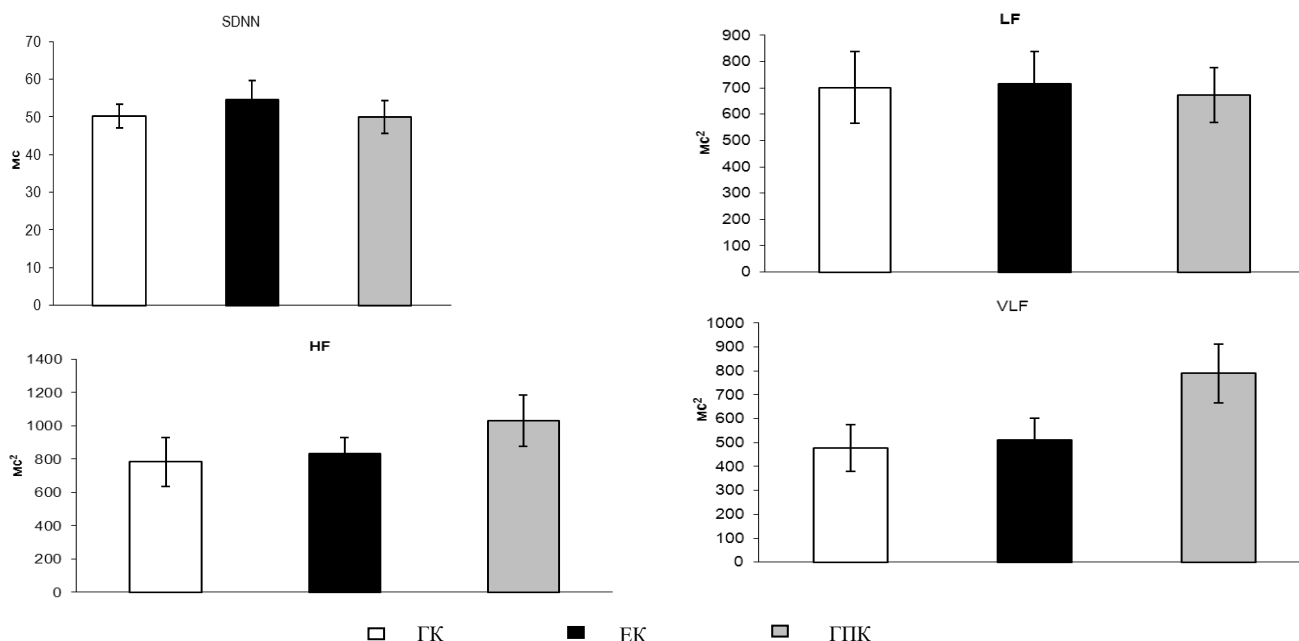


Рис. 3. Показники кардіоінтервалографії у осіб з різним типом гемодинаміки в положенні лежачи.

Обстежувані з ЕК типом кровообігу за досліджуваними показниками ЦГ у 70% випадків займали проміжне положення серед обстежуваних інших ТК. З літератури відомо, що більшість дослідників схильються до думки про більш досконалу узгодженість гемодинамічних процесів та вищу економічність серцево-судинної діяльності осіб саме з ЕК [3, 17].

Встановлено, що ГПК тип гемодинаміки характеризується вищими значеннями УОК, ХОК, СІ та УІ та нижчими ЗПО порівняно з іншими типами кровообігу [2, 14]. Ми не виключаємо, що більш високі значення

ЦГ, характерні для ГПК в умовах ортопроби, можуть бути наслідком вищого рівня активності регуляторних як автономних, так і барорецепторних механізмів. Саме серед цих обстежуваних вища питома вага серцевого компоненту співпадала з вищими характеристиками ХПРСР. Деякі автори наголошують на менш економічному режимі роботи серця осіб з гіперкінетичним типом кровообігу, що може суттєво зменшувати його компенсаторні властивості [4].

Таблиця 1. Середні показники гемодинаміки обстежуваних у положенні head-up-tilt, M±m

досліджувані показники	типи гемодинамічних груп обстежуваних		
	гіпокінетичний, ГП	еукінетичний, ЕК	гіперкінетичний, ГПК
УОК (мл)	36,3±3,3*##	48,9±4,7	52,8±2,8
ХОК (л)	3,05±0,1*##	3,61±0,1^	4,35±0,1
R-R (мс)	645,2±13,1#	684,3±14,2	716,8±11,8
ЗПО (дін/с/см-5)	2206,7±42,3*##	1847±563^	1584±38,5
СІ (л/хв/м²)	1,66±0,07*##	1,89±0,08	2,35±0,1
СрАТ (мм.рт.ст.)	93,4±2,3	94,3±1,9	94,2±2,1
SDNN (мс)	39,8±2,7##	41,3±7,5	53,7±3,3
HF (мс²)	109,4±13,2*##	204,3±12,7^	519,3±21,4
LF (мс²)	651,4±31,5*##	843,5±43,5^	1224,2±27,3
VLF (мс²)	523,1±23,1*##	754,8±53,2^	640,85±32,3

Примітка: * - достовірність відмінностей p<0,05, ** - p<0,01 між показниками обстежуваних з ГП і ЕК; # - достовірність відмінностей p<0,05, ## - p<0,01 між показниками обстежуваних з ГП і ГПК; ^ - достовірність відмінностей p<0,05, ^^ - p<0,01 між показниками обстежуваних з ЕК і ГПК.

За даними [2, 14,16] менший ударний об'єм у осіб з ГК типом гемодинаміки сприяє економізації функцій серця. Встановлені нами менші значення ХОК, УОК, СІ, SDNN та головних спектральних діапазонів HF, LF і VLF, а також більш високий показник ЗПО співзвучні даним інших авторів [13, 14]. Дослідники відмічають, що ГК тип характеризується домінуванням судинного тону артеріальної ланки кровообігу, що виражається у збільшенні ЗПО та невисокою потужністю скорочення лівого шлуночка [6].

Отже, ортостаз чинить значне гравітаційне навантаження на організм обстежуваного та виводить ЦГ з рівноваги. За таких умов діяльність серцево-судинної системи вимушена спрямовувати всі зусилля на підтримку СрАТ, оптимізацію кровообігу, залучаючи як інтра-, так і екстракардіальні механізми регуляції. За умов виконання проби head-up-tilt у всіх обстежуваних виявили підвищення R-R, ЗПО і одночасне зниження ХОК, УОК, СІ та потужності HF, LF і VLF по відношенню до стану лежачи. Саме в таких умовах особи з різними ТК характеризувались особливостями

участі, як механізмів ЦГ, так і ХПРСР. Для адаптаційно-приспосувальних реакцій серцево-судинної системи осіб з ГПК в умовах перебування в head-up-tilt характерним була більш виражена участь, як інтракардіальних, так і системних екстракардіальних механізмів регуляції гемодинамічного гомеостазу у порівнянні з обстежуваними, що були віднесені до ГК і ЕК.

Висновки: 1. У стані лежачи встановлено достовірні вищі значення УІ та СІ та нижчі ЗПО у обстежуваних з ГПК типом кровообігу порівняно з представниками ЕК та ГК. 2. У обстежуваних з ГПК при орто-

пробі в положенні head-up-tilt виявлені вищі показники ХОК, УОК та СІ та нижчі значення ЗПО, що співпадали з більш високими значеннями SDNN, а також потужності хвиль HF і LF, VLF порівняно з ГК. 3. В осіб з різними типами гемодинаміки при виконанні ортопроби встановлена узгоджена взаємодія між реакцією ЦГ і спектральними характеристиками регуляції серцевого ритму. 4. Отримані результати можуть бути корисними для скринінга факторів ризику серцево-судинних хвороб у людей зрілого віку, спортивної фізіології і праці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиол. человека, 2002. - Т.28, №2. - С. 70-82.
2. Земцовский Э. В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. - Спортивная кардиология. - СПб. : Гиппократ. - 1995. - 448 с.
3. Зияев Ю. Н. Реакция на физическую нагрузку в зависимости от типа кровообращения / Ю. Н. Зияев, Н. П. Никитин, Гоур Шундор Шаха // Медицинский журнал Узбекистана. - 1991. - №8. - С. 57-61.
4. Иванова Н. В. Характеристика гемодинамических типов кровообращения у здоровых детей / Н.В. Иванова // Вопросы охраны здоровья материнства и детства. - 1988. - № 3. - С. 3-5.
5. Лизогуб В.С. Особенности реакции центральной гемодинамики на регуляцию сердечного ритма на ортопробу осіб з різним індексом маси тіла / Лизогуб В.С., Коваленко С.О., Дзюбан Ю.О.[і ін.] // Вісник морфології, 2008. - 14(1). - С. 109-114.
6. Лісовський Б. Функціональні резерви кардіореспіраторної системи як показник здоров'я людини / Б. Лісовський // Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура. - 2006. - № 2. - С. 31-34.
7. Сарафинюк Л.А. Вікові та статеві закономірності змін гемодинаміки в залежності від конституціональних характеристик організму : автореф. дис ... д-ра біол. наук: 14.03.01; 03.00.13 / Л.А. Сарафинюк. - Тернопіль, 2010. - 35 с.
8. Сват'єв А.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті / А.В. Сват'єв, М.В. Маліков. - Запоріжжя: ЗДУ, 2004. - 195 с.
9. Селиверстова Г.П. Методы прогнозирования функциональных резервов организма и возможных достижений человека / Г.П. Селиверстова // Теория и практика физической культуры. - 2006. - № 5. - С.30-31.
10. Сидоренко Г. И. Некоторые нерешенные вопросы оценки артериального давления / Г. И. Сидоренко // Кардиология. - 2003. - № 3. - С. 90-92.
11. Теоретическое обоснование современных подходов к оценке адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы / Под ред. Р.М. Баевского. - М.: Медицина, 2009. - 424 с.
12. Цап І.Г. Розвиток координаційних здібностей волейболісток в залежності від рівня спортивної кваліфікації, розвитку серцево-судинної і вестибулярної систем / І.Г. Цап, М.І. Цап // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 15. - 2013. - Т. 2, №. 7. - С. 389-395.
13. Цибенко В.А. Кровообіг. Фізіологія з основами патофізіології / В.А. Цибенко. - Черкаси, ЧНТІ, 2010. - 295 с.
14. Шхвацабая И. К. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы / И.К. Шхвацабая, Е.Н. Константинов, И.А. Гундаров // Кардиология. - 1981. - № 3. - С. 10-13.
15. Щанкин А.А. Связь конституции человека с физиологическими функциями: монография / А.А. Щанкин. - Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т. - 2011. - 105 с.
16. Яковлев Г. М. Типы кровообращения здорового человека: нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя / Г. М. Яковлев, В. А. Карлов // Физиология человека. - 1992. - Том. 18, № 6. - С. 86.
17. Fuks A.I. Cardiology clearance index: Normal values, repeatability, and reproducibility in Cardiology system-healthy children / A.I. Fuks, J. Elderer, H. Ellemunter [et al.] // Pediatric Cardiology. - 2010. - V. 43, № 12. - P.1180-1185.
18. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use: Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology // Circulation, 1996 - Vol.93 - P.1043-1065.
19. Impedance cardiography: development of thorax fluid volume evaluation in heart failure pulmonary congestion / M. Zubarev, A. Dumler, O. Kiseleva [et al.] // Proc. of the XI international conference on Electrical Bio-impedance. - Oslo, Norway, 2000. - P. 549-551.
20. Sassen Barbara. Physical fitness matters more than physical activity in controlling cardiovascular disease risk factors / Barbara Sassen, Véronique A. Cornelissen [et al.] // European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation. - 2009. - V. 16, № 6. - P. 677-683.

REFERENCES

1. Baevsky R.M. Variable analysis of heart rhythm in space medicine / R.M. Baevsky // Physiol. Of Human, 2002. - T.28. №2. - P. 7-82.
2. Zemtsovsky E.V. Sport cardiology / E.V. Zemtsovsky. Sport cardiology. - SPb. Hippocrat. - 1995. - 448 p.
3. Ziyayev J.N. Reaction on the physical load in depends on blood circulation type / J.N. Ziyayev, N.P. Nikitin, Gour Shundor Shaha // Meditsinsky zhurnal Uzbekistana. - 1991. - №8. - P. 57-61.
4. Ivanova N.V. Description of hemodynamics types of blood circulation of healthy children / N.V. Ivanova // Voprosy ohrani zdorovya materi i detstva - 1988. - №3. - P. 3-5.
5. Lizogub V.S. Peculiarities of reactions of central hemodynamics and regulation of heart rhythm to head-up-tilt test of individuals with different index of mass body / Lizogub V.S., Kovalenko S.O., Dzyuban J.O. [at all] // Visnik morfologii, 2008. - 14(1). - P. 109-114.
6. Lisovsky B. Functional reserves of cardiorespiratory system such as index of human health. /B. Lisovsky // Visnik Prikarpat'skogo universitetu Fizichna cultura. - 2006. №2. P. 31-34.
7. Sarafinyuk L.A. Ages and sexual regularity of hemodynamically changes depending on constitutional descriptions of organism / Autoref. diss. d-ra boil nauk 14.03.01; 03.00.13/L.A. Sarafinyuk. - Ternopil, 2010. - 35 p.
8. Svatjev A.V. Functional diagnostic of physical training and sport. / A.V. Svatjev, M.V. Malikov. - Zaporizhzhya: ZDU, 2004. - 195 p.

9. Seliverstrova G.P. Prediction methods of functional reserves of organism and human possibilities / G.P. Seliverstrova // Teoriya i praktika fizicheskoy kulturi. – 2006. - №5. P. 30-31.
10. Sidorenko G.I. Some outstanding questions by blood pressure estimation / G.I. Sidorenko // Kardiologiya. – 2003. - №3. – P. 90-92.
11. Theoretical substantiation of modern methods by estimation of adaptation reactions of cardiovascular system / By edition R.M. Baevsky. – M.: Meditsina, 2009. – 424 p.
12. Tsap I.G. Development of coordination capacity of volleyball players in depending with level sport qualification, development cardiovascular and vestibular systems / I.G. Tsap, M.I. Tsap // Naukoviy chasopis Natsionalnogo pedagogichnogo universitetu imeni M.P. Drahomanova. Serial 15. – 2013. – V. 2, №7. – P. 389-395.
13. Tsybenko V.A. Blood circulation. Physiology with basis pathology. V.A. Tsybenko. – Cherkassy, ChNTI, 2010. – 295 p.
14. Shkhvatsabaya I.K. About a new way to understanding of hemodynamically standard / I.K. Shkhvatsabaya, E.N. Konstantinov, I.A. Gundarev // Kardiologiya. – 1981. - №3. – P. 10-13.
15. Shchankin A.A. Connection between constitution of human body with physiological functions: monography / A.A. Shchankin. – Saransk: Mordov. gos. ped. in-t. – 2011. – 105 p.
16. Yakovlev G.M. Types of blood circulations of health human: neurohumoral regulation of blood minute volume in rest / G.M. Yakovlev, V.A. Karlov // Fiziologiya cheloveka. – 1992. V. 18, №6. – P. 86.

The wave processes of regulation the heart rhythm in people with different types of hemodynamics during the head-up-tilt test

V. S. Lizogub, M. Yu. Makarchuk, L. I. Yukhymenko, S. M. Khomenko, N. P. Chernenko-Kuragina

Abstract . The wave processes of regulation the heart rhythm (WPRHR) in people with different types of the blood circulation (BC) in the performance of the head-up-tilt test were investigated. The regulation peculiarities of the blood circulation, which showed in a great measure during the head-up-tilt test, were established. The survey sample with the hyperkinetic type of the blood circulation (HPBC) in slung head-up-tilt position characterized the large indexes of the blood minute volume (BMV), stroke output (SO), cardiac index (CI) and the low indexes of the general peripheral vascular resistance (GPVR), which synchronized with the larger activity of the wave processes of regulation the heart rhythm and the high indexes of the spectral characteristics of the high frequency (HF) and the low frequency (LF) of the regulation the heart rhythm (HR) concerning the survey sample with the hypokinetic type of the blood circulation (HBC).

Keywords: *the type of the blood circulation, the central hemodynamics, the heart rhythm, the wave processes, the head-up-tilt test.*

Волновые процессы регуляции сердечного ритма людей с разными типами гемодинамики во время пробы head-up-tilt

В. С. Лизогуб, М. Е. Макаручук, Л. И. Юхименко, С. Н. Хоменко, Н. П. Черненко-Курагина

Аннотация. Изучали волновые процессы регуляции сердечного ритма (ВПРСР) у людей с разными типами кровообращения (ТК) при проведении пробы head-up-tilt. Установлены особенности регуляции кровообращения, которые в наибольшей мере проявлялись во время ортопробы. Обследованные с гиперкинетическим типом кровообращения (ГПК) в положении head-up-tilt характеризовались большими показателями минутного (МОК), ударного объема крови (УОК), сердечного индекса (СИ) и низкими значениями общего периферического сопротивления сосудов (ОПС), что синхронизировалось с большей активностью ВПРСР и высокими значениями спектральных характеристик высокой (HF) и низкой частоты (LF) регуляции сердечного ритма (СР) относительно с гипокинетическим типом кровообращения (ГК).

Ключевые слова: *типы кровообращения, центральная гемодинамика, сердечный ритм, волновые процессы, ортопроба.*

Реакція серцево-судинної системи на поетапне збільшення фізичного навантаження

А. В. Магльований*, О. Б. Кунинець, О. Ю. Іваночко, Г. М. Магльована

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

*Corresponding author. E-mail: mavrpror@gmail.com

Paper received 24.01.14; Accepted for publication 01.02.14.

Анотація. Встановлено, що поетапне збільшення фізичного навантаження студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я з поступовим підвищенням моторної щільності заняття, скороченням часу досягнення максимальної частоти серцевих скорочень та кількості її повторень в одному занятті призводило до покращення процесу адаптації серцево-судинної системи та викликали функціональні зрушення, які відображали адекватність застосованого фізичного навантаження.

Ключові слова: адаптація, серцево-судинна система, фізичне навантаження, моторна щільність.

Вступ. Головним фактором впливу фізичного навантаження на адаптацію серцево-судинної системи є раціональне планування фізичного навантаження на заняттях фізичним вихованням у вищих навчальних закладах, яке одержує студент при виконанні фізичних вправ. Фізичне навантаження — це певна міра впливу рухової активності на організм людини, що супроводжується підвищенням (відносно стану спокою) рівнем його функціонування. Досягнути ефективності впливу фізичного навантаження можна лише за умови методично грамотного його дозування протягом періоду навчання. Тобто, у кожному конкретному випадку необхідно забезпечити такий його обсяг, інтенсивність, потужність, моторну щільність, які дадуть найкращий приріст показників фізичної підготовленості та сприятиме покращенню адаптації серцево-судинної системи до запропонованого рівня фізичного навантаження. Від того ми й вважаємо, що вирішення проблеми поетапного систематизованого збільшення фізичного навантаження та визначення його впливу на механізми адаптації серцево-судинної системи студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я є й сьогодні актуальним.

Короткий огляд публікацій по темі. Аналіз наукової і науково-методичної літератури [1, 2, 4, 6] вказує на необхідність особливого підходу до планування фізичного навантаження на заняттях фізичним вихованням у вищих навчальних закладах та дозволив встановити, що методика поетапного системного збільшення рівня фізичних навантажень студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я на основі вивчення функціонального стану організму науково не обґрунтована. Недостатньо вивчені також питання комплектування навчальних груп, визначення статусу студенток низьким рівнем фізичного здоров'я, системи модульного контролю за фізичною підготовленістю і функціональним станом. Недостатньо вивчені методи побудови фізіологічної кривої, моделювання рівнів фізичних навантажень і режимів їх регламентації. В більшості випадків фізичне виховання розглядається тільки як фактор оздоровлення студенток не з'ясованими залишаються питання дозування фізичного навантаження за обсягом, інтенсивністю, потужністю, моторною щільністю занять студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я [2, 3, 5].

Мета роботи. Визначення реакції та процесу адаптації серцево-судинної системи студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я на поетапне збільшення

рівня фізичне навантаження протягом дворічного періоду навчання.

Методика дослідження. Для проведення педагогічного дослідження було залучено 57 студенток медичного університету, які за результатами лікарського обстеження мали низький рівень фізичного здоров'я та були репрезентативно поділені на експериментальну (28 студенток ЕГ) та контрольну групи (29 студенток КГ). Студенткам ЕГ, з низьким рівнем фізичного здоров'я, були запропоновані заняття за розробленою нами програмою поетапного збільшення рівня фізичних навантажень що семестру, яка була складена у відповідності із вимогами і розрахована на таку ж кількість годин на навчальний рік, що й базова навчальна програма з фізичного виховання рекомендована МОЗ України, але в ній запропоновано розподіл фізичного навантаження здійснювати по чотирьох етапах за основними компонентами керування фізичними вправами на занятті: максимальною частотою серцевих скорочень (ЧСС) заняття і часом її досягнення, кількістю можливих повторень максимальної (Mx) ЧСС і часом їх досягнення, інтервалами відпочинку між фізичними вправами і їх тривалістю, моторною щільністю занять і середньою пульсовою величиною (середнім значенням ЧСС за заняття), потужністю роботи. Критерієм контролю за інтервалами відпочинку у часі проведення занять служив рівень відновлення ЧСС, який забезпечував його наближення до вихідного рівня. Студентки КГ займалися за базовою навчальною програмою затвердженою МОЗ України.

Розроблені нами у процесі педагогічного експерименту прогнозовані рівні фізичного здоров'я та адаптації серцево-судинної системи (ССС) студенток висували перед студентками ЕГ конкретні завдання — стимулювання систематичності самостійних та академічних занять фізичними вправами, об'єктивності щодо оцінки показників функціонального стану ССС, фізичного здоров'я та фізичного підготовленості що семестру. Для контролю за адаптацією серцево-судинної системи на поетапно збільшені фізичні навантаження проводився запис електрокардіограми (ЕКГ), яка реєструвалась на початку заняття, після виконання визначеного обсягу фізичних вправ, перед черговою серією вправ, в кінці занять і через 5 хв після їх закінчення. Оціночні характеристики адаптаційних можливостей ССС студенток ЕГ і КГ порівнювались на початку і в кінці кожного етапу занять, а та-

кож на початку I в кінці II, III та IV етапів, тимчасові межі яких були визначені для студенток ЕГ. Адаптаційні можливості ССС студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я вивчалися за їх реакцією на поетапно збільшені фізичні навантаження контрольного заняття із застосуванням модифікованої [4, 6] проби Мартине-Кушелєвського.

Фізіологічні параметри були використані, як головні тестові показники стану адаптаційних механізмів серцево-судинної системи студенток в процесі виконання фізичних навантажень. Функціональні зсуви ССС вивчалися шляхом порівняння поточної фізіологічної кривої з врахуванням середньої пульсової вартості заняття і його Мх ЧСС. При Мх ЧСС аналізувалися передсерцево-шлуночкова (P-Q) і внутрішньо-

шлуночкова (QRS) провідності і амплітуда зубця Т. Поза заняттям, на початку кожного етапу занять і в кінці IV етапу дослідження, вираховувалися ЧСС і пульсовий тиск (ПТ) після виконання проби Мартине-Кушелєвського (30 глибоких присідань за 45 с) та через 1 хв відновлення, а також індекс серцево-судинного тесту Руфф'є. При вивченні впливу поетапного збільшення фізичних навантажень на стан ССС вивчалися амплітуда зубців P, R і S та їх морфологія.

Результати та їх обговорення. Порівняльна характеристика результатів механізмів адаптації серцево-судинної системи студенток ЕГ та КГ на поетапно збільшені фізичні навантаження на початку і в кінці кожного етапу занять фізичними вправами подано в таблиці 1.

Таблиця 3. Показники ЧСС контрольного заняття ($x \pm m$)

Етапи занять	Порядок дослідження	Максимальна ЧСС заняття (уд/хв)			Середня пульсова вартість заняття (уд/хв)		
		ЕГ (n=28)	КГ (n=29)	P між ЕГ і КГ	ЕГ (n=28)	КГ (n=29)	P між ЕГ і КГ
I	початок	132±3,7	132±3,3	>0,05	112±2,6	112±3,8	>0,05
	кінець	112±3,5	128±2,8	<0,001	100±2,9	112±3,5	<0,05
II	початок	132±3,8	144±3,6	<0,05	116±3,5	132±3,4	<0,01
	кінець	112±2,5	138±2,4	<0,001	104±3,1	126±2,9	<0,001
III	початок	132±3,6	150±2,8	<0,001	122±3,9	132±4,3	>0,05
	кінець	110±2,9	132±2,7	<0,001	108±2,8	120±3,7	<0,05
IV	початок	140±3,1	156±4,2	<0,05	128±3,6	144±3,1	<0,01
	кінець	116±2,6	132±3,1	<0,01	112±2,3	126±2,8	<0,001

Проведені дослідження на початку I етапу і аналіз їх результатів показали, що поетапне збільшення фізичного навантаження контрольного заняття і після проби у вихідному значенні викликало у студенток ЕГ та КГ практично однакову реакцію ССС (табл. 1, 2, 3). Якщо на початку I етапу занять функціональні зсуви ССС студенток ЕГ та КГ були практично однаковими, то в кінці вони достовірно покращилися відносно тестових параметрів в ЕГ. У студенток ЕГ Мх ЧСС контрольного заняття в кінці I етапу занять, по відношенню до його початку, виявилась меншою на 20 уд/хв, а в КГ на 4 уд/хв, середня пульсова вартість заняття зменшилась на 12 уд/хв в ЕГ і залишилась на вихідному рівні в КГ. Амплітуда зубця Т при Мх ЧСС знизилась на 20% в ЕГ і на 30% в КГ, що вказувало на кращу адаптацію до гіпоксії в ЕГ, P-Q і QRS достовірно не змінювались. Отже, підвищення адаптаційних можливостей ССС в кінці I етапу було відзначено лише в ЕГ.

На початку II етапу занять, по відношенню до початку I (табл. 2, 3), ЧСС і пульсовий тиск (ПТ) після проби покращились у студенток ЕГ відповідно на 11,0% і на 25,7%; після 1 хв відновлення ЧСС покращилась на 5%, ПТ – на 25,7%. У студенток КГ – відповідно на 3,3% і на 11,5%, на 0% і на 11,9%. Індекс Руфф'є зменшився на 2,9 од в ЕГ і на 1,1 од в КГ, що зазначало зменшення суми отриманих параметрів ЧСС (в спокої, після навантаження і через 1 хв відновлення) відповідно на 29 уд/хв і на 11 уд/хв. Аналіз отриманих даних показав, що для студенток КГ рівень фізичного навантаження II етапу занять був високим, що було підтверджено і ступенем функціональних зсувів ССС на контрольному занятті (табл. 1). На початку II етапу занять середня пульсова вартість контро-

льного заняття була на 16 уд/хв більшою, а Мх ЧСС на 12 уд/хв вищою в КГ, ніж в ЕГ. Амплітуда зубця Т знизилась на 35% в КГ і на 20% в ЕГ, P-Q і QRS зменшилась на 0,02 с та 0,03 с в КГ. Одночасно у студенток ЕГ плановий рівень фізичного навантаження досягався без достовірних змін функцій передсерцево-шлуночкової і внутрішньо-шлуночкової провідності. Отже, отримані нами результати під час контрольного заняття в кінці II етапу занять (табл. 1) дозволили нам зробити висновок, що розширення адаптаційних механізмів серцево-судинної системи відбулось у студенток ЕГ та КГ при достовірності різниць тестових показників.

У студенток ЕГ середня пульсова вартість заняття в кінці II етапу занять, порівняно з його початком, зменшилась на 12 уд/хв, а Мх ЧСС на 20 уд/хв; у студенток КГ відповідно середня пульсова вартість заняття зменшилась, порівняно з його початком, на 6 уд/хв і Мх ЧСС на 6 уд/хв. Амплітуда зубця Т достовірно не змінилась в ЕГ, то в контрольній групі знизилась на 25%; P-Q і QRS зменшилась на 0,01 та 0,02 с. Отже, у студенток ЕГ було відзначено вищі адаптаційні можливості ССС, ніж у студенток КГ, але тим не менше, їх можна рахувати як зсуви, які вказували на покращення адаптаційних механізмів в ЕГ. Функціональні зсуви, які були зафіксовані нами у студенток КГ на II етапі занять, також як і на I, не відрізнялись від даних попередніх досліджень.

На початку III етапу занять (табл. 2, 3), по відношенню до початку II етапу, реакція ЧСС і ПТ після проведення проби покращилися в ЕГ відповідно на 11,2% і на 24,1%, а після 1 хв відновлення на 5%, ПТ і на 13,5%. У студенток КГ покращення також відбувалося, але з достовірно меншим відсотком, показники

ЧСС на 3,1%, а ПТ на 13,1%, а після 1 хв відновлення відповідно на 3,0% і на 14,2%. Індекс Руфф'є зменшився на 2,8 од в ЕГ і на 1,7 од в КГ, що й визначило зменшення суми показників ЧСС за тестом Руфф'є відповідно на 28 уд/хв у студенток ЕГ і на 17 уд/хв у студенток контрольної групи. Отже, отримані нами

дані вказували, що адаптаційні можливості серцево-судинної системи в ЕГ з низьким рівнем фізичного здоров'я достовірно вищі. Функціональні зсуви в ЕГ і в КГ були виявлені різні і за тестуванням контрольного заняття (табл. 1).

Таблиця 3. Показники серцево-судинної системи студенток після виконання проби ($x \pm m$)

Етапи занять	Групи	Після виконання проби				Індекс Руфф'є	P
		ЧСС %	P	ПТ %	P		
I	ЕГ (n=28)	162,8±3,6	>0,20	173,0±3,2	>0,20	18,1±1,1	-
	КГ (n=29)	162,7±3,3		173,2±3,4		18,2±1,3	
II	ЕГ (n=28)	151,8±3,2	>0,10	147,3±3,6	<0,05	15,2±1,3	<0,05
	КГ (n=29)	159,4±2,5		161,7±4,2		17,1±1,0	
III	ЕГ (n=28)	140,6±2,4	<0,001	123,2±3,2	<0,001	12,3±1,3	<0,01
	КГ (n=29)	156,3±1,8		148,6±2,7		15,4±1,3	
IV	ЕГ (n=28)	130,7±2,3	<0,001	114,1±0,8	<0,001	9,5±1,2	<0,001
	КГ (n=29)	152,8±3,4		137,6±3,0		13,7±1,8	
В кінці IV етапу	ЕГ (n=28)	119,3±1,8	<0,001	110,0±1,5	<0,001	6,7±0,6	<0,001
	КГ (n=29)	141,5±2,2		122,0±2,4		11,6±2,0	

Таблиця 3. Показники серцево-судинної системи студенток після 1 хв відновлення ($x \pm m$)

Етапи за-нять	Групи	Після виконання проби			
		ЧСС %	P	ПТ %	P
I	ЕГ (n=28)	135±3,5	>0,20	157,6±3,1	>0,20
	КГ (n=29)	135±3,2		157,3±2,9	
II	ЕГ (n=28)	130±2,2	>0,05	131,9±2,6	<0,01
	КГ (n=29)	135±2,0		145,4±2,3	
III	ЕГ (n=28)	125±2,5	<0,05	118,4±2,5	<0,01
	КГ (n=29)	132±2,3		131,2±3,1	
IV	ЕГ (n=28)	120±2,5	>0,05	100,2±1,8	<0,001
	КГ (n=29)	126±2,5		122,6±2,7	
В кінці IV етапу	ЕГ (n=28)	115±3,2	>0,05	100,4±2,1	<0,01
	КГ (n=29)	122±1,6		109,8±3,2	

На початку III етапу занять середня пульсова вартість контрольного заняття була виявлена на 10 уд/хв більше, а Мх ЧСС на 18 уд/хв вище у студенток КГ, ніж у студенток ЕГ, амплітуда зубця Т достовірно не змінювалася у студенток ЕГ, у студенток КГ вона знижувалася на 25 %; P-Q і QRS зменшилася в них на 0,02 с - 0,03 с. Функціональні зрушення на контрольному занятті, наприкінці III етапу занять (табл. 1), в ЕГ можна вважати достовірними ($p < 0,001$), Мх ЧСС у них складала 110,0±2,9 уд/хв., зубця Т достовірно не змінювалася, а в КГ вона знижувалася на 20 %, також зменшилася P-Q і QRS на 0,01 с та 0,02 с. Середня пульсова вартість контрольного заняття наприкінці III етапу, у порівнянні з його початком, зменшилася на 14 уд/хв в ЕГ і на 12 уд/хв в КГ; Мх ЧСС зменшилася відповідно в ЕГ на 22 уд/хв і в КГ на 18 уд/хв. Отже, характеристики функціонального стану серцево-судинної системи студенток ЕГ і КГ переконують, що в ЕГ з низьким рівнем фізичного здоров'я наприкінці III етапу занять відбулося значне розширення адаптаційних механізмів ССС.

На початку IV етапу (табл. 2, 3), по відношенню до початку III, ЧСС і ПТ після виконання проби покращувались в ЕГ відповідно на 9,9 % і на 9,1%, в КГ на 3,5% і на 11,0%. Після 1 хв відновлення відповідно в ЕГ на 5,0% і в КГ на 6,0%, на 18,0% і на 8,6 %. Індекс Руфф'є зменшувався на 2,8 од в ЕГ і на 1,7 од в КГ, що визначило зменшення суми показників ЧСС на 28 уд/хв. Вдмінності функціональних зрушень були виявлені і на контрольному занятті в кінці IV етапу (табл.

2, 3). Його середня пульсова вартість виявлена на 16 уд/хв більше, а Мх ЧСС на 16 уд/хв вище в КГ, ніж у в ЕГ; амплітуда зубця Т достовірно не змінювалася в ЕГ, в КГ вона знижувалася на 20%; P-Q і QRS зменшилася на 0,02 с та 0,03 с в КГ. У студенток ЕГ плановий рівень фізичного навантаження досягався при незмінних показниках функцій передсерцево-шлуночкової і внутрішньо-шлуночкової провідності. Отже, реакція організму на фізичне навантаження контрольного заняття наприкінці IV етапу занять характеризувалася зменшенням середньої пульсової вартості заняття на 14 уд/хв і Мх ЧСС на 16 уд/хв в ЕГ по відношенню до КГ; амплітуда зубця Т знижувалася на 20% в КГ, в ЕГ вона достовірно не змінювалася; P-Q і QRS зменшувались на 0,01 та 0,02 с в КГ.

Таким чином, поетапне збільшення фізичного навантаження контрольного заняття на початку кожного етапу викликали в студенток ЕГ функціональні зрушення, які відображали адекватність застосованого фізичного навантаження. У студенток контрольної групи тестові характеристики стану вказували на присутність надмірного фізичного навантаження.

Особливий інтерес викликало зіставлення тестових показників між групами з обліком вихідних показників і даних наприкінці IV етапу занять. Так, ЧСС та ПТ після проби покращувались на 43,5 % і на 63,0 % в ЕГ, відповідно ЧСС та ПТ на 21,2 % та на 50,8 % в КГ; після 1 хв відновлення ці показники покращувались відповідно на 20,0 % і на 57,6 % в ЕГ. У студенток КГ показники ЧСС покращувались на 13,0 % та

показники ПТ на 47,5 %. Індекс Руфф'є зменшився на 11,4 од в ЕГ і на 6,6 од в КГ, що вказувало на зменшення суми показників ЧСС (у стані спокою, після проби і через 1 хв відновлення) відповідно на 114 уд/хв в ЕГ і на 66 уд/хв в КГ, амплітуда зубця Т у студенток цих груп у вихідному значенні знижувалася на 30%, наприкінці IV етапу вона зменшилася на 20% тільки в КГ, а в ЕГ достовірно не змінювалася. Отже, фізіологічні механізми адаптації серцево-судинної системи студенток ЕГ були достовірно вищі ($p < 0,001$).

Висновки. Встановлено позитивні функціональні зрушення, які відображали адекватну реакцію та покращення процесу адаптації серцево-судинної системи

до поетапного збільшення рівня фізичного навантаження протягом дворічного циклу навчання в студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я.

Доведено, що фізіологічні параметри в студенток з низьким рівнем фізичного здоров'я, за якими визначалася адекватність фізичного навантаження, виявляли стабільність функціональних зсувів показників серцево-судинної системи від першого до четвертого етапу та необхідність застосування етапів у проведенні академічних та самостійних занять фізичними вправами у дворічному циклі навчання з поступовим підвищенням їх моторної щільності, скорочення часу досягнення максимальної величини частоти серцевих скорочень та кількості її повторень в одному занятті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блавт О.З. Индивидуальный подход к физическому воспитанию студентов специальных медицинских групп высших учебных заведений / О.З. Блавт // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму: материалы XII Международной науч. сессии по ит. НИР за 2010 г. // Минск, 2011. — С. 228-231.
2. Іваночко О.Ю. Моделювання фізичних навантажень студенток спеціальних медичних груп із захворюванням серцево-судинної системи / Іваночко О. Ю., Магльований А. В., Ку-нинець О. Б. [та ін.] // Молода спортивна наука України, 2008. — Т. 3. — С. 99–104.
3. Куц. О.С. Адекватність фізичного навантаження в оздоровчому тренуванні студентів з низьким рівнем здоров'я / О. С. Куц., О. Т. Кузнецова // Теорія і практика фізичного вихо-
4. Магльований А.В. Основи фізичної реабілітації: навч. пос. / А. В. Магльований, В. М. Мухін, Г. М. Магльована. — Львів: ВМС, 2006. — 148 с.
5. Магльований А.В. Вплив дозованого фізичного навантаження на показники серцево-судинної системи студенток / А.В.Магльований, О.Б. Кунинець // Науково-практичний журнал "Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія". — Львів, 2016. — № 2 (74). — С. 66-70.(фак)
6. Мізеров М.М. Системність у регламентації рухового режиму студентів спеціального медичного відділення на основі характеристик їх функціонального стану і фізичного розвитку / М. М. Мізеров // Збірник наукових праць за матеріалами II Всеукраїнської науково-практичної конференції. — Київ-Луцьк, 1996. — С. 443–448.

REFERENCES

1. Blavt O.Z. Yndyvdydual'niy podkhod k fizycheskomu vospytanyyu studentov spetsyal'nykh medytsynskyykh hrupp vysshyykh uchebnykh zavedenyy / O.Z. Blavt // Nauchnoe obosnovanye fizycheskoho vospytanyya, sportyvnoy trenyrovky y podgotovky kadrov po fizycheskoy kul'ture, sportu y turyzmu: 5. materyaly KhII Mezhdunarodnoy nauch. sessyy po yt. NYR za 2010 h. // Mynsk, 2011. — S. 228-231.
2. Ivanochko O.Yu. Modelyuvannya fizychnykh navantazhen' studentok spetsial'nykh medychnykh hrup iz zakhvoryuvannyam sersevo-sudynnoyi systemy / Ivanochko O. Yu., Mahl'ovanyu A. V., Kunynets' O. B. [ta in.] // Moloda sportyvna nauka Ukrainy, 2008. — T. 3. — S. 99–104.
3. Kuts. O.S. Adekvatnist' fizychnoho navantazhennya v ozdorovchomu trenuvanni studentiv z nyz'kym rivnem zdorov'ya / O. S. Kuts., O. T. Kuznyetsova // Teoriya i praktyka fizychnoho vykhovannya. — Donets'k, 2004. — #3. — S. 127.
4. Mahl'ovanyu A.V. Osnovy fizychnoyi reabilitatsiyi: navch. pos. / A. V. Mahl'ovanyu, V. M. Mukhin, H. M. Mahl'ovana. — L'viv: VMS, 2006. — 148 s.
5. Mahlovanyy A. Influence of Dozing Physical Exercises on the Indicators of Students' Cardiovascular System // A. Mahlovanyy, o. Kunynets Experimental and Clinical Physiology and — Lvov, 2016. — № 2 (74). — P. 66-70.
6. Mizerov M.M. Systemnist' u rehlamentatsiyi rukhovoho rezhymu studentiv spetsial'noho medychnoho viddilennya na osnovi kharakterystyk yikh funktsional'noho stanu i fizychnoho rozvytku / M. M. Mizerov // Zbirnyk naukovykh prats' za materialamy II Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. — Kyviv-Luts'k, 1996. — S. 443–448.

Reaction of the cardiovascular system on a gradual physical activity increase

A. Mahlovanyy, O. Kunynets, O. Ivanochko, G. Mahlovanyy

Abstract. It is established that the gradual increase of female students physical activity with low levels of physical health, with a gradual increase in motor density classes, reducing time to reach maximum heart rate and the number of repetitions in a class led to the improvement of the process of adaptation of the cardiovascular system and caused functional changes reflecting the adequacy of the applicable exercise.

Keywords: adaptation, cardiovascular system, physical activity, motor density.

Реакция сердечно-сосудистой системы на поэтапное увеличение физической нагрузки

А. В. Маглеваний, О. Б. Кунинец, О. Ю. Иваночко, Г. М. Маглеваний

Аннотация. Установлено, что поэтапное увеличение физической нагрузки студенток с низким уровнем физического здоровья с постепенным повышением моторной плотности занятия, сокращением времени достижения максимальной частоты сердечных сокращений и количества ее повторений в одном занятии приводили к улучшению процесса адаптации сердечно-сосудистой системы и вызывали функциональные сдвиги, которые отражали адекватность примененного физической нагрузки.

Ключевые слова: адаптация, сердечно-сосудистая система, физическая нагрузка, моторная плотность.

Exposure to lead and psychophysiological development in students from Lviv region

N. V. Nalyvayko*, H. M. Tkachenko**

*Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine, **Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

*Corresponding author. E-mail: natalianalyvayko@ukr.net

Paper received 27.01.17; Accepted for publication 05.02.17.

Abstract. Among young people investigated enhanceable maintenance of biomarkers of aminolevulinic acid and coproporphyrine in urines which represent the degree of development of leaden intoxication. The psychophysiological indexes (increase of anxiety degrees, depression, neurosis and aggressiveness levels) are conditioned the development of lead intoxication and closely correlates with the increase of heme destruction products in urine. By the unique sign not depending on the level of lead intoxication appeared rigidity, that, obviously, it is related in a greater degree to the type of temperament, which, as known, is the innate feature of character of every personality.

Keywords: lead intoxication, δ -aminolevulinic acid, coproporphyrine, psychophysiological indexes.

Introduction. In recent years the problem of environmental pollution with heavy metals, including lead, belongs to the category of global ecopatological problems [1, 15]. Environmentally caused, relatively low levels of lead in soil, water and food products of mass consumption that were previously considered safe, in fact, cause many neurotoxic disorders affecting primarily on cognitive function [1, 6, 13]. Chronic lead intoxication poses a threat primarily noosphere, increases the risk of mental retardation and maturation of the younger generation, and therefore threatens the future of humanity [3, 7, 12, 14, 17]. Current epidemiological data strongly suggest that inorganic lead in environmentally caused doses has adverse effects on the health of children, manifested a violation of mental and physical development, physiological disorders, decreased intensity of synthesis of heme, the development of anemia, increased threshold of auditory perception and a reduction in vitamin D levels [7, 14, 17]. The effects of lead on the development of the nervous system establish the basis for cognitive impairments in lead-exposed children, even after reducing its concentration in blood [3].

Analysis of recent research and publications. Lead exposure remains nevertheless an important public health issue for three primary reasons: first, many populations continue to be exposed to substantial quantities of lead; second, the blood lead levels recognized to be associated with potential toxicity have been revised downward in recent years based on expanding recognition of the biologic hazards of this metal, even with very low tissue exposure; and third, certain groups of individuals in the population continue to be at exceptional risk from lead exposure, including children and teenagers [8].

Lead is toxic, even at trace levels, and cause profound biochemical changes in the body. Chronic exposure to this metal can result in its gradual accumulation in the body; children and teenagers are more sensitive, and are hence more at risk than others [4]. Negative effects on the behavior and intelligence of children are found at even lower levels of lead exposure than those commonly associated with lead poisoning [11].

Numerous investigations focusing on the mechanism of lead neurotoxicity have found a wide array of effects, including apoptosis, excitotoxicity, interference with neurotransmitter storage and release mechanisms, alterations in second messengers, and damage to mitochondria

[8]. Although there is no unifying mechanism, lead's ability to substitute for calcium, and possibly zinc, is a factor common to many of its toxic actions. The disruption of dopaminergic functioning, which is involved in motor control and attention, as well as memory and executive functioning, can produce a host of behavioral problems, including attention deficit hyperactivity disorder and alterations in cognition [4]. Also, lead has effects on glutamatergic transmission, which is a major player in both development and neuronal plasticity and is related to learning and memory impairments [16].

Goal. In contrast to studies noted above, results of psychophysiological investigations in students from an endemic goiter area are limited. Considering the demonstrated effects of lead toxicity it seemed conceivable that this additive effect would be manifested in cognitive defects such as learning and memory. Thus, the current investigation is designed to test this hypothesis. The aim of the present work is to study the lead's effects on cognitive and behavioral features in students from an endemic goiter area.

Materials and methods. The study is included above 600 students of Ivan Franko Lviv National University (males and females) between 18 and 24 years of age living in endemic goiter area (Lviv region).

Experimental studies included the following main stages.

1. Psychophysiological investigations. We used the following tests for evaluating cognitive and behavioral function of students. Coefficient of intellectual abilities is used for estimation of mental retardation of students. The general health questionnaire is used to estimate the students' mental health. Test Aisenk's is used for diagnostics of self-appraisal of mental conditions (anxiety, aggression, frustration, mobility). The level of anxiety is estimated by a Teylor test [9]. The state of depression is diagnosed following the test of Zhmurov [5]. For estimation of neurosis is used the method of Hake and Hess [18]. Level of aggression estimated by the method of Assinger [13]. Determination of formal and dynamic properties of individuality is carried out by the method of Rusalov [6]. Force of nervous processes is estimated by a tapping-test [2]. Mobility of nervous processes is estimated by the method of plasticity investigation [20]. The operative estimation of feel, activity and mood is carried out by the method of Raygorodskiy [13]. The attention is estimated

by the proof-reading test of Anfimov [5]. Volume of attention and mobility of basic nervous processes is carried out by the tables of Shul'te [19].

2. Biochemical estimation of urinary δ -aminolevulinic acid and coproporphyrine concentrations. Measurement of urinary δ -aminolevulinic acid (δ -ALA) level continues to be a useful method for determination of extent of cut-off point of lead toxicity. The level of urine δ -aminolevulinic acid is estimated following the method with Ehrlich's reagent. Coproporphyrine concentration in urine is measured using iodine as a substrate after suitable dilution following the method by Kamyshnikov [10].

3. Statistical analysis. The results is expressed as mean \pm S.D. Significant differences among the means measured using a multiple range test at min. $p < 0.05$. Data not having a normal distribution is log transformed. Student t-tests with 95% confidence intervals ($\alpha = 0.05$) is applied to determine the significance of differences between groups. The individual treatment difference between two groups is assessed by computation of the least significant difference by taking at value for error at the level of 5% significance. Statistical processing included descriptive summa-

rizing data, Student's t-test, and correlation analysis. These results are expressed with the use of procedure of one-factor analysis of variance due to the program SPSS 11.5.

Results. Our results showed an increase in levels of δ -aminolevulinic acid (δ -ALA) and coproporphyrine concentration indicating of lead-induced oxidative stress. Measurement of urinary δ -ALA level and coproporphyrine concentration continues to be a useful method for determination of extent of cut-off point of lead toxicity. After estimation of levels of δ -ALA and coproporphyrine concentration in urine we divided the students into control and experimental groups. Such correlation of students in control and experimental groups is 35.96 ± 2.45 and $64.04 \pm 3.82\%$ accordingly. We studied that the greater of students' inherent middle levels of δ -ALA and coproporphyrine in urine. Comparing the concentrations of δ -ALA and coproporphyrine, the high levels of lead intoxication are observed only in 1-9% students. The increase of lead intoxication level for students substantially influences on the level of their psychophysiological development (Fig.1).

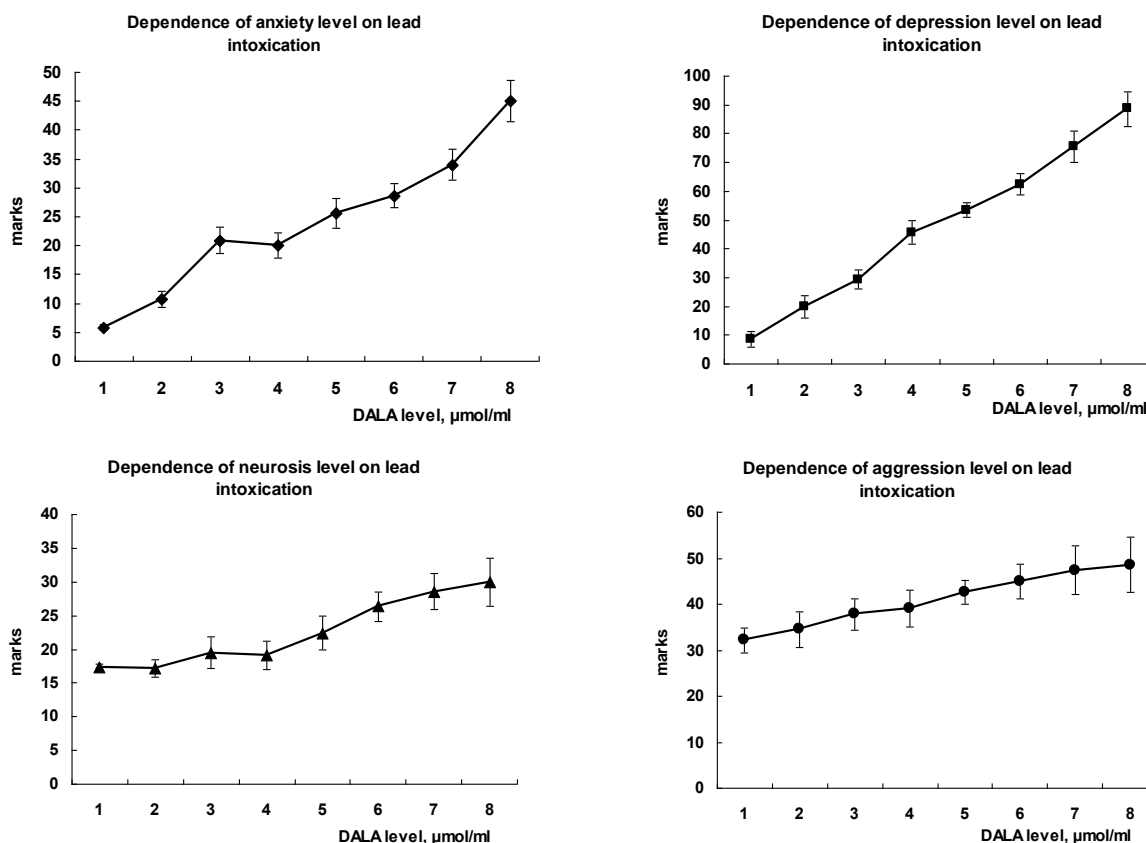


Fig. 1. Dependence of psychophysiological indexes on urinary level. In x-axis is δ -ALA concentration, $\mu\text{mol/ml}$; in y-axis is psychophysiological indexes in marks.

In particular, the increase of δ -ALA level in urine results in substantial growth of anxiety among young people. In particular, maintenance of δ -ALA level in urine over $5 \mu\text{mol/ml}$ suggests that level of anxiety arrives at high (25-40 marks) and ever-higher levels (over 41 marks).

We investigated that the level of depression is considerably worsened for young people with the increase of lead intoxication level. The level of moderate depression

was registered for students in which found out maintenance of urinary δ -ALA concentration over $4 \mu\text{mol/ml}$, and expressed and the deep depression was registered at δ -ALA level within the limits of 7-8 $\mu\text{mol/ml}$. Similar results were investigated in relation to the degrees of neurosis and aggressiveness. It is suggest that probability of neurosis grows with the increase of lead intoxication level. Analogical dependence is observed in the case of aggressiveness. In particular, a surplus aggressiveness is

inherent for students with the concentration of δ -ALA in urine over 7-8 $\mu\text{mol/ml}$.

Due to the method of one-factor analysis of psychophysiological indexes we studied the empiric shortchanged Fisher coefficient exceeding the critical value which testifies about significance of our results

(tables 1, 2). The analysis of variance allowed also investigating that the degree of lead intoxication not influence on rigidity of personality. In this case this index is an independent and, probably, determined the innate type of temperament.

Table 1 An analysis of variance among influence of δ -aminolevulinic acid level on the degree of psychophysiological indexes of young people

Psychophysiological indexes	Disspersion	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	F _{st}
Level of anxiety by Teylor	Between Groups	4592,639	118	59,645	18,39	0,0075	4,60
	Within Groups	8853,940	124	71,403			
	Total	13446,579	242				
Level of depression by Zhmurov	Between Groups	12892,650	118	167,437	19,65	0,0057	4,60
	Within Groups	17095,726	124	137,869			
	Total	29988,376	242				
Level of rigidity	Between Groups	1029,260	118	13,367	1,71	0,951	4,60
	Within Groups	2350,027	124	18,952			
	Total	3379,287	242				
Level of neurosis by Hake and Hess	Between Groups	4356,580	118	56,579	80,76	0,00034	4,60
	Within Groups	6974,687	124	56,247			
	Total	11331,267	242				
Level of aggression by Assinger	Between Groups	1005,764	118	13,062	253,65	0,00023	4,60
	Within Groups	1365,845	124	11,015			
	Total	2371,609	242				

These results are expressed with the use of procedure of one-factor analysis of variance due to the program SPSS 11.5.

Table 2. An analysis of variance among influence of coproporphyrine concentration on the degree of psychophysiological indexes of young people

Psychophysiological indexes	Disspersion	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	F _{st}
1	2	3	4	5	6	7	8
Level of anxiety by Teylor	Between Groups	3414,751	78	60,98	13,42	0,0075	2,72
	Within Groups	5217,557	124	71,47			
	Total	8632,308	202				
Level of depression by Zhmurov	Between Groups	10664,352	78	190,44	16,82	0,0057	2,72
	Within Groups	9973,679	124	136,63			
	Total	20638,031	202				
Level of rigidity	Between Groups	789,412	78	14,09	0,85	0,951	2,72
	Within Groups	1550,095	124	21,23			
	Total	2339,508	202				
Level of neurosis by Hake and Hess	Between Groups	2902,950	78	51,84	35,67	0,00034	2,72
	Within Groups	4445,173	124	60,89			
	Total	7348,123	202				
Level of aggression by Assinger	Between Groups	664,679	78	11,87	125,37	0,00023	2,72
	Within Groups	681,198	124	9,33			
	Total	1345,877	202	60,98			

These results are expressed with the use of procedure of one-factor analysis of variance due to the program SPSS 11.5.

We compared influence of different concentrations of δ -ALA and coproporphyrine on psychophysiological data

in the control and experimental groups of students, in particular on the level of anxiety, depression, neurosis and aggressiveness. Our results are presented on Fig. 2.

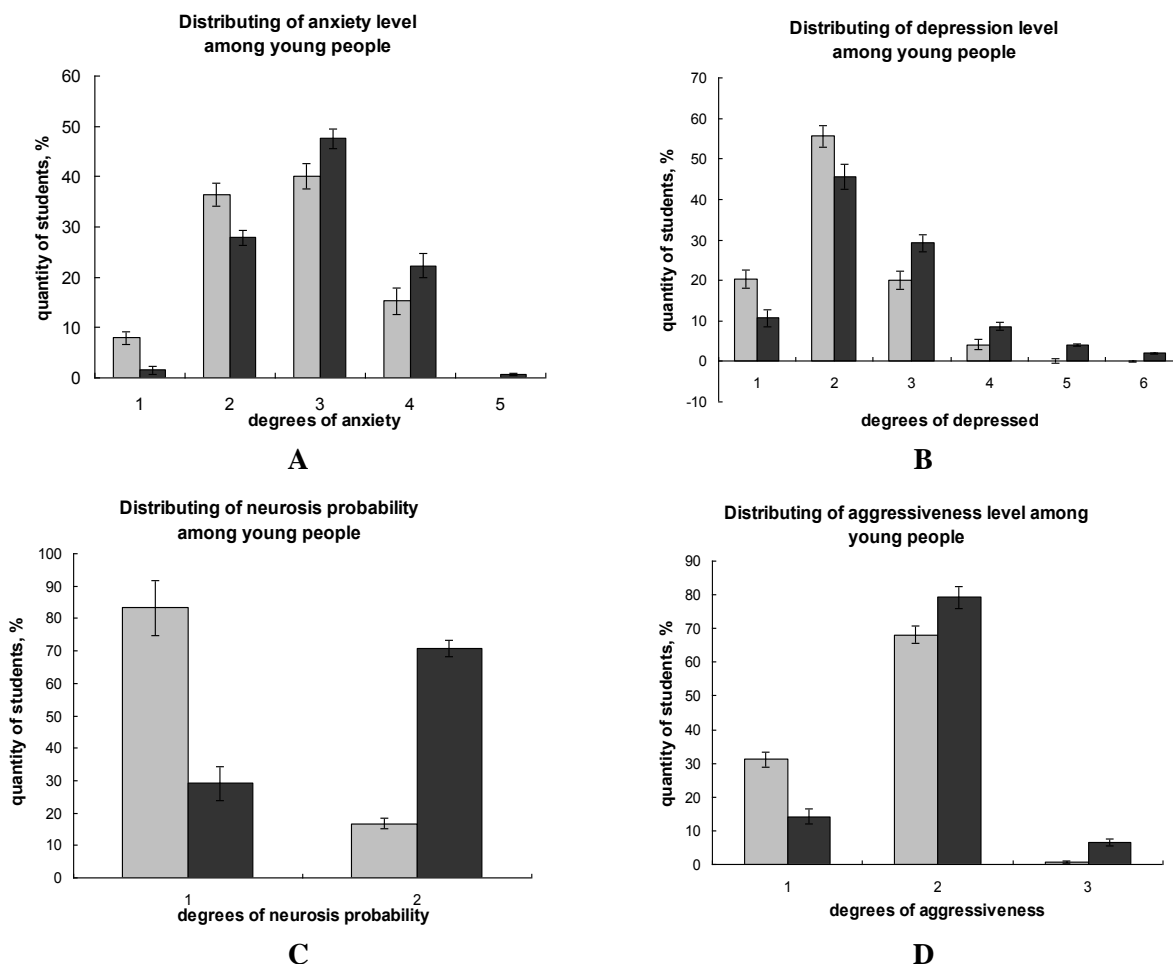


Fig. 2. Distributing of psychophysiological indexes among young people from control and experimental groups. **A.** Degrees of anxiety: 1 – low; 2 – middle with a tendency to low; 3 – middle with a tendency to high; 4 – high; 5 – ever higher; **B.** Degrees of depressed: 1 – absence of depression; 2 – depression is minimum; 3 – depression is easy; 4 – depression is moderate; 5 – the depressed is expressed; 6 – depression is deep; **C.** Degrees of neurosis probability: 1 – low; 2 – high; **D.** Degrees of aggressiveness: 1 – a peaceful type; 2 – a moderate aggressiveness; 3 – a surplus aggressiveness.

Our results show that in the control group of young people a tendency to the low anxiety is observed in 8-39%, in that time as in an experimental group these degrees are considerably below and expressed accordingly from 2 to 28%. It is showed also, that high level of anxiety in an experimental group considerably prevails comparatively with control group. It was also noted that the ever-higher degree of anxiety is inherent only students from the experimental group. It testifies to considerable development of anxiety for young people with lead intoxication in relation to the indexes from control group of students with low anxiety level. Similar results were investigated in relation to depression level. It is noted in particular, that the signs of depression are more expressly shown in the experimental group of the young people. In particular, for people with lead intoxication the insignificant percent of young people noted with expressed and deep depressed unlike a control group with absence of such people.

Confronting different probability of neurosis from two groups of students we suggest that in an experimental group high probability of neurosis considerably prevail low probability. An opposite tendency in a control group is observed. Our results allow assuming that high probability of neurosis is dependent of lead intoxication level. Similar results were noted in the case of comparison of

display of certain aggressiveness degrees on condition of lead intoxication and its absence. Thus, it is possible to suggest, that worsening of psychophysiological properties depends on development of lead intoxication level.

It was expressed the non-parametric analysis of correlation of Spirmen grades with the purpose of finding out of connection between the level of lead intoxication due to measurement of δ -ALA and coproporphyrine level and by the indexes of psychophysiological properties (Table 3).

The degree of the lead exposure closely correlates with the degrees of anxiety, depressed and neurosis. The loosely-coupled positive interface of degree of lead intoxication with the level of aggressiveness is also established. However one of psychophysiological features, rigidity, is characterized the negative and very low correlative coefficient with the degree of lead intoxication confirming an idea about independence of this property from the level of lead intoxication. It was established also the close cross-correlation links of psychophysiological features between itself. Our results testify that increase of anxiety degrees, depression, and neurosis and aggressiveness level is related to the increase of δ -ALA and coproporphyrine levels in urines representing the development of lead intoxication.

Table 3. A non-parametric cross-correlation analysis of psychophysiological indexes of young people and level of lead intoxication

Indexes		Level of anxiety by Teylor	Level of depression by Zhmurov	Level of rigidity	Level of neurosis by Hake and Hess	Level of aggression by Assinger	δ-ALA level	Coproporphyrine level
Level of anxiety by Teylor	Correlation Coefficient	1,000	0,661(**)	-0,004	0,801(**)	0,976(**)	0,976(**)	0,952(**)
	N	12	12	12	12	12	12	10
Level of depression by Zhmurov	Correlation Coefficient	0,661(*)	1,000	-0,059	0,697(*)	0,952(**)	0,976(**)	0,801(**)
	N	12	12	12	12	12	12	10
Level of rigidity	Correlation Coefficient	-0,004	-0,059	1,000	-0,081	-0,099	-0,030	-0,081
	N	12	12	12	12	12	12	10
Level of neurosis by Hake and Hess	Correlation Coefficient	0,801(**)	0,697(*)	-0,081	1,000	0,952(**)	0,952(**)	0,976(**)
	N	12	12	12	12	12	12	10
Level of aggression by Assinger	Correlation Coefficient	0,976(**)	0,952(**)	-0,099	0,952(**)	1,000	0,976(**)	0,697(*)
	N	12	12	12	12	12	12	10
δ-ALA level	Correlation Coefficient	0,976(**)	0,976(**)	-0,030	0,952(**)	0,976(**)	1,000	0,976(**)
	N	12	12	12	12	12	12	10
Coproporphyrine level	Correlation Coefficient	0,952(**)	0,801(**)	-0,081	0,976(**)	0,697(*)	0,976(**)	1,000
	N	10	10	10	10	10	10	10

** – Significance of Spirmen coefficient (0.01); * – Significance of Spirmen coefficient (0.05).

Conclusions. Our results showed an increase in levels of urinary δ-aminolevulinic acid and coproporphyrine concentration indicating of lead intoxication among young people. In students investigated enhanceable maintenance of biomarkers of aminolevulinic acid and coproporphyrine in urines which represent the degree of development of leaden intoxication. The psychophysiological indexes (increase of anxiety degrees, depression,

neurosis and aggressiveness levels) are conditioned the development of lead intoxication and closely correlates with the increase of heme destruction products in urine. By the unique sign not depending on the level of lead intoxication appeared rigidity, that, obviously, it is related in a greater degree to the type of temperament, which, as known, is the innate feature of character of every personality.

REFERENCES

- Adonaylo V.N. Lead intoxication: Antioxidant defenses and oxidative damage in rat brain. / V.N. Adonaylo, P.I. Oteiza // Toxicology. – 1999. – №135. – P. 77-85.
- Balin V.D. Practical work on general, experimental and applied psychology / V.D. Balin, V.K. Hayda, V.K. Herbachesiy – Saint Petersburg: Piter, 2003. – 560 p. ISBN 5-8046-0100-8 [in Russian].
- Banks E.C. Effects of low level lead exposure on cognitive function in children: a review of behavioral, neuropsychological and biological evidence / E.C.Banks, L.E.Ferretti, D.W.Shucard // Neurotoxicology. – 1997. – №18. – P. 237-282.
- Brown L.L. Sensory and cognitive functions of the basal ganglia / L.L.Brown, J.S.Schneider, T.I.Lidsky // Curr. Opin. Neurobiol. – 1997. – №7(2). – P. 157-163.
- Burlachuk L.F. Dictionary-reference book on psychodiagnostics / L.F. Burlachuk, S.M. Morozov – Kyiv. – 1989. – 528 p. ISBN: 5-88782-336-4 [in Russian].
- Fergusson J.E. The Heavy Elements – Chemistry, Environmental Impact and Health Effects / J.E. Fergusson – Pergamon Press. – 1990. – 614 p. ISBN: 0080348602
- Finkelstein Y. Low-level lead-induced neurotoxicity in children: An update on central nervous system effects / Y.Finkelstein, M.E.Markowitz, J.F.Rosen // Brain Res. Rev. – 1998. – №27(2). – P. 168-176.
- Hu H. Heavy metal poisoning. / H.Hu, A.S.Fauci, E.Braunwald, K.J.Isselbacher et al. // 14th edition. Harrison’s Principles of Internal Medicine. – New York: McGraw-Hill. – 1999. – P. 2564–2569.
- Il’in I.E. Differential psychophysiology / I.E.Il’in. – Saint Petersburg. – 2001. – 464 p. ISBN: 5-272-00237-7 [in Russian].
- Kamyshnikov V.S. Reference book on clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics / V.S.Kamyshnikov – MEDpress-uniform, Moscow. – 2004. – 896 p. ISBN: 5-98322-303-8 [in Russian].
- Kumar A. Blood lead levels in children with neurological disorders / A.Kumar, P.K.Dey, P. N.Singla, R.S.Ambasht, S.K.Upadhyay // J. Trop. Pediatr. – 1998. – №44. – P. 320-322.
- Lidsky T.I. Lead neurotoxicity in children: Basic mechanisms and clinical correlates / T.I. Lidsky, J.S. Schneider // Brain. – 2003. – 126(1). – P. 5-19.
- Markowitz M. Lead poisoning: a disease for the next millennium / M. Markowitz – Curr. Probl. Pediatr. – 2000. – №3. – P. 62-70.
- Meyer P.A. Improving strategies to prevent childhood lead poisoning using local data / P.A.Meyer, F.Staley, P.Staley, J.Curtis, C.Blanton, M.J.Brown // Int. J. Hyg. Environ. Health. – 2005. – №208(1–2). – P. 15-20.
- Needleman H. Lead poisoning / H. Needleman // Annu. Rev. Med. – 2004. – №55. – P. 209-222.
- Nihei M.K. Molecular changes in glutamatergic synapses induced by Pb²⁺: Association with deficits of LTP and spatial

- learning / M.K. Nihei, T.R. Guilarte // Neurotoxicology. – 2001. – №22. – P. 635-643.
17. Prince M. Is chronic low-level lead exposure in early life an etiologic factor in Alzheimer's disease? / M.Prince // Epidemiology. – 1998. – №9(6). – P. 618-621.
18. Rayhorodskiy D.Y. Practical psychodiagnostics. Procedures and tests. Tutorial / D.Y.Rayhorodskiy – Samara. – 2001. – 672 p. ISBN 5-89570-005-5 [in Russian].
19. Rubinshtein S.Y. Experimental methods of patopsychology / S.Y.Rubinshtein – Moscow. – 1999. – 448 p. ISBN 5-04-003883-6 [in Russian].
20. Volkov I.P. Practical work on sporting psychology / I.P.Volkov – Saint Petersburg: Piter. – 2002. – 288 p. ISBN 5-94723-107-7 [in Russian].

Свинцовая интоксикация и психофизиологическое развитие студентов Львовской области

Н. В. Наливайко, Г. М. Ткаченко

Аннотация. Среди молодежи исследовали повышенное содержание биомаркеров δ -аминолевулиновой кислоты и копропорфиррина в моче, которые представляют степень развития свинцовой интоксикации. Психофизиологические показатели (увеличение уровней тревожности, депрессии, невроза и агрессивности) обусловлено развитием свинцовой интоксикации и тесно коррелирует с увеличением продуктов разрушения гема в моче. Единственным признаком, независимым от уровня развития свинцовой интоксикации оказалась ригидность, что, очевидно, связано в большей степени с типом темперамента, который, как известно, является врожденной чертой характера каждой личности.

Ключевые слова: свинцовая интоксикация, δ -аминолевулиновая кислота, копропорфиррин, психофизиологические показатели

Свинцева інтоксикація та психофізіологічний розвиток студентів Львівської області

Н. В. Наливайко, Г. М. Ткаченко

Анотація. Серед молоді виявлено підвищений вміст біомаркерів δ -амінолевулінової кислоти та копропорфірину у сечі, які відображають ступінь розвитку свинцевої інтоксикації. Психофізіологічні показники організму (зростання ступенів тривожності, депресивності, неврозу та агресивності) обумовлено рівнем розвитку свинцевої інтоксикації і тісно корелює із збільшенням вмісту у сечі продуктів розпаду гемі. Єдиною ознакою, яка не залежить від рівня розвитку свинцевої інтоксикації виявилась ригідність, що, очевидно, пов'язано більшою мірою із типом темпераменту, який, як відомо, є вродженою особливістю характеру кожної особистості.

Ключові слова: свинцева інтоксикація, δ -амінолевулінова кислота, копропорфірин, психофізіологічні показники

Зміни макро- та мікроелементного складу тканин і органів експериментальних тварин за умов комбінованої дії ксенобіотиків

Л. Я. Нечитайло*, Н. С. Хопта, Х. А. Леськів, І. С. Базалицька, А. М. Ерстенюк

Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

*Corresponding author. E-mail: nechytailo7@mail.ru

Paper received 30.01.17; Accepted for publication 08.02.17.

Анотація. Досліджували комбінований вплив кадмію хлориду та натрію нітриту на вміст Кальцію, Магнію, Цинку, Купруму та важкого металу Кадмію в кістковій тканині та тканинах печінки і нирок білих щурів на 1-шу, 14-ту та 28-му доби після завершення введення ксенобіотиків. Встановлено, що введення досліджуваних ксенобіотиків, супроводжується розвитком дисмікроелементозу, який характеризується накопиченням кадмію і різнонаправленими змінами есенціальних макро- (Ca, Mg) та мікроелементів (Cu та Zn). Відмічено істотне зниження остеотропних елементів: Ca, Cu та Zn у кістковій тканині. Поряд з цим спостерігався високий рівень Ca на тлі зниження Mg у нирках та печінці, динаміка змін Cu та Zn мала різнонаправлений характер в печінці та нирках у різні періоди експерименту.

Ключові слова: макро- та мікроелементи, комбінована дія кадмію хлориду та натрію нітриту, кісткова тканина, печінка, нирки.

Вступ. Розвиток промисловості і транспорту, будівельної індустрії, сільськогосподарського виробництва супроводжується забрудненням довкілля різноманітними хімічними сполуками. Серед них важливе місце посідають нітрати, нітроти та солі важких металів. Проникаючи в поверхневі і ґрунтові води, накопичуючись у рослинах, вони впливають на організм людини і тварин.

Забруднення сполуками кадмію обумовлене перш за все їх стійкістю в навколишньому середовищі, розчинністю в атмосферних осадах, здатністю до сорбції ґрунтами, акумуляції рослинами, донними відкладеннями, що сприяє їх поступовому накопиченню в довкіллі. Механізм токсичного впливу кадмію зумовлений його здатністю активувати процеси пероксидації ліпідів та білків при одночасному пригніченні антиоксидантного захисту, порушувати цілісність мембран, пригнічувати активність ферментів [1].

Не менш актуальною для України залишається проблема нітратного забруднення, пов'язана з порушенням технологічних норм застосування та зберігання мінеральних добрив у сільському господарстві. Накопиченню нітратів у природних водах сприяє комплекс природно-кліматичних факторів, які притаманні території нашої країни – добрі фільтраційні та аераційні властивості ґрунту, достатньо висока температура, чергування періодів мінімального і максимального зволоження ґрунту, невелика глибина залягання ґрунтових вод, інтенсивна експлуатація водоносних горизонтів. Зростання рівня забруднення джерел водопостачання призводить до того, що значна кількість населення споживає воду з підвищеним рівнем нітратів. Як відомо, токсичність нітратів зв'язана з їх відновленням метаболітом – нітрит-йонем, який, згідно з даними наукових джерел [2, 3, 5, 7], сприяє окисненню гемоглобіну до метгемоглобіну, внаслідок чого розвивається гемічна гіпоксія. Нітроти є джерелом високореакційного нітроген (II) оксиду та його похідних, які впливають на параметри вільнорадикального гомеостазу.

В доступній літературі зустрічаються поодинокі дані стосовно комбінованої дії цих ксенобіотиків на організм людини і тварин, зокрема, показано їх вплив на показники білкового обміну та стан захисних сис-

тем організму [4, 6]. Однак, мало дослідженими залишається макро- та мікроелементний склад органів і тканин за умов надходження кадмію хлориду та натрію нітриту, що має важливе значення для розуміння їх впливу на перебіг метаболічних процесів у живих організмах.

Метою даної роботи було експериментально дослідити вплив комбінованої дії кадмію хлориду та натрію нітриту на вміст Кальцію, Магнію, Цинку, Купруму та Кадмію в кістковій тканині та тканинах печінки і нирок білих щурів.

Матеріали і методи. Експерименти проводили на білих безпородних щурах-самцях (n=36) масою 190-250 г, яких утримували в умовах віварію на стандартному раціоні. Тварин було поділено на дві групи: 1-ша група – інтактні (n=10), які отримували фізіологічний розчин (0,9% розчин NaCl) відповідного об'єму; 2-га – тварини, які одержували водний розчин натрію нітриту з питною водою в дозі 1/10 LD₅₀ (2,1 мг/кг маси тіла тварин), а також внутрішньом'язово вводили розчин CdCl₂ в дозі 1/10 LD₅₀ (1,2 мг/кг маси тіла тварин). Інтоксикацію щурів здійснювали протягом 10-ти діб. З метою охоплення різних періодів адаптації тварин до дії ксенобіотиків забір матеріалу (стегонові кістки, тканини печінки та нирки) проводили на 1-шу, 14-ту та 28-му доби після завершення введення токсикантів під легким ефірним наркозом та подальшою декапітацією. В роботі з тваринами керувалися принципами «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в наукових цілях» (Страсбург, 1986) та закону України №3447-IV від 21.02.2006 «Про захист тварин від жорстокого поводження». Визначали вміст Ca, Mg, Zn, Cu та також Cd на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115ПК. Зразки проб готували методом сухого озолення. Отримані результати статистично оброблялися із застосуванням пакету програм «STATISTICA». Використовувалися стандартні показники варіаційної статистики, такі як середнє значення (M), стандартне відхилення середнього значення (m). Для визначення достовірності відмінностей використовували коефіцієнт Стюдента. Достовірними вважалися дані при p<0,05.

Результати досліджень та їх обговорення.

У тварин, яких піддавали комбінованій дії CdCl₂ та NaNO₂, встановлено достовірне зниження рівня Ca, Zn та Cu на тлі зростання вмісту Cd у стегнових кістках (табл. 1). Накопичення Cd в кістковій тканині спостерігалось із 1-ї доби по завершенню введення ксенобіотиків з чітко вираженою тенденцією до зростання і наприкінці експерименту цей показник був вищим у 17,7 разів порівняно з показником інтактних тварин. Найсуттєвіше зниження Zn та Cu відбувалося на 14-ту добу – відповідно на 45 та 27 %. Стосовно вмісту Mg у стегнових кістках слід відмітити достові-

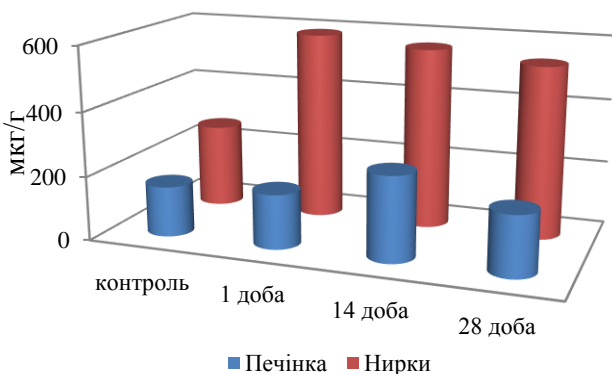
рне (при p<0,05, p<0,01) зростання в ранньому періоді інтоксикації з наступним зниженням на 14-у добу і підвищенням на 20% показників інтактних тварин на 28-у добу. З наукової літератури [1, 8, 9] відомо про те, що Cd²⁺-здатний витіснити Ca²⁺, є конкурентним інгібітором Zn²⁺ та Cu²⁺ в металоферментах, що спричинює до зниження їх активності. До таких ферментів належать насамперед лужна фосфатаза, церулоплазмін, лактатдегідрогеназа, які відіграють важливу роль у метаболічних процесах і порушення активності яких за умов впливу солей кадмію та нітратів представлено у попередніх роботах [4,6].

Таблиця 1. Елементний склад золи стегнових кісток щурів, уражених CdCl₂ і NaNO₂ (M ± m)

Елементи	Інтактні (n=12)	1-ша доба (n=8)	14-та доба (n=8)	28-ма доба (n=8)
Ca, мг/г золи	330,85±6,21	311,08±4,32*	305,65±3,28*	285,06±3,47**
Mg, мг/г золи	38,14±1,40	51,80±2,11**	34,62±1,81*	45,61±2,53*
Zn, мкг/г золи	458,61±37,24	314,17±25,12*	252,90±32,81**	369,62±29,33*
Cu, мкг/г золи	17,95±0,88	13,56±0,72*	13,12±1,21*	17,7±1,05
Cd, мкг/г золи	2,10±0,26	8,18±0,43*	8,85±0,52***	37,08±1,02***

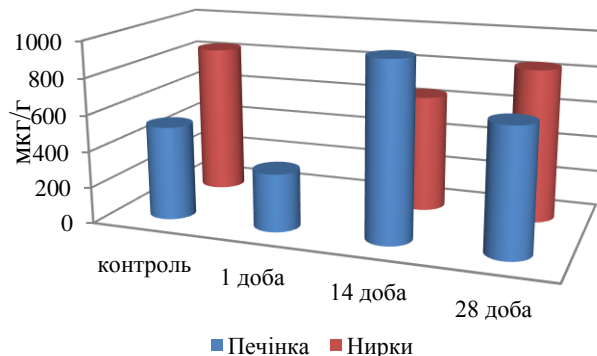
Примітка. * – p<0,05, ** – p<0,01, *** – p<0,001 – ступінь вірогідних змін порівняно з показниками інтактної групи тварин.

Результати дослідження рівня есенціальних мікроелементів Zn та Cu в інших органах та тканинах, зокрема, в печінці та нирках засвідчили (мал.1, 2) наступні зміни: зростання Cu найбільшою мірою на 1–14-у доби експерименту, водночас у нирковій тканині спостерігалось істотне зниження Zn у цей період. Очевидно, збільшення рівня Cu в печінці та нирках є компенсаторною реакцією організму, оскільки цей мікроелемент у складі церулоплазміну проявляє також і антиоксидантні властивості, запобігаючи пероксидному окисненню ліпідів.



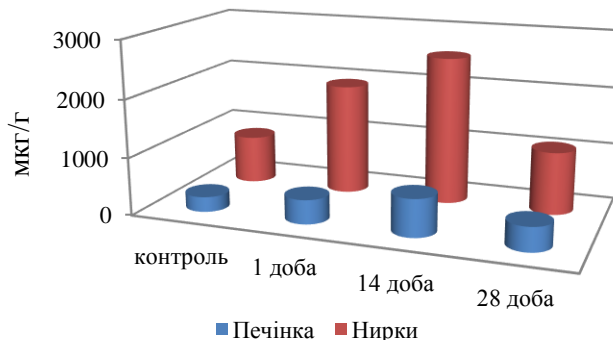
Мал. 1. Вміст купруму в нирковій тканині та печінці експериментальних тварин за умови кадмієвої та нітритної інтоксикації

Динаміка вмісту Zn в печінці була іншою: на 1-у добу цей показник знижувався на 38 %, на 14- та 28-у добу істотно перевищував значення контролю на 33,7-88,0 %. Такі зміни можна розглядати як адаптивну відповідь, оскільки саме йони цинку є природними індукторами синтезу металотіонеїнів у печінці.



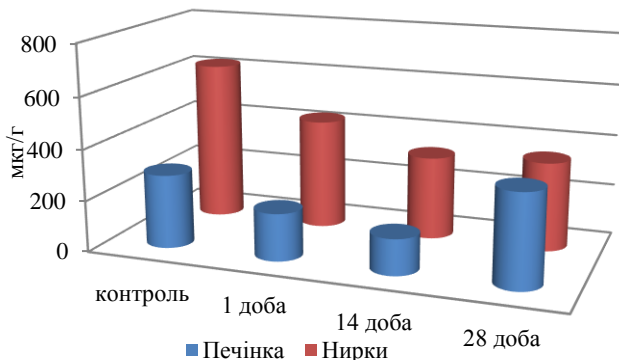
Мал. 2. Вміст цинку в нирковій тканині та печінці експериментальних тварин за умови кадмієвої та нітритної інтоксикації

Стосовно вмісту Ca у нирках та печінці експериментальних тварин, слід відмітити суттєве зростання його протягом всього періоду спостережень, найбільшою мірою на 14-у добу – в 2,5 рази у печінці та в 3,2 рази в нирках порівняно з показниками контрольної групи (мал. 3).



Мал. 3. Вміст кальцію в нирковій тканині та печінці експериментальних тварин за умови кадмієвої та нітритної інтоксикації

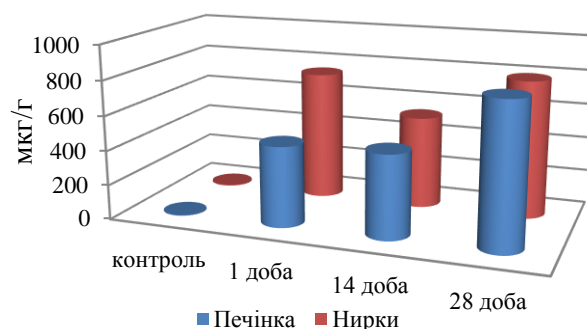
Водночас нами відмічено істотне зниження рівня Mg в нирковій тканині та печінці дослідних тварин: найсуттєвіше зниження відмічено в нирках на 14-у та 28-у добу, (на 44-48 % нижче, ніж в інтактних тварин). В печінці концентрація Mg знижується в ранньому періоді спостережень – на 35,5-51,2 %, на 28-у добу цей показник зростає на 26 % порівняно з контрольною групою (мал. 4).



Мал. 4. Вміст магнію в нирковій тканині та печінці експериментальних тварин за умови кадмієвої та нітритної інтоксикації

Дослідження вмісту Cd показало зростання його концентрації в печінці та нирках тварин уражених CdCl₂ і NaNO₂ (мал. 5). Починаючи з 1-ї доби спостереження і до завершення експерименту концентрація Кадмію підвищувалась: в нирках – у 95-142 рази та печінці – в 160-285 разів порівняно з контрольною групою тварин.

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили встановити, що в організмі експериментальних тварин за умов кадмієво-нітритної інтоксикації спостерігається розвиток дисмікроелементозу, який супроводжується змінами рівня життєвоважливих макро- та мікроелементів в органах та тканинах, що має важливе значення для регуляції обмінних процесів.



Мал. 5. Вміст кадмію в нирковій тканині та печінці експериментальних тварин за умови кадмієвої та нітритної інтоксикації

Висновки:

1. Комбінована дія кадмію хлориду та натрію нітриту супроводжується накопиченням кадмію в кістковій тканині, нирках та печінці експериментальних тварин і порушенням рівня есенціальних макро- (Ca та Mg) та мікроелементів (Cu та Zn).

2. Зниження рівня остеотропних елементів Ca, Cu та Zn у кістковій тканині експериментальних тварин може призводити до порушення мінеральної щільності кісток за умов поєднаного впливу хлориду кадмію та натрію нітриту.

3. Надмірне поступлення CdCl₂ та NaNO₂ зумовлює порушення біоелементного складу нирок та печінки, що в свою чергу має важливий вплив на метаболічні процеси як в цих органах, так і організмі в цілому.

Перспективи подальших досліджень. З огляду на одержані результати, доцільно вивчити гістологічну структуру тканин печінки, нирок та кісток, а також активність маркерних ферментів цих тканин за умов експериментальної кадмієво-нітритної інтоксикації. Перспективним є також пошук ефективних засобів корекції негативного впливу на організм досліджених ксенобіотиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cadmium, mercury and lead in kidney cortex of the general Swedish population: A study of biopsies from living kidney donors / Barregard L., Svalander Ch., Schuts A. [et al.] // *Env. Hlth Perspective.* – 2011. – V. 213, № 2. – P. 1999.
2. Медико-екологічна проблема сумарного надходження нітратів в організм людини з питною водою та харчовими продуктами та шляхи її вирішення / Ю. Г. Хоменко, І. В. Бондаренко, Л. І. Білик, О. С. Джулай [та ін.] // *Актуальні проблеми транспортної медицини.* – 2011. – Т. 23, №1. – С. 82–86.
3. Трахтенберг І. М. Біологічні наслідки забруднення навколишнього середовища нітритами та нітратами / І. М. Трахтенберг, В. В. Бабієнко // *Інтегративна антропологія.* – 2013. – № 1. – С. 37–39.
4. Ерстенюк Г. М. Вплив хлориду кадмію та нітриту натрію на структурно-метаболічні процеси у кістковій тканині / Г. М. Ерстенюк, С. Б. Герашенко, Н. С. Хопта // *Досягнення біології та медицини.* – 2011. – Т.18, №2. – С. 40–45.
5. Лихацький П. Г. Динаміка активності вільнорадикальних процесів в органах шурів різних вікових груп після інтоксикації нітритом натрію / П. Г. Лихацький, Л. С. Фіра, В. В. Підгірний // *Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія.* – 2014. – № 3. – С. 139-145.
6. Хопта Н. С. Комбинированное влияние хлорида кадмия и нитрита натрия на метаболизм в костной ткани экспериментальных животных / Н. С. Хопта, А. М. Эрстенюк // *Микроэлементы в медицине.* – 2008. – Т. 9, вып. 12. – С. 76–77.
7. Нечитайло Л. Я. Рівень нітратів в екосистемі Прикарпаття та вплив нітратної інтоксикації на макро- та мікроелементи у тканинах печінки, нирок та кісток білих шурів / Л. Я. Нечитайло, І. С. Базалицька, Н. С. Хопта, І. Д. Сиротинська, Г. М. Ерстенюк // *NaturalandTechnicalSciences, IV(9), Issue 83, 2016.* – P. 14-17.
8. Антоняк Г.Л. Кадмій в організмі людини і тварин. Надходження до клітин і їх акумуляція. / Г.Л. Антоняк, Л.П.Білецька, Н.А. Бабич // *Біологічні Студії. Studia Biologica.* –2010. - № 4 (2). – С. 127-140.
9. Angelova V., Ivanova I., Todorov J. It lead, cadmium, zinc and copper bioavailability in the soil-plant-animal system in a polluted area. *Sci. World J.- 2010; V. 10. - P. 273-285.*

REFERENCES

1. Cadmium, mercury and lead in kidney cortex of the general Swedish population: A study of biopsies from living kidneys donors / Barregard L., Svalander Ch., Schuts A. [at al.] // Env. Hlth Perspective. – 2011. – V. 213, № 2. – P. 1999.
2. Medical-ecological problems of total nitrates supplied in the body with a drinking-water and foods and ways of it decision / by I. V. Khomenko, E. B. Bondarenko, L. E. Beluk, O. S. Gulay[and other] // Issues of the day of a transport medicine. – 2011. – T. 23, №1. – P. 82-86.
3. Trachtenberg I. M. Biological consequences of contamination of environment of nitrites and by nitrates / of I. M. Trachtenberg, B. B. Babyenco // Integrative anthropology. – 2013. – №1. – P. 37-39.
4. Erstenyuk G. M. Effect of cadmium chloride and sodium nitrite on the structural and metabolic processes in the bone tissue / of G. M. Erstenyuk S. B. Gerashchenko, N. S. Khopta // Achievement of biology and medicine. – 2011. – T. 18, №2., P. 40-45.
5. Lyhatsky P. G. Dynamics active free radical processes in the organs of rats of different age groups after intoxication by sodium nitrite / P. G. Lyhatsky, L. S. Fira, V. Podgorny // Actual problems of transport medicine: the environment; occupational health; pathology. – 2014. – № 3. – P. 139-145.
6. Khopta N. S. Combination cadmium chloride and sodium nitrites effects on the bone tissue metabolism experimented animals / N. S. Khopta, A. M. Erstenyuk G. M. // Microelements in medicine. – 2008. – Vol 9, Vol. 12. – P. 76-77.
7. Nechitaylo L. Y. The levels of nitrites in the Carpathian ecosystem and the effect of nitrites toxicity in the macro and trace elements in of liver, kidneys and bone tissues of white rats / L. Y. Nechitaylo, I. S. Bazalytska, N. S. Khopta, I. D. Syrotynska, G. M. Erstenyuk // Natural and Technical Sciences, IV (9), Issue 83, 2016. – P. 14-17.
8. G. L. Antonyak. Cadmium in humans and animals. Admission to the cells and their accumulation. / G. L. Antonyak, L. P. Biletska, N. A. Babich // Studia Biologica. – 2010. – № 4 (2). – P. 127-140.
9. Angelova V., Ivanova I., Todorov J. It lead, cadmium, zinc and copper bioavailability in the soil-plant-animal system in a polluted area. Sci. World J.- 2010; V. 10. – P. 273-285.

Changes in macro- and microelements contained in tissues and organs of experimented animals under conditions of combined xenobiotics activity

L. J. Nechitaylo, N. S. Khopta, Ch. A. Leskyv, I. S. Bazalytska, G. M. Ersteniuk

Abstract: We investigated the combined effect of cadmium chloride and sodium nitrite on the content of Calcium, Magnesium, Zinc, Copper and heavy metal of Cadmium in bone tissue and the liver and kidneys of white rats at 1-st, 14-th and 28-th days after the xenobiotics action. The introduction of xenobiotics studied, accompanied by the development dysmikroelementoz characterized by the accumulation of cadmium and multidirectional changes essential macro- (Ca, Mg) and trace elements (Cu and Zn). Marked a significant reduction osteotropic elements: Ca, Cu and Zn in the tissue along with this there was a high level of Ca amid falling Mg kidney and liver dynamics are Cu and Zn was multidirectional nature of the liver and kidneys at different times of the experiment.

Keywords: macro- and microelements, combined effect of cadmium chloride and sodium nitrite, bone tissue, liver, kidneys.

Изменения макро- и микроэлементного состава тканей и органов экспериментальных животных в условиях комбинированного действия ксенобиотиков

Л. Я. Нечитайло, Н. С. Хопта, Х. А. Лескив, И. С. Базалицкая, А. М. Эрстенюк,

Аннотация. Исследовали комбинированное воздействие кадмия хлорида и натрия нитрита на содержание кальция, магния, цинка, меди и тяжелого металла кадмия в костной ткани, а также тканях печени и почек белых крыс на 1-ю, 14-ю и 28-е сутки после завершения ввода ксенобиотиков. Установлено, что введение исследуемых ксенобиотиков, сопровождается развитием дисмикроэлементоза, который характеризуется накоплением кадмия и разнонаправленными изменениями эссенциальных макро- (Ca, Mg) и микроэлементов (Cu и Zn). Отмечено существенное снижение остеотропных элементов: Ca, Cu и Zn в костной ткани; наряду с этим наблюдался высокий уровень Ca на фоне снижения Mg в почках и печени. Динамика изменений Cu и Zn имела разнонаправленный характер в печени и почках в разные периоды эксперимента.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, комбинированное действие кадмия хлорида и натрия нитрита, костная ткань, печень, почки.

Common location approach in experimental studies of phytotoxic and antagonistic properties of soil micromycetes

O. I. Vinnikova

V. N. Karazin Kharkiv National University
Corresponding author. E-mail: o.i.vinnikova@karazin.ua

Paper received 28.01.17; Accepted for publication 05.02.17.

Abstract. The phytotoxic and antagonistic properties of *Trichoderma* and *Fusarium* fungi strains isolated jointly in various agroecosystems were studied experimentally. The maximum antagonism towards *Fusariums* was produced by *Trichoderma* strains, extracted from wheat isogenic lines. The strains of *Trichoderma* showing the remarkable effect against *Fusariums* also appeared to be the most phytotoxic. In tests on phytotoxicity the seeds and seedlings of wheat or mustard often were more susceptible responders to exometabolites in fungi-conditioned, cell free culture medium than water-cress, which is the classic object for such assays.

Keywords: antagonistic properties, phytotoxicity, *Trichoderma*, *Fusarium*.

Introduction. Getting high crops and preserving the necessary quality of farming plant cultures on the background of high specialization and concentration of agricultural production is a priority in many countries across the world, including Ukraine [1, 2]. In modern paradigm the use of biological preparations based on active strains of microorganisms with antagonistic and fungicide properties is considered as the most perspective and promising alternative for chemical methods of plant protection from phytopathogens [2, 3]. It is also well known that the interactions between soil microorganisms belonging to different systematic and physiological groups can vary considerably – from mutually beneficial coexistence to active competitive conflicts. One of the forms of the substrate competition is the antagonism, which means that one active strain produces the anti-microbial substances (antibiotics, bactericides, lysis enzymes, etc.), while the other members of microbiocenosis react on that within the limits of their physiology. For example, in a number of studies the authors showed that the soil micromycetes of *Fusarium* Link genus are the facultative parasites for many agricultural plants [4, 5]. At the other hand, the species of *Trichoderma* Pers. are the natural antagonists of *Fusariums*, and this fact is used in practice [2, 3]. Usually the assessment of antagonistic properties of manufactured biopreparations is carried out experimentally, by co-culturing only the antagonist and the responding organism on the solid substratum [6, 7]. However, the phytotoxic effects produced by antagonistic strains have been studied insufficiently. The most frequent responding object in such experiments is the watercress seeds, while the reactions of plants, which should be treated with the preparations *per se*, are not examined, that renders such results suspect.

Study objectives. Considering listed above, the aim of present work was to evaluate the antagonistic and phytotoxic activities of several species of soil micromycetes of *Fusarium* and *Trichoderma* genera, which were extracted from soils under various agricultural plants.

Materials and Methods. For present research the matched sets of soil fungi species were selected in the collection of microorganisms maintained at the Plant Physiology and Biochemistry of V.N. Karazin National University, Kharkiv, Ukraine. All micromycetes were extracted from soils of various agroecosystems located in Kharkiv region, North-Eastern Ukraine. Strains *Fusarium heterosporum* TrA3 and *Trichoderma* TrA763 were iso-

lated from the rhizosphere of the winter wheat *Triticum aestivum* L., isogenic line *Vrn-A1a*. Species *F. heterosporum* TrB21 and *Tr. TrB* were found in the rhizosphere of wheat, isogenic line *Vrn-B1a*, and *F. heterosporum* TrD32 and *Trichoderma* TrD – from the rhizosphere of wheat, isogenic line *Vrn-D1a*. From the rhizosphere of white mustard, *Sinapis alba* L., the micromycetes *F. heterosporum* S25, *F. oxysporum* S1, *Tr. koningii* S83 and *Tr. aureoviride* S407 were isolated. The strain of *Tr. aureoviride* Tr405 was found in the rhizosphere of summer wheat. Strains *F. heterosporum* P23, *Tr. koningii* P59 and *Tr. aureoviride* P578 were extracted from the top soil layer of the fallow land.

For the experiments the microorganisms were cultured on solid substratum (mash-agar) or in bulk culture using diluted non-hop beer mash [8]. The antagonistic activity of all *Trichoderma* strains against all *Fusarium* strains were measured in the pairwise comparison in conditions of their direct co-culturing [9, 10]. If an obvious, but not very significant growth delay was observed for one of the species after 2-3 days of co-culturing, the effect was estimated as antagonistic relationships (marked as +). If one of the paired strains showed some overlap with its counterpart in the borderline zone between them, and the former oppressed the growth of the latter, then the moderate antagonism was recorded (++) . The occurrence of the remarkable, clearly seen zone of the delayed, oppressed growth for one of the strains was considered as the marker of a strong antagonism (+++).

For the studying of the micromycetes' phytotoxicity their sterilized exometabolites were obtained; for that the conditioned culture medium, collected after 5-7 days of the single strain fungi culturing, was filtered through the Millipore™ membrane syringe filters with pore diameter 0,2 μm. This conditioned, cell-free medium was used for the biotest against water-cress seeds or the seeds of that agricultural plant, which rhizosphere the particular fungi strain was initially extracted from. The impact of exometabolites was assessed on the seeds germination and on the length of the seedling roots measured on the 7th day of growth [8]. The micromycetes culture was considered as toxic, if its medium caused at least 30 % decrease in seeds germination rate or seedling root growth in compare with the relevant matched control (fresh medium) [2].

Considering that the micromycetes can grow not only on leaves but also in plant phyllosphere (leaf surface), the additional assay was performed the isolated leaf plates for

data completeness [8]. In this experiment the white mustard and wheat sprouts of equal age were used; the plants were grown in the factorostatic chamber at constant temperature of about +22-24°C and illumination lasted 16 h per day. The equal-size fragments of the leaf plates were isolated and treated with the cell-free medium collected from fungi cultures; in the matched control series the sterile, non-hop beer mash was used instead of conditioned medium. The observations were conducted during three days; the appearance of necrotic spots, burns, changes of the color on the leaf plates were recorded [8]. Each of experimental series was carried out three times, and data collected in these repeats were combined and averaged for the analysis in present work.

Results and discussion.

The analysis of data available in the literature showed that currently there are about 50 bio-preparations in the world, based on *Trichoderma* micromycetes [7], and the majority preparations are aimed at the oppression of the pathogens' growth and dissemination. However, there are gaps in our knowledge on whether these properties are present in all strains of this species. The strains of micromycetes tested in present work were extracted from the

rhizosphere of the same agricultural plants, and noteworthy the wheat didn't carry the signs of fusariosis-type damage. That can be an evidence of rather high, natural fungistatic background, which was maintained, among other factors, by *Trichoderma* fungi. In our study the antagonistic properties of the selected *Trichoderma* strains towards *Fusarium* were the highest in strains found in the rhizosphere of wheat isogenic lines (Table 1). This finding can be partially explained by the fact of the high concentration of phytopathogens, including *Fusariums*, present in the rhizosphere of the wheat in natural conditions [3]. Thus these strains of *Trichoderma*, competing with *Fusariums*, are permanently ready to synthesize a lot of compounds that decrease the growth of phytopathogens. Therefore these strains also appeared to be more active in the experiment. However, the strongest antagonistic impact against all tested *Fusarium* strains was observed from *Tr. koningii* P59, which was extracted from the top soil layer of the fallow land. The lowest rate of antagonistic activity was detected for the strain *Tr. koningii* S83 that was found in the white mustard rhizosphere, and also from the strain *Tr. aureoviride* P578, extracted from the soil of the fallow land.

Table 1. The assessment of the antagonistic activity of *Trichoderma* micromycetes towards various strains of *Fusarium*

Micromycetes	<i>Fusarium heterosporum</i> TrA3	<i>F. heterosporum</i> TrB21	<i>F. heterosporum</i> TrD32	<i>F. heterosporum</i> S25	<i>F. heterosporum</i> P23	<i>F. oxysporum</i> S1
<i>Trichoderma</i> sp. TrA21	++	++	++	++	++	++
<i>Trichoderma</i> sp. TrB13	+++	+++	++	++	++	++
<i>Trichoderma</i> sp. TrD6	++	++	+++	+	++	+
<i>Tr. koningii</i> P59	+++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Tr. koningii</i> S83	+	+	+	++	++	+
<i>Tr. aureoviride</i> P578	+	+	+	++	+	+
<i>Tr. aureoviride</i> S407	++	++	+++	++	++	++
<i>Tr. aureoviride</i> Tr405	++	+++	++	++	+	+

Fungi strains' phytotoxicity was evaluated using a widely accepted methodology that included measurements of responses of water-cress seeds, but also white mustard and wheat seeds were added as responding objects. The results of these experiments are presented in Table 2.

It can be seen that all tested micromycetes showed some impact on both seeds germination and the length of the seedling roots in responder plants, but the extent of this influence varied between species and strains. The oppressive action produced by *Fusariums* was more apparent. The conditioned medium after culturing *F. heterosporum* S25 decreased significantly the germination of water-cress and wheat seeds; the mustard seeds appeared to be less susceptible towards the exometabolites of that fungi strain. The strains of *F. heterosporum*, extracted from the rhizosphere of the isogenic wheat lines, were more effective in causing a decrease in the germination of water-cress and wheat seeds, and also influenced the length of seedling root length. The data analysis also showed that the seeds and sprouts of the wheat were more sensitive towards the exometabolites of *Fusarium* species; meanwhile the water-cress, being a classic responder for such tests, appeared to be less responsive. The influence of the *Fusarium*-conditioned medium on the mustard was found to be less effective, except the significant impact of these exometabolites on the seedling root length. It can be

explained by the fact that the mustard seeds contain the substances or compounds, which have phytoncide properties and thus decrease the phytopathogens growth [11]; during the germination of the seeds the amount and concentration of these substances declines, and the seedlings become more vulnerable to the damage caused by fungi exometabolites.

The experiment with testing of the phytotoxicity of conditioned medium from various cultured fungi strains against isolated leaf plates didn't provide striking results with clear tendencies (data not shown). Clearly detectable damage to wheat and mustard leaf was noticed for the medium conditioned by *Fusarium* species, extracted from the rhizosphere of wheat isogenic lines *Vrn-B1a* and *Vrn-D1a*. Other *Fusarium* strains and all *Trichoderma* species didn't produced significant injuries in the leaf plates.

Conclusions. The study showed that different strains of the same *Trichoderma* fungi species, originating from different locations, had different antagonistic activity towards *Fusarium* species and strains. The most active strains were extracted from the rhizosphere of isogenic wheat lines. The biotests for the phytotoxicity were performed for both genera of micromycetes against water-cress seeds but also against wheat and mustard seeds. This testing showed that *Trichoderma* strains, which were active antagonists towards *Fusariums*, also produced a significant phytotoxicity against responding plants. The al-

teration of the seedlings root length appeared to be a useful parameter in such experiments, because it was able to reveal the toxic action of conditioned medium in series, where no effect on the seeds germination was detected. Noteworthy, in some cases the phytotoxic outcome was negligible in water-cress, but very strong in the agricultural plants used as responders. In total, the data obtained

in present study, contribute to our knowledge about the antagonistic relationships between different participants of soil fungi communities and as well between micromycetes and plants. The results can be used in practice for identification of fungi strains, which potentially can be the producers of biopreparations for agricultural plant protection.

Table 2. The influence of the medium, conditioned by cultured micromycetes, on the seeds germination and the length of the seedling roots of the responding plants (% of the control)

Micromycetes	Responding plants					
	<i>Lepidum sativum</i> L.		<i>Sinapis alba</i> L.		<i>Triticum aestivum</i> L.	
	Seeds germination	Roots length	Seeds germination	Roots length	Seeds germination	Roots length
<i>Fusarium heterosporum</i> TrA3	75	80	98	77	55	67
<i>F.heterosporum</i> TrB21	78	81	97	79	56	70
<i>F.heterosporum</i> TrD32	70	83	97	81	55	70
<i>F. heterosporum</i> S25	50	98	87	80	60	75
<i>F. heterosporum</i> P23	81	71	97	81	61	70
<i>F. oxysporum</i> S1	80	94	89	88	65	69
<i>Trichoderma</i> sp. TrA21	99	98	99	98	80	80
<i>Trichoderma</i> sp. TrB13	80	100	98	99	82	82
<i>Trichoderma</i> sp. TrD6	98	102	97	96	89	87
<i>Tr. koningii</i> P59	88	71	97	97	88	86
<i>Tr. koningii</i> S83	95	72	96	99	82	87
<i>Tr.aureoviride</i> P578	99	107	98	98	85	88
<i>Tr.aureoviride</i> S407	97	103	98	98	86	85
<i>Tr.aureoviride</i> Tr405	65	87	71	97	88	80

ЛИТЕРАТУРА

1. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем // Сільськогосподарська мікробіологія: 36. наук. праць. Чернігів: ЦНТЕІ, 2006. Вип. 3. С. 7-18.
2. Павловская Н.Е., Гнеушева И.А., Полякова М.А. Определение фитотоксичности различных штаммов грибов рода *Trichoderma* // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов: Межрегиональный сборник научных работ. ВГУ, 2016. Вып. 18, С. 121-125.
3. Голованова Т.И., Долинская Е.В., Сичкарук Е.А. Взаимоотношения почвенного гриба *Trichoderma* и яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ, 2009. №7. Почвоведение и растениеводство. С. 102-107.
4. Кузнецов А.А. Патогенность грибов рода *Fusarium* Link et Fr. к проросткам подсолнечника в Тамбовской области // Вестник ТГУ, 2012. Т.17, вып.2. С. 768-771.
5. Белошапкина О.О., Акимов Т.А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы // Известия Тимирязевской Сельскохозяйственной Академии, 2016. №3. С. 47-60.
6. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В.В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.
7. Галимзянова Н.Ф., Бойко Т.Ф. Новый штамм *Trichoderma* sp.15 ИБ Г-58, перспективный для создания нового биопрепарата для сельского хозяйства // Известия Уфимского науч. центра РАН, 2015. №4(1). С. 22-24.
8. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 550 с.
9. Егоров Н.С. Микробы – антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.: Высшая школа, 1965. 211 с.
10. Соловьева И.В., Тоцилина А.Г., Новикова Н.А., Белова И.В., Иванова Т.П., Соколова К.Я. Изучение биологических свойств новых штаммов рода *Lactobacillus* // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2010. № 2 (2). С. 462-468.
11. Синих Ю.Н. Пути биологизации и экологизации севооборотов в современном земледелии // Аграрная наука, 2010. Т. 9. С. 19-21.

REFERENCES

1. Iutinska G.O. The ways of regulation of functions of microbial groups regarding the biologization of the agriculture and stable development of agrosystems // Agricultural Microbiology: Anthology of scientific publications. Chernigiv: CSTEI, 2016. Iss. 3. P. 7-18.
2. Pavlovskaya N.Ye., Gneusheva I.A., Polyakova M.A. The assessment of the phytotoxicity of different strains of fungi of *Trichoderma* genus // Organization and regulation of physiological and biochemical processes: Interregional anthology of scientific publications. VSU, 2016. Iss.18, P. 121-125.
3. Golovanova T.I., Dolinskaya Ye.V., Sichkaruk Ye.A. Interrelations of soil *Trichoderma* fungi and the highest plants of cereals family // Vestnik KrasSAU, 2009. Nr. 7. Pedology and crops. P. 102-107.
4. Kuznetsov A.A. Pathogenicity of fungi of *Fusarium* Link et Fr. to seedlings of sunflower in Tambov region // Vestnik TSU, 2012. Vol. 14, iss. 7. С. 768-771.
5. Beloshapkina O.O., Akimov T.A. Dynamics of pathogenic composition of winter wheat root rots depending on the basic tillage methods of the sod-podzol soil // News of Timiryazev Agricultural Academy, 2016. Nr. 3. P. 47-60.
6. Molecular basis of the interrelationships of associated microorganisms with plants / Ed.: V.V. Ignatov. Moscow: Nauka, 2005. 262 p.
7. Galimzyanova N.F., Boiko T.F. The new strain *Trichoderma* sp.15 IB F-58 perspective in design of a novel biopreparation for agriculture // News Ufymsky science centre RAN, 2015. Nr. 4(1). P. 22-24.

8. Methods in experimental mycology. Kiev: Naukova Dumka, 1982. 550 p.
9. Yegorov N.S. Microbes-antagonists and biological methods of the assessment of antibiotic activity. Moscow: Vysshaya Shkola, 1965. 211 p.
10. Solov'yova I.V., Tochilina A.G., Novikova N.A., Belova I.V., Ivanova T.P., Sokolova K.Ya. The study of biological properties of new *Lactobacillus* strains // Vestnik of N.I. Lobachevskiy University of Nizhny Novgorod, 2010. Nr. 2(2). P. 462-468.
11. Synyh Yu.N. The ways of biologization and ecologization of crop rotation in modern agriculture // Agrarian Science, 2010. Vol. 9. P. 19-21.

Оценка фитотоксических и антагонистических свойств почвенных микромицетов с учетом совместного местообитания

О. И. Винникова

Аннотация. В эксперименте изучены фитотоксические и антагонистические свойства изолятов почвенных микромицетов родов *Trichoderma* и *Fusarium*, выделенных из разных агроценозов. Максимальный антагонизм в отношении фузариев проявляли изоляты триходерм, выделенные из ризосферы изогенных линий пшеницы. Изоляты *Trichoderma*, показавшие наиболее отчетливый эффект на фузариях, также обладали повышенной фитотоксичностью. В тестах на фитотоксичность семена и проростки горчицы и пшеницы зачастую оказывались более чувствительными к влиянию экзометаболитов грибов, чем семена кресс-салата, считающегося классическим тест-объектом в таких исследованиях.

Ключевые слова: антагонистические свойства, фитотоксичность, *Trichoderma*, *Fusarium*.

ECOLOGY

Прогнозы и перспективы обеспечения экологической безопасности агросферы зоны влияния города Ровно

А. Н. Прищепя*, Н. Н. Вознюк, Е. А. Брежницкая, Л. Н. Стецюк

Национальный университет водного хозяйства и природопользования

*Corresponding author-mail: a.m.pryshchepa@nuwm.edu.ua

Paper received 03.02.17; Accepted for publication 10.02.17.

Аннотация. Осуществлено оценку экологической безопасности агросферы зоны влияния урбосистемы по группам показателей ресурсного, биоцентрического и антропоцентрических блоков, рассчитано интегральные показатели и сформировано матрицу типологии агросферы по уровню экологической безопасности. Предложено основную и дополнительную стратегию обеспечения экологической безопасности региона. Спрогнозированы модели управления экологической безопасностью агросферы при разных приоритетах развития региона.

Ключевые слова: экологическая безопасность, урбосистема, город Ровно, агросфера зоны влияния урбосистемы, стратегии экологической безопасности.

Формирование экологически безопасных условий жизнедеятельности населения, сбережение природных экосистем, ресурсов для сегодняшних и будущих поколений является главным приоритетом человечества на фоне развития глобальных проблем всеобщей деградации экологических систем [1-5]. При этом обеспечение экологической стойкости планеты значительно зависит от экологического состояния отдельных локальных территорий, регионов, стран. Под экологической безопасностью территории (региона) будем понимать тип динамического равновесия экологической (окружающая среда) экономической (хозяйственная деятельность) и социальной (население) систем, при котором происходит сохранение экологического равновесия за счет минимизации вмешательства в экологическую систему, рационального природопользования, локализации экодеструктивных факторов, защищенность от них человека, окружающей среды и природных ресурсов [5].

Целью исследований является формирование прогнозов и перспективы обеспечения экологической безопасности агросферы зоны влияния города.

Для достижения цели исследований необходимо решить следующие задачи: обосновать выбор основного и вспомогательного стратегии обеспечения экологической безопасности агросферы зоны влияния урбосистемы (ЗВУ) на основании оценки интегрального уровня экологической безопасности агросферы; смоделировать изменения экологической безопасности при изменении условия развития региона.

Объект исследования процессы формирования экологической безопасности агросферы зоны влияния урбосистемы Ровно. Предмет исследования - управление экологической безопасностью агросферы ЗВУ.

Материалы и методы исследований. Результаты работы получены с использованием методов системного анализа (исследования особенностей и факторов состояния окружающей среды).

Были использованы материалы статистических ежегодников, региональных докладов о состоянии окружающей природной среды.

Результаты и обсуждения. Исследования проводились в пределах агросферы зоны влияния города Ровно (Украина). Под агросферой зоны влияния урбосистемы понимаем пространственную исторически сложившуюся социо-экономико-экологическую систему, которая функционирует в пределах территории, подвергается воздействию урбосистемы и характеризуется определенным типом развития, степенью использования природных ресурсов, типом ландшафтных территориальных комплексов и функциональными взаимосвязями. Оценка экологической безопасности агросферы ЗВУ будем производить с применением административного устройства территории. Агросфера ЗВУ представлена семью административными районами, которые размещены вокруг города.

Методика исследования предусматривала анализ и оценку экологической безопасности региона с использованием 17 показателей ресурсного, 15 показателей биосфероцентрического и 9 показателей антропоцентрического блоков (рис.1). При этом формировали соответствующие матрицы наблюдений базовых индикаторов и проводили стандартизацию матриц наблюдения [5,5] следующим образом: все базовые индикаторы группировали на индикаторы стимуляторы и индикаторы-дестимуляторы; нормирование показателей проводили по соответствующим формулам (рис.1) с выбором минимальных и максимальных показателей каждого индикатора из матрицы наблюдений [4]. Рассчитывали частичные интегральные показатели уровня экологической безопасности с помощью среднегеометрического показателя для каждого блока рис.1. Оценка экологической безопасности проводили по соответствующей шкале: от 0 (экологически-опасное состояние) до 1 (экологически-безопасное состояние), при этом выделены следующие диапазоны: экологически-безопасное состояние 1 - 0,675; состояние экологического риска 0,675 - 0,4834; экологически-угрожающее состояние 0,4834 - 0,1919; экологически-опасное состояние 0,1918 - 0[5].

Расчет интегральных показателей экологической безопасности продемонстрировал, что Гощанский, Дубенский, Здолбуновский, Костопольский и Ровенский районы характеризуются экологически угрожающим состоянием, а Млиновский и Острожский – экологически рискованным. В целом, исследуемый регион агроферы ЗОВУ характеризуется экологически угрожающим состоянием экологической безопасности.

Матрицы критических состояний формируем из базовых показателей, которые имеют показатели в пределах 0-0,1918 – экологически опасное состояние до 0,1919 – 0,4833 – экологически угрожающее состояние (табл.2). Как видно из таблицы нарушение экологической безопасности агроферы ЗВУ происходит из-за надменного использования природных ресурсов. Для этой территории характерны высокий процент распаханности, значительные объемы использования свежей воды на хозяйственно-питьевые нужды, низкий процент лесистость территории, значительные объемы заготовки ликвидной древесины, низкий объем лесовосстановления на землях лесного фонда и объем посадки и посева леса. Кроме того, негативную ситуацию формируют значительные объемы выбросов вредных веществ стационарными и передвижными источниками, в том числе выбросы диоксида серы, диоксида азота, метана, оксида углерода, неметановых летучих органических соединений, оксида, объемы образованных токсичных промышленных отходов и отходов I-III классов опасности.

Для того чтобы изменить экологическое состояние агроферы ЗВУ необходимо сформировать долго-

срочный курс обеспечения экологической безопасности через подбор основной и вспомогательной стратегии. Основная стратегия, которая будет направлена на окончательный результат и зависит от экологического состояния агроферы ЗВУ, дополнительная – обеспечивает процесс реализации основной стратегии и зависит от финансового состояния региона. Нами сформирована матрица основных и вспомогательных стратегий в зависимости от экологического и экономического состояния региона. Предполагается выбор реструктуризующей основной и активной вспомогательной стратегий для Гощанского, Дубенского, Здолбуновского и Костопольского районов. Для Млиновского и Острожского необходимо реализовать диссипативную основную и концентрическую вспомогательную стратегию. В этом случае необходимо провести мероприятия, которые будут направлены на снижение рисков от экологически деструктивных факторов, за счет определения приоритетных направлений в природоохранной деятельности и концентрации усилий и финансов на минимизацию экологических рисков в землепользовании, лесопользовании и переработки отходов.

Рассмотрим оптимистический и пессимистический прогноз изменений экологической безопасности агроферы ЗВУ (рис.2). Возможности изменения экологической ситуации в районах, которые находятся в экологически рискованном состоянии (Млиновский, Острожский районы) лежат в двух направлениях: улучшение их состояния к экологически безопасному и ухудшение — к экологически угрожающему или опасному состоянию.

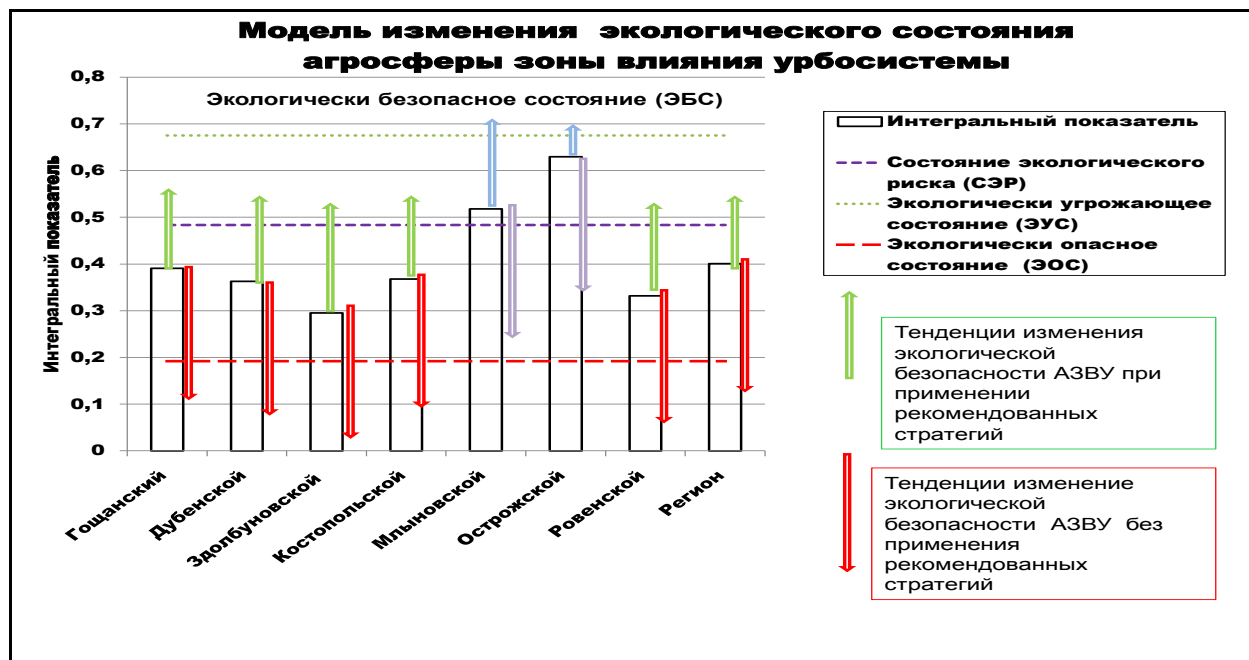


Рис.2. Модель изменения экологического состояния агроферы ЗВУ.

При оптимистичном прогнозе реализации реструктуризующей стратегии для Ровенского, Здолбуновского, Костопольского, Гощанского, Дубенского районов произойдет изменение состояния среды агроферы к экологически-рискованному и экологически-безопасному. В целом, при оптимистическом прогнозе, произойдет изменение состояние агроферы ЗВУ в

сторону улучшения состояния к экологически-безопасному, при этом должна быть реализована спортивная стратегия, которая направлена на укрепление достигнутых позиций в области экологической безопасности. Преобладающий характер мер обеспечения экологической безопасности является превентивный. При пессимистическом прогнозе, произойдет

ухудшение экологического состояния к экологически угрожающему и экологически опасному состоянию агросферы ЗВУ. В этом случае в дальнейшем необходимо применять соответственно реструктурированную и резистентную стратегию. При выборе вспомогательной стратегии возможные прогнозные изменения уровня

финансового обеспечения экологической безопасности. Так при высоком финансовом состоянии для Млиновского и Острожского района вспомогательной стратегией является интенсивная стратегия, для всех остальных диффузная стратегия.

Таблица 2. Матрица критических состояний агросферы ЗВУ

Название показателя	Административные районы						
	1	2	3	4	5	6	7
Ресурсный блок							
Распаханость тер-рии, %	ЭУС*	-	ЭУС	-	ЭУС	-	ЭУС
органических	ЭУС	ЭУС	-	ЭУС	ЭУС	ЭУС	-
К-ство использ. воды, млн. м ³ , в т.ч.:	-	ЭУС	-	-	-	-	-
хоз. питьевое водоснабжение, млн. м ³	ЭОС**	ЭУС	ЭОС	ЭОС	ЭУС	-	-
Произв. потреб., млн. м ³	-	ЭУС	ЭУС	-	-	-	-
Лесистость территории, %	ЭОС	-	-	-	ЭУС	-	-
Объем заготовки древесины, тис. м ³		ЭОС	-	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС
Лесовосстановления, га	ЭОС	-	ЭОС	-	ЭОС	-	-
Объем посадки и посева леса, га	ЭОС	-	ЭОС	-	ЭУС	-	-
Биосфероцентричный блок							
Объем выбр. вред. веществ, тыс. т.,	-	-	ЭОС	ЭУС	ЭУС	-	ЭУС
- стационарными источниками;	ЭУС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
- передвижными источниками;	-	-	ЭУС	-	-	-	ЭУС
Удельный вес региона в общем объеме выбросов	-	-	ЭОС	-	-	-	ЭУС
Выбросы вредных веществ стац. источниками, т: диоксида серы	-	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
диоксиду азота	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
метану	ЭОС	-	-	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС
Оксид углерода	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
Сум-ные удельные выбросы вред. веществ т/км ²	-	-	ЭОС	-	-	-	ЭУС
Выбросы вредных веществ автотранспортом, т:	-	-	ЭУС	-	ЭУС	-	ЭУС
диоксиду азоту	-	-	ЭУС	-	ЭУС	-	ЭУС
метану	-	-	ЭУС	ЭУС	-	-	ЭУС
Оксид углерода	-	-	ЭУС	-	-	-	ЭУС
оксиду азота	-	-	ЭОС	-	-	-	-
Сажи	-	-	ЭУС	-	ЭУС	-	ЭУС
не метановых летких органических соеден.	-	-	ЭУС	-	-	-	ЭУС
Объем общего водоотведения (без очистки), тис. м ³	-	ЭУС	-	-	-	-	ЭУС
Индекс водоотведения скида загрязненных вод, %	-	-	-	-	ЭУС	-	-
Объем образования пром. токсических отходов, тис. т	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
Удельный объем образования и наличия промотходов на ед-цу площади региона, т/км ²	ЭОС	ЭУС	ЭОС	ЭОС	-	-	ЭОС
Объемы образования отходов I-III класса опасности, т	-	ЭОС	ЭОС	ЭОС	-	ЭУС	ЭОС
Удельный вес отходов I-III класса в общем весе отходов, %	-	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС	ЭОС
Кол-тво хим. опасных объектов,	-	ЭУС	ЭУС	ЭУС	-	-	ЭОС
Антропоцентричный блок							
Численность населения, тис. чел	ЭУС	-	-	-	ЭУС	ЭУС	-
Детская смертность до года, чел.	ЭУС	ЭУС	ЭОС	ЭОС	ЭУС	-	ЭОС
Активный туберкулез, чел.	-	ЭУС	-	ЭОС	-	-	ЭОС

*экологического угрожающего состояния (ЭУС), экологически опасное состояние (ЭОС)

1 – Гощанской; 2- Дубенской; 3 – Здолбуновской; 4- Костопольской; 5 – Млыновской; 6 – Острожский; 7 – Ровенской районы.

Таким образом, произведена оценка экологической безопасности агросферы ЗВУ, выделены основные деструктивные факторы изменения среды и предложены пути управления экологической безопасности с

использованием основной и дополнительных стратегий. В дальнейшем необходимо сформировать систему методов, мероприятий, инструментов для реализации стратегии экологической безопасности агросферы зоны влияния города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегія сталого розвитку: [Боголюбов В.М., Клименко М.О. та інші]. За ред. В.М. Боголюбова. – Херсон: Олді-плюс, 2012 – 446с.
2. Current Ideas on Sustainable Development Goals and Indicators // Rio 2012 Issue Brief Produced by the UNCSD Secretariat, 2011, No. 6 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.uncsd2012.org/content/documents/218Issues%20Brief%206%20-%20>
3. Regional, national and local level governance for sustainable development // Rio 2012 Issue Brief Produced by the UNCSD Secretariat, December 2011, No. 10 [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
4. Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищепа А.М. та ін. Екологічна безпека: Підручник - Херсон: Олді-плюс, 2013. - 366 с.
5. Герасимчук З. В., Олексюк А. О. Екологічна безпека регіону: діагностика та механізм забезпечення: Монографія. — Луцьк: Надстир'я, 2007. — 280 с.
6. Прищепа А. М. Діагностування рівня екологічної безпеки агросфери зони впливу урбосистеми за групами індикаторів / А. М. Прищепа // Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2016. – Вип. 2(74). – С. 144-155.

REFERENCES

1. Sustainable Development Strategy: / [Bogolyubov V.N., Klymenko M.O. and other]. Ed. V.N. Bogolyubov. - Kherson: Oldie Plus, 2012 – 446p.
2. Current Ideas on Sustainable Development Goals and Indicators // Rio 2012 Issue Brief Produced by the UNCSD Secretariat, 2011, No. 6 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.uncsd2012.org/content/documents/218Issues%20Brief%206%20-%20>
3. Regional, national and local level governance for sustainable development // Rio 2012 Issue Brief Produced by the UNCSD Secretariat, December 2011, No. 10 [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
4. Environmental Security: textbook / Shmandiy VM, Klimenko MA, Golik YS, Prischepa A. M. et al. - Kherson: Oldie Plus, 2013. - 366s.
5. Gerasymchuk ZV, Oleksjuk A. Environmental safety area: diagnostics and mechanism to ensure Monograph. - Luck: Nadstyr'ya, 2007. - 280 p
6. Pryshchepa A. M. diagnostics of environmental safety level of urban system agrosphere zone influence by groups of indicators //Bulletin of national university of water management and nature resources use collection of scientific Volume 1 (69) agricultural sciences

The forecasts and prospects providing for environmental safety of agrosphere zone of influence of the Rivne city

A. M. Pryshchepa, N. M. Vozniuk, E. A. Brezhitskaya, L. M. Stetsyuk

Abstract. The estimation of environmental safety of agrosphere urban system zone of influence was conducted by groups of resource, biocentric and anthropocentric units indicators, integral indicators were calculated and agrosphere matrix typology was formed by the level of environmental safety. The basic and additional strategies of environmental safety providing of the region was proposed. Environmental safety management models of the region at various priorities of regional development were predicted.

Keywords: *environmental safety, urban system, Rivne city, agrosphere urban system zone of influence, environmental safety strategy.*

FOOD INDUSTRY

Порівняльна характеристика різних сортів рису України

В. М. Кошова, Р. М. Мукоїд, А. О. Коберницька*, О. В. Поліщук, Л. Кудрявцева

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

*Corresponding author. E-mail: Jared_letto_alina@ukr.net

Paper received 18.01.17; Accepted for publication 25.01.17.

Анотація. Як відомо рис є однією із найцінніших продовольчих культур у світі, його виробництво становить понад 700млн. тон. В Україні на сьогодні створено понад 35 вітчизняних сортів рису, його виробництво сягає до 65 – 72 тис. тон щорічно. Інститутом рису НААН України, згідно договору про співпрацю, було надано сім сортів рису, один із яких був вирощений за допомогою крапельного поливу. В даній науково-дослідній роботі досліджувалися зразки рису 2014 – 2015 років врожайності. Було досліджено фізико-хімічні і фізіологічні показники вітчизняних сортів рису і порівняно їх за цими показниками. Результати аналізів показали, що всі досліджувані сорти рису різних років урожайності мають порівняно високий вміст крохмалю до 68,5 %, білкових речовин до 10 %, і що дуже важливо високу здатність до проростання. Встановлено, що вирощування рису за допомогою крапельного поливу є більш економічними по витратам води, але по фізико-хімічним показникам він поступається сорту Віконт, який вирощений класичним способом у чеках. Встановлено, що по всім показникам кращим виявилось два сорти рису – Агат і Онтаріо, з якого в подальшому рекомендуємо виготовляти рисовий солод і безглютенове рисове пиво або квас, для людей хворих на целиакію.

Ключові слова: рис, екстрактивність, крохмаль, домішки, здатність до проростання.

Вступ. Рис – одна з найцінніших продовольчих культур у світі. Рисова крупа – основний продукт харчування більше як 3 млрд. людей. На даний час посіви рису розташовані у 112 країнах на площі 165 млн. га. Річне виробництво зерна у світі становить більше 700 млн. т. За врожайністю та валовими зборами рис займає друге місце серед усіх зернових культур [1–3].

Культивуванням рису в Україні було започатковано в 1925 р. на Херсонщині, о. Хортиця, на Криворіжжі, але вагомий розвиток ця галузь отримала в 60-х роках, після будівництва великих рисових зрошувальних систем інженерного типу та введення в дію Краснознам'янського і Північнокримського магістральних зрошувальних каналів.

Всього під рисовими сівозмінами в наш час зайнято 30 тис. га ріллі, які розміщені на півдні Херсонської обл., а також у заплаві Дунаю Одеської області. Щорічно під посіви рису відводилося до 12 тис. га, це давало змогу отримувати 65 – 72 тис. тон рису [1, 2].

В Україні створенням та впровадженням у виробництво нових сортів рису займається Інститут рису НААН за роки його існування створено понад 35 вітчизняних сортів рису, з яких 19 занесені до Державного реєстру сортів рослин України [2]. Даним інститутом були надані зразки рису для дослідження його всіх фізико-хімічних і фізіологічних показників.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Харчування є одним із найважливіших факторів, які визначають здоров'я нації. Для здоров'я людини важливою є не тільки повноцінність харчування, але й його профілактична та детоксикуюча дія, зумовлена достатнім вмістом біологічно-активних сполук, зокрема, антиоксидантів, вітамінів, мікро- та мікроелементів [3, 4].

Останнім часом у всьому світі з'являється все більше і більше інформації про проблеми, які пов'язані з харчовими алергіями. До цієї хвороби можна віднести і целиакію. Це хвороба аутоімунного характеру, а саме глютену непереносимість або глютену ентропатія.

Глютен (рис 1.) – група білків, в основному, проламінів і глютелінів, які містяться в злакових культурах – пшениці, житті, ячмені, вівсі. У хворих целиакією при вживанні глютену харчових продуктів руйнуються внутрішні стінки

тонкого кишківника, і як наслідок порушується здатність гідрозу і поглинання поживних речовин. Єдине лікування для таких хворих – постійне дотримання безглютенової дієти [3, 6].

За останніми статистичними даними ВОЗ частота цього захворювання в світі наближається до 1% населення [3]. В Україні на целиакію хворіє близько 200 тис. чоловік, в основному, в таких регіонах, як Київ, Львівська, Одеська і Харківська області.

До сировини вільної від глютену, відносять : рис, гречку, кукурудзу, сорго, амарант [4]. Зарубіжні автори відмічають [5, 6], що в останні роки рису, як безглютеновій сировині і продуктам на його основі приділяють велику увагу. Так, в Таїланді, де рис є основною зерновою культурою, із нього виробляють різні продукти харчування, а також рисовий солод і безглютенове пиво [7].

Культурний рис – однорічна яра рослина, належить до родини злакових. За своєю будовою зерно рису аналогічне до інших злаків і складається із обо-

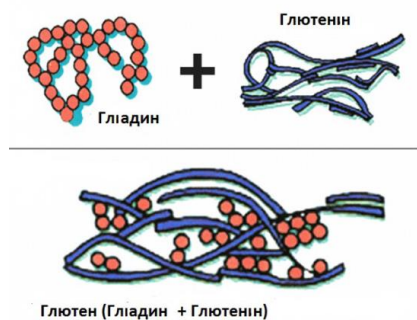


Рис 1. Просторове зображення глютену [12]

лонок, зародка та ендосперму, при чому від 14 % до 35 % маси зерна припадає на грубі квіткові плівки.

Плід рису – зернівка. Вона вільно лежить у порожнині, утвореній верхньою та нижньою квітковими плівками і не зростається з ними, але залишається укладеною в них після обмолоту.

Розміри її від 4 до 10 мм в довжину і до 3,5 мм в ширину. Маса 1000 зерен рису (разом з плівками) коливається від 27 до 34 г. [1, 4, 9].

Алейроновий шар займає 2 – 4 % і представлений одним рядом клітин. З боку спинки він може бути багаторядним. На частку зародка доводиться 2 - 3 %, ендосперму 65 – 67 %. Консистенція ендосперму рису частіше буває склоподібною, але іноді – напів-

склоподібна або борошниста. Це, перш за все, пов'язано з високою часткою амілози в крохмалі. Плівчастість (вміст квіткових і колоскових лусок) у більшості вітчизняних сортів складає 16,5 – 25 %, а в зразків світової колекції 10 – 35 % від маси насіння.

Багато вітчизняних та зарубіжних вчених проводили дослідження по вивченню хімічного складу зерна рису і продуктів його переробки. Хімічний склад рису, в основному, залежить від ґрунтово-кліматичних умов, району вирощування і генетичних особливостей сорту. Дані про хімічний склад зерна рису, в порівнянні з іншими культурами представлені на рис 2.

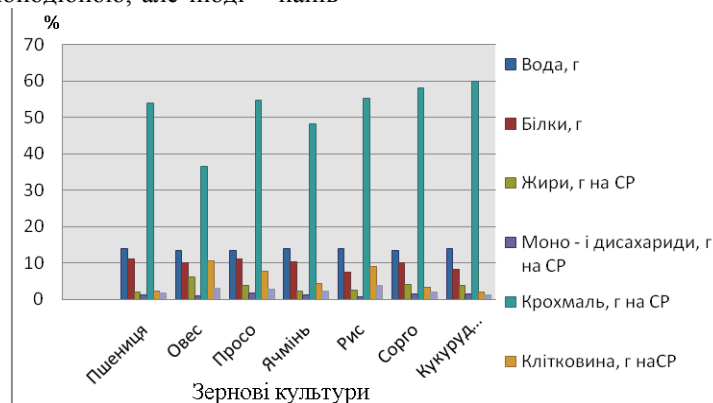


Рис 2. Хімічний склад зерна рису, в порівнянні з іншими культурами

В зв'язку з цим актуальним є вивчення найбільш поширених в Україні сортів рису і встановлення їх придатності для виробництва вітчизняного рисового солоду.

Цілі та задачі досліджень. Метою проведення досліджень є вивчення фізико-хімічних і фізіологічних показників найбільш поширених вітчизняних сортів рису.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання: 1) Визначити фізичні показники рису; 2) Визначити його хімічні та фізіологічні показники; 3) Порівняти ці показники у рисі урожаю 2014 і 2015 років.

Матеріали та методи досліджень різних сортів рису. Для проведення досліджень Інститутом рису НААН були надані вітчизняні сорти рису урожаю 2014 і 2015 року.

Методи досліджень – аналітичні, фізико-хімічні, фізіологічні з використанням сучасних приладів та методів досліджень, що застосовуються у виробництві солоду і пива. Визначення цих показників про-

дилися в навчальній лабораторії кафедри БПБВ за допомогою методів дослідження прийнятих у виробництві солоду і пива [10].

У дослідних зразках визначали об'ємну масу (вага одиниці об'єму зерна в грамах) за допомогою пурки, масу 1000 зерен ваговим методом, зернові і сміттєві домішки – на ситах Фотеля.

Показники визначали: *вміст крохмалю* за методом Еверса [10], *білкові речовини* за методом Кельдаля [10], *екстрактивність* рису за методом Павловського [10], *вміст вологи* за прискореним методом висушування у сушильній шафі СЕШ – 3М [10], *фізіологічні показники* згідно методики [10], *визначення глютену* аналіз проведено згідно методики набору R-Biopharm, RIDASCREEN Gliadin, lot 14291.

Результати досліджень фізичних, хімічних і фізіологічних показників вітчизняних найбільш поширених сортів рису. Перед проведенням досліджень в зразках рису визначали основні фізичні показники, які наведені в табл. 1

Таблиці 1- Основні фізичні показники сортів рису

Сорт рису	Об'ємна маса г/дм ³		Маса 1000 зерен, г	
	2014	2015	2014	2015
Агат	623,4	610,4	34,5	32,5
Віконт	616,7	569,9	29,9	27,4
Віконт крапельного поливу	-	510,4	-	23,4
Онтаріо	618,5	601,1	30,2	30,4
Преміум	578,2	571,9	27,3	27,2
Престиж	601,2	584,4	28,2	25,0
Україна 96	602,2	591,4	30,6	24,1
Серпневий	616,1	-	24,3	-
Лазуріт	-	572,4	-	24,7

Як видно з одержаних даних, між сортами значних відмінностей немає. Так, більший показник «Об’ємна маса» був у всіх сортів рису урожаю 2014 року, який корелює з показником «Маса 1000 зерен» це можна пояснити кліматичними умовами, літо 2014 року було більш жаркішим за 2015 р., як відомо у злакових культурах у засушливий період в ендоспермі більше накопичується крохмалю [4].

З табл. 1 видно, що найбільшою об’ємною масою і масою 1000 зерен володіють сорти Агат і Онтаріо, а найменшою сорт Преміум 2014 року врожаю.

В 2015 році Інститутом рису проводилися випробування вирощування рису новим методом, який

використовується в інших галузях рослинництва – це крапельний полив. Порівняно з класичними способом вирощування рису у чеках цей спосіб більш економічний, так як зменшуються витрати води [1]. Для цього експерименту був відібраний середньостиглий сорт рису Віконт, вирощений класичним способом мав кращі показники по об’ємній масі (569,9 г/дм³), масі 1000 зерен (27,4 г.) чим вирощений за допомогою крапельного поливу: об’ємна маса – 510,4 г, а маса 1000 зерен – 23,4 г, ці показники найменші не тільки по даному сорту, але і в порівнянні з іншими сортами.

Таблиці 2 - Основні фізичні показники сортів рису

Сорт рису	Плівчастість, % на СР		Домішки, %	
	2014	2015	Зернові 2015р	Сміттеві 2015р
Агат	19,30	18,02	0,10	0,00
Віконт	18,91	20,37	15,01	0,02
Віконт крапельного поливу	-	20,97	15,07	0,40
Онтаріо	17,34	17,00	1,20	0,04
Преміум	18,38	20,44	0,01	0,00
Престиж	18,91	18,02	0,20	0,01
Україна 96	18,83	20,26	0,05	0,03
Серпневий	20,54	-	-	-
Лазуріт	-	17,51	1,20	0,04

Як видно з табл. 2 на показник плівчастості рік вирощування майже не впливає. Найбільшим він був у 2014 році у сортах Серпневий (20,54 %) та Агат (19,30 %), а в 2015 році – у середньостиглих сортах Віконт, Преміум, Україна 96. Зернових домішок найбільше було у сортів Віконт, вирощених як за класичним так і крапельним поливом.

Значний інтерес для виробництва солоду із рису має показник здатності до проростання, який визна-

чається за методикою [10]. У всіх наданих зразках визначали водочутливість і здатність до проростання. Всі сорти рису виявилися водочутливими. Здатність до проростання визначали на четверту добу від початку замочування. Слід відмітити, що всі досліджувані сорти рису добре проростали. Дані наведені в рис 3.

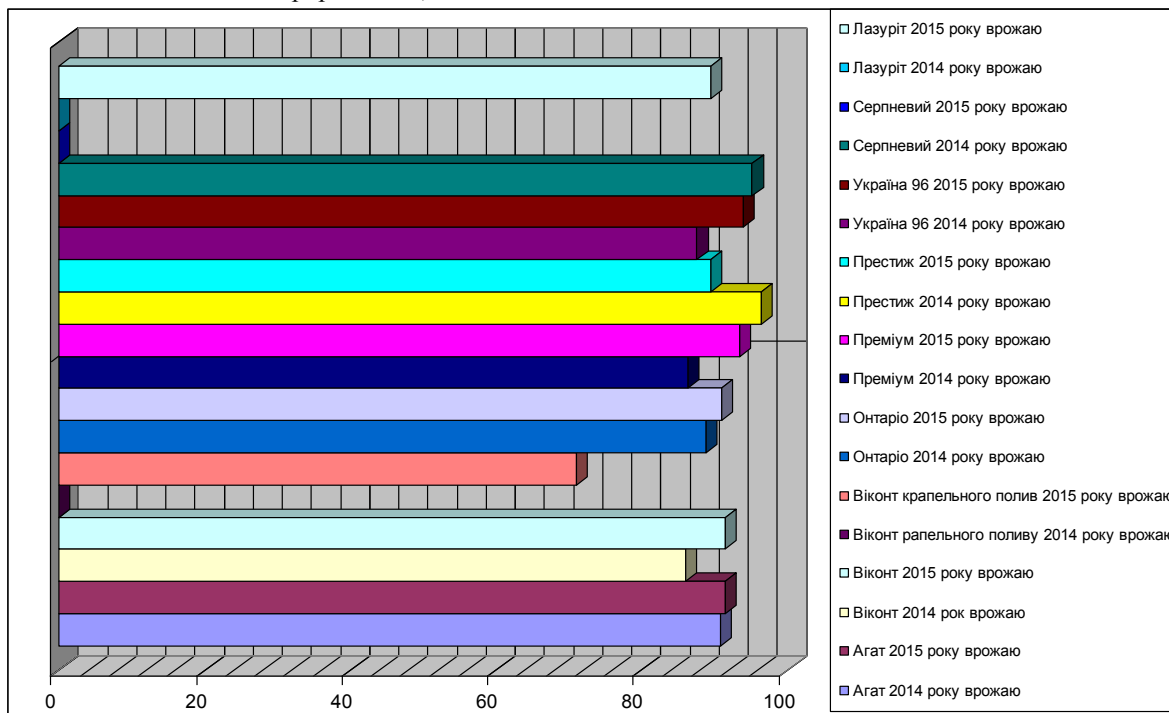


Рис 3. – Здатність до проростання рису 2014 року врожайності, %

З отриманих даних видно, що в зразках рису найбільшою здатністю до проростання в 2014 році воло-

діли ранньостиглі сорти: Агат, Престиж, вегетаційний період яких триває 105 – 110 діб [1, 2].

Середньо- і пізньостиглі сорти, вегетаційний період яких 120-140 діб, мали здатність до проростання на 10,8 % - 8,0 % менше, чим ранньостиглі сорти.

В 2015 році навпаки більшою здатністю до проростання володіли середньо- і пізньостиглі сорти рису Україна 96 (94,0%) і Преміум (93,5 %), але найменшу здатність до проростання мав сорт Віконт, вирощений крапельним поливом – 71,0 %. Всі інші сорти

мали майже однакову здатність до проростання 89,5 - 91,5 %.

Найважливішим показником зерна є його екстрактивність, яка, як відомо, залежить від вмісту крохмалю, в перерахунку на суху речовину (СР). Екстрактивність – це здатність сухих речовин зерна переходити в розчин.

Таблиця 4 - Основні хімічні показники різних сортів рису

Сорт рису	Екстрактивність, % СР		Вміст крохмалю, % СР		Вологість,%		Вміст білкових речовин, %СР	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Агат	79,0	78,2	68,14	68,20	10,9	9,8	8,28	8,40
Віконт	74,5	68,6	67,18	66,14	11,2	9,4	6,69	6,96
Віконт крапельного поливу	-	68,8	-	64,3	-	9,7	-	68,3
Онтаріо	75,2	74,3	67,24	71,1	11,2	9,4	8,34	8,41
Преміум	68,0	67,7	65,75	64,4	10,8	10,0	8,81	9,01
Престиж	73,0	71,4	68,48	67,6	11,2	9,6	9,41	9,02
Україна 96	73,0	72,0	67,23	66,1	10,8	9,2	7,54	7,60
Серпневий	73,0	-	68,48	-	11,4	-	8,10	-
Лазуріт	-	67,5	-	63,6	-	9,2	-	7,65

Як видно з табл. 4 майже всі сорти рису урожаю 2014 року, що аналізувалися за вмістом крохмалю і зв'язану з цим екстрактивність мало різняться між собою, але найбільші показники мали сорти Агат і Онтаріо в 2014 і 2015 рр, а найменші – Преміум.

За вмістом білкових речовин досліджені сорти рису урожаю 2014 і 2015 років також мало різняться між собою.

Згідно міжнародним стандартам, які регламентують якість продуктів харчування [13, 14] до аглютенних продуктів («agluten free») можуть бути віднесені продукти, в яких міститься не більше 200 мг глютену в разрахунку на 1 кг сухої речовини. Як правило, вміст гліадинів у глютені знаходиться на рівні 50%. Тому норми на глютен 200 мг/кг (0,02%) відповідає гранична концентрація гліадину 100 мг/кг

(0,01%). Тільки при такому рівні можна назвати продукт аглютенним.

На сьогодні в літературі активно дебатуються можливість зниження допустимого рівня глютену в таких продуктах до 20 мг/кг.

Зразки рису сорту Онтаріо і Агат та отриманий солод із них були направлені для визначення вмісту глютену були направлені в наукову лабораторію ТОВ «Хема» в м. Києві.

Аналіз проведено згідно методики набору R-Biopharm, RIDASCREEN Gliadin, lot 14291. Чутливість тесту 20 ppm (мг/кг)

Подрібнення й рідинна екстракція проведені згідно з рекомендаціями виробника.

«Без глютену» - вміст менше 20 ppm (2 мг/100 грамів продукту).

Одержані результати зведено в табл. 5.

Таблиця 5 - Вміст глютену в зразках зерна і солоду

№	Назва зразків	Розведення зразка			ppm	Коментар
		1/10	1/400	1/1000		
1	Рис «Агат» (зерно)		нег.			не містить глютен
2	Рис «Онтаріо» (зерно)		нег.			не містить глютен
3	Рис «Агат» (солод)		нег.			не містить глютен
4	Рис «Онтаріо» (солод)		нег.			не містить глютен

Як видно з табл. 5 рис з сорту Онтаріо і Агат не містить глютену. І одержаний з цього зерна солод, також являється аглютенним. А це означає, що його можна використовувати як сировину для безглютенних харчових продуктів.

Результати аналізів показали, що всі досліджувані сорти рису різних років урожайності мають порівняно високий вміст крохмалю, білкових речовин і, що дуже важливо, високу здатність до проростання.

Тому безумовно слід вивчити можливість проростити їх і приготувати з них солод, який, як відомо, за

своїм складом значно більш цінний, ніж не пророщене зерно [4].

Обговорення результатів досліджень. З отриманих даних які наведені в табл. 1 – 5 видно, що всі зразки відповідають нормам стандарту на рис. Найкращими з досліджуваних зразків виявились два сорти, які найбільш придатні для виробництва із них солоду, це сорти Агат і Онтаріо. Як видно з табл. 3 всі сорти рису придатні для солододощення, але кращими виявились вище вказані сорти.

Рис порівняно з іншими зерновими культурами в своєму складі має білкові речовини в яких не міс-

тяться глютен, який є небезпечним для людей хворих на целиацію та глютену ентаропатію.

Отримані результати досліджень дають можливість зробити висновки, що вітчизняні сорти рису по всім показникам придатні для виробництва з них солоду, так як в процесі солодоращення зменшується кількість глютену.

Висновки.

1. Досліджувані сорти рису відповідають нормам ДСТУ 4965:2008 «Рис. Технічні умови»
2. За показниками «Об'ємна маса» та «маса 1000 зерен» можна встановити, що в рисі буде більше чи менше крохмалю.
3. Основними показниками рису для виробництва з нього солоду є здатність до проростання.
4. Найкращими сортами рису для виробництва солоду по всім показникам є Агат і Онтаріо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кольцов С.О. Культура рису в Україні /С.О.Кольцов, З.С. Воронюк//Хімія, агрономія, сервіс . – 2008. - №21/22.- с. 16-17
2. Державне законодавче регулювання рисового виробництва та його наукове забезпечення в Україні / В.В. Дудченко; за наук. ред.. В.А. Вергунова. – Херсон : Наддніпряночка, 2015. – 48 с.
3. Rice origin, history, technology, and production / editors C. Wayne Smith, Robert H. Dilday. – Hoboken, New Jersey : John Wiley, Inc., 2002. – 656 p.
4. Розроблення технології солоду безглютенових зернових культур як сировини для оздоровчих та дієтичних харчових продуктів / ПНДЛ; кер. Т.Л. Мостенська. – 0112U00183. М., 2013. – 59 с.
5. Yoshida S. Fundamentals of rice crop science / S. Yoshida / - Los Banos, Laguna : IRRI, 1981 . – 277 p.
6. Cascella N. G., Kryszak D., Bhatti B. et al. Prevalence of Celiac Disease and Gluten Sensitivity in the United States Clinical Antipsychotic Trials of Intervention Effectiveness Study Population // Schizophr Bull. — 2011. — Vol. 37, № 1. — P. 94 – 100.
7. Troncone R, Jabri B. Coeliac disease and gluten sensitivity // J Intern Med. — 2011. — Vol. 269, № 6. — P. 582 – 590.
8. Cascella N. G., Kryszak D., Bhatti B. et al. Prevalence of Celiac Disease and Gluten Sensitivity in the United States Clinical Antipsychotic Trials of Intervention Effectiveness Study Population // Schizophr Bull. — 2011. — Vol. 37, № 1. — P. 94 – 100.
9. Господарсько – біологічна характеристика зразків Національної колерції рису: каталог – довідник / [авт.. – упоряд А. Орлюк] – Скадовськ : АС, 2009. – 79 с.
10. Мелетьев А.Є. Технологічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підруч. / Мелетьев А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 300 с.
11. Скидан В.О. Якість зерна рису / В.О. Скидан, С.М. Скидан // Хранение и переработка зерна – 2012. – № 9. – С. 28 – 30.
12. <http://natureweight.ru/glyuten-cto-eto-i-pochemu-onvreden/>
13. Алпатьева Н.В. Проламини и целиакия / Н.В.Алпатьева, И.П.Гаврилюк, Н.А.Леонтьева, Л.С.Орешко и др. // Аграрная Розсип. – 2004. – №6. – С.42 – 47.
14. Цыганова Т. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютенных продуктов / Т. Цыганова, Д. Шнейдер, Е. Костыльова // Хлебпродукты – 2011. № – 12. – С. 44 – 46.

REFERENCE

1. Koltsov SO Culture in Ukraine /S.O.Koltsov rice, ZS // Voronyuk chemistry, agronomy service. - 2008. - №21 / 22.- p. 16-17
2. Derzhavnezakonodavche rysovho regulation of production and its scientific support in Ukraine / VV Dudchenko; for science. ed .. VA Verhunova. - Kherson: Naddnipyranochka, 2015. - 48 p.
3. Development of technology malt gluten-free cereals as raw materials for health food and dietary / PLMS; Coeur. TL Mostenska. - 0112U00183. M., 2013. - 59 p.
4. Economic - biological characterization of samples kolertsiyi National Rice: directory - directory / [aut .. - compilation A. Orlyuk] - Skadovsk, AS, 2009. - 79 p.
5. A. E Meletyev Process control production of malt, beer and soft drinks: textbook. / Meletyev AE, Todosiychuk SR, Kosshova VM - Ball: New Book, 2008. - 300 p.
6. Skydan VA The quality of the rice grain / VA Skydan SM // Skydan storage and grain REFINING - 2012. - № 9. - P. 28 - 30.
7. <http://natureweight.ru/glyuten-cto-eto-i-pochemu-onvreden/>
8. Alpatieva NV Prolamins and celiac / N.V.Alpateva, I.P.Gavrilyuk, N.A.Leonteva, L.S.Oreshko et al. // Agrarian Rozsip. - 2004. - №6. - P.42 - 47.
9. T. Tsyganov Formation formulations for the manufacture of protein-free and gluten-free products / T. Tsyganov, D. Schneider, E. Kostylova Hleblprodukty // - number 2011. - 12. - pp 44 - 46.

Comparative characteristics of different varieties of rice in Ukraine

V. M. Koshova, R. M. Mukoid, A. O. Kobernitska, O. V. Polishchuk, L. Kudravtskava

Rice - one of the most valuable food crops in the world. Currently, there are the crops of rice in 112 countries on the area of 165 million. ha. The yield and gross harvest of rice ranks is on the second place among all crops. The main production of rice in the world, mostly concentrated in Asia, which accounts for 90% of world production of rice. China and India have the leading position among the countries in the world in terms of gross harvest of rice in recent years .The cultivation of rice in Ukraine began in 1925, but the development of the industry was in the 60s years, after the construction of large rice irrigation systems ,engineering type. Today, introduction of new rice varieties NAAS Institute of rice The State Register of Ukraine includes 19 plant varieties, 7 of them were given by us for investigation. Physicochemical and physiological indicators of domestic rice varieties were investigated and compared . The analysis showed that all varieties of rice which were studied in different years yield with a relatively high content of starch, proteins, and very importantly high ability to germinate. Established that among all the best indicators were two varieties of rice - Agate and Ontario, which subsequently recommended to make rice malt and rice gluten-free beer or kvass, for people suffering from celiac disease. At the end of the investigation were found the gluten content in grain of rice and rice malt, an analysis were conducted by the methodology of set R-Biopharm, RIDASCREEN Gliadin, lot 14291, gluten in the samples were found.

Keywords: rice, gluten, rice malt, gluten-free beer

GEOGRAPHY

Об эффективности защиты от разрушения одесского Берега черного моря

Ю. Д. Шуйский

Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, Украина
Corresponding author. E-mail: physgeo_onu@ukr.net

Paper received 01.02.17; Accepted for publication 05.02.17.

Аннотация. Применение защиты морских берегов должно учитывать особенности природы и гармонизировать с ней. Морской берег на территории Одессы как часть береговой зоны Черного моря сформировался и меняется по-другому, чем континентальные ландшафты. Поэтому берегозащита должна учитывать потоки энергии и вещества, особенности структуры и динамики береговой зоны, участие различных факторов и процессов формирования, назначения защитных сооружений в береговой зоне. Выполняется краткий анализ существующей берегозащиты. Каждый берегозащитный проект должен обеспечивать гармонию между защитным сооружением и береговой природной средой, т.е. обеспечивать назначение берегозащиты, ее длительную эксплуатацию, не наносить ущерба окружающей среде.

Ключевые слова: Черное море, берег, берегозащита, природа, вода, наносы.

Гидротехническое строительство в береговой зоне морей отличается высокой стоимостью, но затраты оказываются еще более объемными в процессе эксплуатации того или иного сооружения на абразионно-опасном участке [5, 6]. В большинстве случаев берега Черного моря (длина около 4100 км, с учетом малых заливов и бухт) подвергаются волновому разрушению, а потому теряют значительную площадь, до 100 га/год [1]. Важно, что вместе с обрушением береговой территории разрушаются дороги, коммуникации, рекреационные и жилые постройки, инфраструктура и пр. Следовательно, тема статьи имеет практическое значение и является **актуальной**. Ее исследование насчитывает более 200 лет, начиная от машинных технических действий по благоустройству Феодосии, Батуми, Трабзона, Бургаса, Варны, Одессы, Евпатории. На Черном море берегозащитному гидротехническому строительству большое внимание впервые стал уделять М.Н. Герсеванов (60-70-е годы XIX столетия), затем данную тему изучали В.Ю. Руммель, П.С. Чехович, А.М. Дранников, П.К. Божич, Д.Д. Свищевский, Н.Н. Джунковский, П. Бруун и др. Достаточно полный **обзор публикаций** по теме находим в ряде работ [1, 3, 4]. С международным опытом подобных исследований можно познакомиться в работе [7]. Она характеризует разнообразные «искусственные структуры» в береговой зоне, а их большая часть представлена берегозащитными, а также портовыми, свайными сооружениями, каналами, подводными карьерами, причалами и проч. Важно, чтобы они выполняли свое назначение, использовались максимально долго и не наносили ущерб ресурсам береговой зоны моря: в этом заключается их главная эффективность.

Данная тема давно волнует жителей приморских районов различных Черноморских Стран [3, 4]. Предпринимаются попытки предотвратить эти негативные явления. Но попытки редко приносят успех. Причины три: 1 – высокая стоимость строительства и эксплуатации берегозащитных сооружений; 2 – частое отсутствие необходимой квалификации по вопросам о природных причинах и механизмах, действующих в береговой зоне; 3 — технические трудности. В это связи

целью данной работы служит выявление научно-технических подходов для гармонизации искусственных сооружений и природных компонентов береговой зоны на примере Одесского берега Черного моря (рис. 1).

Материалы и методы исследований были обычными для данной темы [6, 7]. Основные материалы были получены автором в процессе экспедиционных натуральных исследований и многолетних инструментальных стационарных наблюдений, согласно методике [1, 5, 6]. Берега были картографированы в масштабе 1:25000. Под наблюдение было взято 7 берегозащитных сооружений, в т.ч. почти 12 км длины Одесский берегозащитный и противооползневой комплекс. В числе сооружений — буны, волноломы, стенки разных конструкций, внешние портовые молы, грунтовые террасы и проч. на берегу между м.Бугово на юго-западе и устье Сычавской балки на востоке. Длина берега составляет ≈ 65 км. Среди теоретических были использованы методы ретроспективный, картографический, систематизации, сравнительно-географический, аналитические, математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Современный берег сформировался в голоцене, в процессе наступления вод Черного моря на берег в течение послеледниковой трансгрессии и затопления северо-западного шельфа [4]. Повышение уровня привело к соприкосновению уровня моря и нескольких малых складок, расчлененных разломами. По разломам залежились лиманы (Мал. Аджалыкский, Чабанский, Бол. Аджалыкский, Куяльницкий, Хаджибейский, Сухой). Высокий берег (водораздел) между нами стал срезаться волнами, которыми выработались активные клифы. Сложное геологическое строение коренного берега обусловило развитие абразионно-оползневых клифов. Поскольку клифы сложены в основном глинистыми породами, то абразионный источник наносов оказывается малопродуктивным. Крутой подводный склон приводит к смещению наносов на глубину и действию волн повышенной силы. В этой связи береговая зона испытывает острый дефицит наносов. Сложилась ситуация, по которым сильное действие волновой абразии и размывов явля-

ется сильным и непрерывным, а потому и потери береговой территории значительны. Вместе с разрушением берега быстро разрушаются различные постройки (рис. 2).

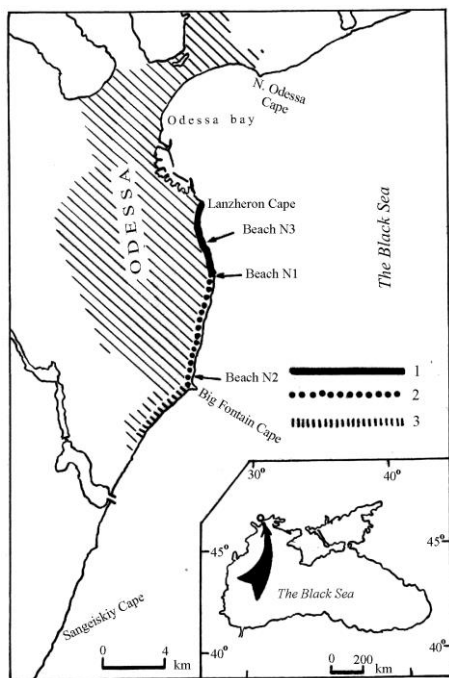


Рис. 1. Расположение берегозащитного комплекса на Одесском берегу Черного моря. Участки: 1 — между мысом Ланжерон и бухтой Аркадия; 2 — между бухтой Аркадия и мысом Большой Фонтан; 3 — между мысом Большой Фонтан и балкой Люстдорф. На врезке черной стрелкой показано общее положение изученного берега.



Рис. 2. Рекреационная застройка, не вписанная в природный режим развития берега, дома строились на берегу 30 лет назад в 60 м от береговой черты.

Соответственно, наличные запасы наносов на изученном Одесском побережье Черного моря были крайне невелики. Измерение линейных и объемных размеров пляжей в 105 точках показали средний их объем $12 \text{ м}^3/\text{м}$. Это в 10-11 раз меньше того объема, который обеспечивает защиту подножья клифов и поверхность аккумулятивных форм от влияния прибойного потока при повышенном нагонном уровне моря во время действия штормов. Такой недостаток наносов и столь малые пляжи постоянно держат волновую абразию. Следовательно, разрушение клифов, отступление

Между участками клифов в устьях лиманов образовались аккумулятивные замыкающие формы — пересыпи. В естественном состоянии они имели генетически сопряженную береговую линию с соседними абразионными участками у водоразделов. В условиях общего дефицита наносов высота пересыпей была небольшой, не более 1,5 м, береговая линия закономерно отступала вслед за соседними клифами. Поверхность пересыпей была лишена существенных эоловых форм берегового рельефа (высота $\leq 1,6 \text{ м}$). От Бол. Аджалыкского в сторону Хаджибейского лимана распространялся мало мощный поток наносов, которым был создан широкий пляж в вершине Одесского залива, а со временем — пересыпи лиманов Хаджибей и Куяльник. И хотя потоки все же создавали «карманные» пляжи (правда, весьма мелкие) вдоль абразионных участков ($\leq 30 \text{ м}^3/\text{м}$ наносов), но остановить развитие оползней, отступление клифов и размыв аккумулятивных форм такие пляжи были не в состоянии. Они не представляли серьезной преграды для средних и сильных штормов (10% обеспеченности), как можно видеть на рис. 2. В целом основной принцип создания искусственных пляжей основывается на возможностях гашения волновой энергии: чем сильнее снижается энергия (волноломами, бунами, выемками и проч.), тем выше сохранность пляжей. В естественном состоянии искусственные отсыпки должны быть оптимальными: отсыпки больше оптимальных приводят к усиленным размывам и быстрым потерям дорогостоящих наносов, а при меньших отсыпках не достигается цель берегозащиты [5].

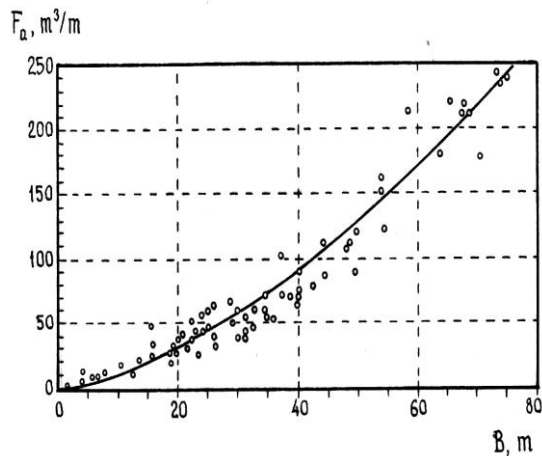


Рис. 3. Региональный график связи ширины песчано-гравийного пляжа B (м) и его удельного объемного раз-мера F_a ($\text{м}^3/\text{м}$) в береговой зоне.

берегов и разрушение всего построенного на берегу были заведомо запрограммированы природой. Поэтому для защиты берегов от разрушения было бы логичным возведение достаточно крупных искусственных пляжей, как это было сделано на Кавказских берегах Черного моря, на Ютландских берегах Северного моря, на Лигурийских берегах Средиземного моря и на многих других берегах [7].

Но в условиях острого дефицита наносов это было нереально. Сама по себе природа не могла создать такие пляжи даже с помощью активных гидротехниче-

ских сооружений, и не создавала, сколько бы ни было попыток. Мало того, построенные в помощь пляжам гидротехнические сооружения сами быстро разрушались. Но не только штормовыми волнами, но и под влиянием действия выпирания оползневых блоков на прибрежном мелководье, в 20-40 м от береговой линии, а также и действия льда в суровые зимы. Процесс выпирания разрушал фундамент («постель») волнолома, буны, ряжа или стенки, сминал их в обломки, а затем штормовыми волнами они удалялись в разные стороны. По этой же причине считанные месяцы держались искусственные пляжи в условиях весьма приглубого подводного склона. Поэтому в последующие годы производилась пригрузка оползневого склона искусственными террасами, гидротехническими сооружениями и отсыпкой искусственных пляжей. А одновременно снижалось напряжение оползневого склона путем его выполаживания до состояния слабо напряженного или вообще ненапряженного.

Аналогов создания успешной берегозащиты против обвальных и оползневых берегов при усиленном действии морских волн до середины XX века не было. Нужно было разработать и проектировать собственную конструкцию. Метод проб и ошибок на Одесских берегах продолжался в течение почти 150 лет, пока не было найдено комплексное решение, соответственно конкретным физико-географическим условиям, согласно накопленному опыту. На его основании в 1959 г. начал строиться Одесский берегозащитный и противооползневой комплекс. Он расположился вдоль 12,3 км длины береговой линии между мысами Ланжерон и Бол. Фонтан, включал в себя искусственные пляжи (32 шт.), огражденные один от другого крупными бунами. Чтобы пляжи не размывались и пляжевый песок не выносился в море, в 100-150 м от берега были установлены подводные волноломы. Чтобы обеспечить водообмен огражденных пляжеудерживающих бассейнов с открытым морем, волноломы были сделаны не сплошными, а с узким проливом. Комплекс был рассчитан на эксплуатацию до 25 лет. Свою задачу он выполнил в течение этого времени, хотя эксплуатационные расходы были весьма значительными и требовали больших ресурсов.

Полученный опыт показал, что применение подобных комплексов на других участках берега обходится дорого. Затраты не соответствуют эффективности и долговременности эксплуатации, они неадекватно велики. Поэтому еще в 1963 г. на выходе из порта Южный и на территории южной части пересыпи Сухого лимана (порт Ильичевск) были применены искусственные защитные террасы из естественной грунтовой массы. Эти сооружения выполняют несколько функций и характеризуются многоцелевой работой [5, 6]. Они одновременно защищают берег от абразии, позволяют утилизировать излишнюю грунтовую массу, не загрязняют прибрежную воду, являются субстратом для бентосных организмов, способных очищать воду, могут служить для размещения рекреационных построек и др. Поэтому их эффективность очень высока. Применение тормозится недостатком необходимого состава и количества грунтовой массы, а также неумением экологов, гидротехников и геологов рационально разместить и рассчитать размеры грунтовых террас.

По решению местных чиновников, на морском

сильно разрушаемом берегу в пределах поселков Черноморское и Фонтанка (средние скорости абразии до 2 м/год), высокий (до 45 м) глинистый клиф был выположен. Никакие сооружения применялись. В итоге оползневые подвижки сильно замедлились на короткий момент выполаживания. Но потом абразионная подрезка береговых склонов морскими волнами продолжалась. Через 1,5-3,5 года увеличился уклон берегового склона до состояния такого роста внутренних напряжений, что оползневые подвижки возобновились. Вначале склон покрылся мелкими трещинами, а затем — заколами. Причем, берег стал отступать с возросшими скоростями. Исполнение такого мероприятия может служить ярким примером непонимания механизмов развития активных береговых склонов и неграмотного вмешательства в природный процесс. Об этом же говорит рис. 2. Здесь в естественном состоянии берег отступал со скоростями до 2,5 м/год, экологи и строители считали, что строения будут в безопасности, если их расположить в 50-60 м от моря. Если бы они проконсультировались со знающими специалистами, то дома построили бы на 1-2 км в стороне, где берег стабильный, не разрушается и не отступает. Но они ни с кем не посоветовались. Такая ситуация является повсеместной на побережье Черного моря, что указывает на пренебрежение закономерностями развития морских берегов. И природа мстит (рис. 2).

Многолетнее отступление абразионно-обвального клифа на территории нового города Ильичевск привело к значительным потерям городской площади, поскольку скорости абразии были равны 1,2-1,8 м/год за период 1957-1984 гг. В качестве защиты от абразии в 1987 г. была применена подпорная бетонная конструкция в виде ступенчатого банкета вдоль подножья склона. Склон был выположен до 6°, террасирован, грунтовая масса от террасирования пошла на наращивание подножья. Морской край бетонной конструкции в плане представляет собой ряд вогнутостей. Проектировщики рассчитывали, что вогнутости будут рассеивать волновую энергию таким образом, что будут заполняться наносами и создавать крупный пляж, как указывают природные аналоги. Предполагалось, что пляж будет предохранять берег от разрушения и использоваться для размещения отдыхающих. Однако, в природе вогнутости берега являются наносонакопителями в условиях постоянной изменчивости. Именно динамичность определяет способность вогнутостей аккумулировать пляж. Поэтому, естественно, что в Ильичевске защитная конструкция является пассивной, пригружающей подножье берегового склона. Искусственная отсыпка всегда подвергается быстрому размыву, — береговая зона испытывает острый дефицит наносов. Поэтому она требует постоянного пополнения. В общем, данное берегозащитное сооружение сохраняет территорию Ильичевска, хотя и не является пляжеобразующим. К тому же оно требует постоянной дорогостоящей искусственной подсыпки наносов, и расходы огромны.

В процессе исследований были нанесены на карту участки, на которых пляжи надежно защищали морской берег, и он не разрушался. На других участках пляжи были небольшими, а потому не могли препятствовать штормовому разрушению клифов. Оказалось, что надежная защита берега бывает тогда, когда объ-

емный размер пляжа достигает ≥ 140 м/м, а высота $\geq 1,9$ м. Там, где в естественно виде она характеризуется указанным объемом, берегозащита не нужна, как и не нужна какая-либо застройка. Такие наносонасыщенные участки благоприятны для создания искусственного ландшафта и должны быть включены в состав заповедника с высочайшим уровнем заповедания.

Поучительным является сооружение малой гавани для хранения лодок и яхт на мысе Северном Одесском. Современные принципы берегового природопользования показывают необходимость учета направления действия вдольберегового потока наносов и понимания границ литодинамических систем. Данная малая гавань выходит на глубины около 3 м, а основная трасса перемещения наносов во вдольбереговом потоке локализована на глубинах 1,5-2,5 м. Следовательно, ограждающие сооружения гавани перекрыли основную трассу вдольберегового потока, который питал наносами пляжи Одесского залива (урочище «Лузановка») на пересыпях Хаджибейского и Куяльницкого лимана. В этой связи динамика пляжей поменялась с аккумулятивной на деструктивную, под влиянием чего размеры пляжей стали неуклонно сокращаться. Это привело к уменьшению их рекреационной емкости и необходимости ежегодного искусственного пополнения.

Выводы: Таким образом, можно заключить, что:

1. Одесское побережье, длиной около 65 км, насыщено различными гидротехническими сооружениями разной формы и размеров, возведенных с целью

предотвратить процессы абразии и потери береговой территории.

2. Строительство гидротехнических сооружений различного назначения представляет собой элемент возмущения природной системы береговой зоны, а береговая зона стремится погасить это возмущение, избавиться от сооружений, отторгнуть их. Такое отторжение чаще всего происходит болезненно для природы, ведет к негативным последствиям, главное — к неэффективности.

3. Ни одно гидротехническое сооружение на Одесском побережье не выполнило своего назначения в полном объеме, ни одно не было «вписано» в природную структуру береговой зоны. Связано это со сложностью и многофакторностью развития береговой зоны. Ее-то как раз, как правило, не смогли учесть геологи, гидротехники, проектировщики и эксплуатационники. Планирование территории и создание эффективной берегозащиты обычно обеспечивают физико-географы (природные географы).

4. Согласно приобретенному опыту, для оптимизации любого гидротехнического сооружения в структуре береговой зоны моря, для достижения планируемой эффективности сооружения и достижения цели строительства в максимальной мере необходимым и достаточным является физико-географический подход, с применением научно-исследовательского потенциала физической («природной») географии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин Ю.Н. Берегозащитные сооружения Крыма: западное побережье // Гидротехника, 2016. Вып. 1- 4. С. 27 – 85.
2. Жданов А.М. Искусственное восстановление защитной полосы пляжа при укреплении морских берегов // Труды Всесоюзного НИИ Транспортного строительства: Проектирование и строительство берегоукрепительных сооружений, 1960. Вып. 40, С. 22-58.
3. Макаров К.Н. Основы проектирования берегозащитных мероприятий. – Сочи: Изд-во «Кавказ», 1999. 147 с.
4. Шекó А.И. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР.–Москва: Недра, 1976.–210 с.
5. Шуйский Ю.Д. Опыт изучения защитных сооружений на песчаных берегах Черного моря // География и природные ресурсы. – 1996. – № 1. – С. 37 – 45.
6. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Перейрас Р.П. Опыт анализа берегозащитных сооружений на песчаных берегах Черного моря // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов, 2011. Вып. 39. С. 110-116.
7. Walker, H.J. Artificial Structures and Shorelines, 1988. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 708 pp.

REFERENCES

1. Goryachkin, Yu.N. (2016). Shore-protective structures of the Criméan Western coasts // Hydrotechnika Journal, 2016. Issue 1-4. P. 27-85.
2. Zhdanov, A.M. (1960). Artificial regeneration of protecting belt beaches during defense of the sea shores // Proc. Transp. Build. Institute: Project and Building Shore-protection structures, Issue 40, P. 22-58.
3. Makarov, K.N. (1999). Foundation projects of shore-protection actions. – Sochi: Kavkaz Publ. Co., 147 p.
4. Shekó, A.I. (1976). Contemporary geological processes along the Soviet Black Sea coasts. – Moscow: Nedra Publ. Co., 210 p.
5. Shuisky, Yu.D. (1996). Experience of coast-protection study along sandy shores of the Black Sea // Geography and Natural Resources Journal. – № 1. – P. 37 – 45.
6. Shuisky, Yu.D., G.V. Vykhoivanetz, R.P. Pereiras (2011). Experience of shore-protection analysis along sandy coast of the Black Sea // Building and Technogenetic Safety: Collected Scientific Articles. Issue 39. P. 110-116.
7. Walker, H.J. (1988). Artificial Structures and Shorelines, 1988. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 708 pp.

About efficiency of defence structures along odessa coast of the black sea

Yu. D. Shuisky

Abstract. On destructive coastal areas have into account features of shore-zone nature, including Odessa shore section of the Black Sea, with reversible harmonious position between coastal nature and coast-protection structure. The Sea Shore around Odessa is part of the coastal system. It the part have the differences from continental aerial landscapes. What is why coastal defenses have take into account energy and substance flows, kind of energy, structure and dynamics of coastal zone, sediment budget, chemical-mechanical qualities of rocks and deposits, appointment of different shore defenses, etc. In this text is analyzed different constructions of coastal protections along shoreline of the Black Sea, especially from Small Adjalyk liman to Sanjeiskiy Cape. Every of the defense structures must to secure harmonization between the human impact and the coastal environment for conservation of the coastal territory with different infrastructure.

Keywords: Black Sea, coast, coastal defense, nature, water, sediment.

К определению элементарного события в теории вероятностей

С. М. Краснитский, А. А. Курченко

Киевский университет технологий и дизайна, Киевский университет имени Тараса Шевченко
Corresponding author E-mail: olkurchenko@ukr.net

Paper received 23.01.17; Accepted for publication 01.02.17.

Аннотация. В статье обсуждаются два различных подхода к определению элементарного события в теории вероятностей. Доказано, что конечная алгебра случайных событий имеет полную группу элементарных событий.

Ключевые слова: Теория вероятностей, стохастический эксперимент, случайное событие, элементарное событие.

Введение. Современная теория вероятностей – раздел математики, в котором математическими методами изучаются закономерности случайных явлений. Эта теория находит применения в производстве (например, статистический контроль качества промышленных изделий), в естествознании (квантовый характер явлений микромира, статистические свойства ансамблей атомов и молекул), при анализе общественных тенденций (социологические опросы) и т.д. Современная теория вероятностей опирается на сложный математический аппарат. Наиболее распространенное логическое построение основ теории вероятностей (аксиоматика теории вероятностей) разработано в 1933 году А.Н.Колмогоровым [1]. Напомним эти аксиомы [2]. Пусть Ω – пространство элементарных событий (исходов) некоторого стохастического эксперимента. В пространстве элементарных событий выделена система

$P_2) P(\Omega) = 1; P_3)$ если (A_i) – последовательность случайных событий такая, что $A_i \cap A_j = \emptyset (i \neq j)$, то

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i).$$

Утверждения $A_1), A_2), A_3), P_1), P_2), P_3)$ составляют систему аксиом теории вероятностей. Тройка (Ω, F, P) называется вероятностным пространством.

Для полного понимания этой аксиоматики необходима достаточно глубокая математическая подготовка, в частности владение основными понятиями теории меры Лебега, которую студенты-математики изучают лишь на третьем курсе, а студенты технических и экономических специальностей, зачастую, вообще никогда. Поэтому представляет интерес подходящее логическое обоснование теории вероятностей для научно-популярного изложения основ теории, доступного школьникам старших классов и студентам младших курсов различных специальностей. Конечно, такое упрощенное обоснование не позволяет в полной мере применить современный математический аппарат для изучения закономерностей случайных явлений, но это и не требуется в элементарных изложениях основ теории. С другой стороны, в прикладных исследованиях инженерного или экономического характера используются готовые результаты и алгоритмы, и для прикладника здесь главное понимать вероятностный характер теоретических схем и практических ситуаций, при этом многие тонкости математических обоснований используемых результатов уходят на второй план.

Краткий обзор публикаций по теме. Книга [3] вы-

F подмножеств, являющаяся σ -алгеброй. Это означает, что:

$A_1) \Omega \in F;$

$A_2)$ если $A \in F$, то $\bar{A} = \Omega \setminus A \in F;$

$A_3)$ если $A_i \in F, i = 1, 2, \dots$, то $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \in F.$

Множества из σ -алгебры F называются случайными событиями. Каждому случайному событию A поставлено в соответствие число $P(A)$ (вероятность случайного события A), обладающее следующими свойствами:

$P_1) P(A) \geq 0$ для каждого $A \in F;$

дающегося украинского ученого в области теории вероятностей и математической статистики А. В. Скорохода представляет адресованное широкому кругу читателей, в частности ученикам старших классов, элементарное изложение основ теории вероятностей. В этой книге элементарное событие определено без апелляции к теории множеств, на языке событий. Сходные определения находим в учебниках [4,5], а также в справочнике [6]. В статье [7] рассматривается ряд аспектов использования обсуждаемых определений при изложении основ теории вероятностей в высших учебных заведениях.

Цель. Некоторые научно-популярные либо направленные на раннее развитие теоретико-вероятностной интуиции изложения основ теории вероятностей содержат определение элементарного события на языке событий, то есть без апелляции к теории множеств и вероятностному пространству. Цель настоящей работы состоит в исследовании свойств элементарных событий в смысле такого определения.

Материалы и методы. Логический анализ определения элементарного события на языке событий.

Аксиоматическое определение элементарного события. Стохастический эксперимент, случайное событие, вероятность случайного события являются исходными понятиями теории вероятностей. В приведенной во введении аксиоматике теории вероятностей элементарное событие является точкой пространства элементарных событий (исходов) некоторого стохастического эксперимента. Определение элементарного события как точки пространства элементарных событий назо-

вем аксиоматическим. Случайное событие представляет собой элемент σ -алгебры F .

Пример 1. Стохастический эксперимент состоит в подбрасывании шестигранной игральной кости, на гранях которой выбиты очки от одного до шести. Подходящее пространство элементарных событий состоит из чисел $1, 2, 3, 4, 5, 6$, то есть

$$\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}.$$

Допустим, что экспериментатор интересуется числом выпавших очков. Тогда в качестве σ -алгебры случайных событий можно выбрать семейство всех подмножеств $\mathfrak{F} = 2^\Omega$ пространства элементарных событий Ω . В этом примере элементарные события являются случайными событиями.

Заметим, что элементарное событие, точнее, соответствующее одноэлементное множество, может не быть случайным событием, то есть может не принадлежать σ -алгебре случайных событий. Приведем пример, подтверждающий это замечание.

Пример 2. Допустим, что в стохастическом эксперименте предыдущего примера экспериментатор интересуется лишь четностью числа выпавших очков. Тогда в качестве σ -алгебры случайных событий можно выбрать семейство множеств

$$\{\emptyset, \{1, 3, 5\}, \{2, 4, 6\}, \Omega\}.$$

Заметим, что элементарные события предыдущего примера не являются случайными событиями в настоящем примере.

Эвристическое определение элементарного события. В этом пункте мы введем понятие элементарного события независимо от аксиоматики теории вероятностей.

Случайное событие, подобно множеству, является неопределяемым понятием. Мы остановимся на следующем объяснении этого понятия. Случайное событие для заданного стохастического эксперимента – это такое событие, которое происходит или не происходит в результате этого эксперимента. Заметим, что при этом рассматриваются события, которые интересуют исследователя в данном эксперименте. Естественно требовать, чтобы семейство событий данного стохастического эксперимента было алгеброй. Это означает, что семейство событий содержит невозможное событие (обозначим его через V), достоверное событие (обозначим его через U); для каждого случайного события A противоположное ему случайное событие \bar{A} также принадлежит семейству; для двух произвольных событий A, B семейства их сумма $A + B$ (событие, состоящее в том, что происходит хотя бы одно из этих событий), а также их произведение AB (событие, состоящее в том, что происходит каждое из этих событий) принадлежат семейству событий. Приведем два примера стохастического эксперимента и соответствующих алгебр случайных событий.

Пример 3. Стохастический эксперимент состоит в однократном подбрасывании монеты. Результаты: монета легла на пол гербом вверх (выпал герб), монета легла на пол цифрами вверх (выпала решка). В этом эксперименте мы имеем только два случайных собы-

тия, отличных от невозможного и достоверного: случайное событие A происходит тогда и только тогда, когда выпадает герб, противоположное случайное событие \bar{A} происходит тогда и только тогда, когда выпадает решка. Соответствующая алгебра случайных событий

$$\{V, A, \bar{A}, U\}.$$

Пример 4. Стохастический эксперимент состоит в измерении определенной величины, которая может принимать неотрицательные значения. После эксперимента для произвольного замкнутого слева полуинтервала $[a, b) \subset [0, +\infty)$ можно ответить на вопрос о принадлежности результата измерения этому полуинтервалу (но не о точном значении данной величины). Соответствующая алгебра случайных событий состоит из невозможного события, достоверного события и всех событий, каждое из которых состоит в принадлежности результата измерений некоторому конечному объединению замкнутых слева полуинтервалов на неотрицательной полуоси.

Пусть A, B – случайные события некоторого стохастического эксперимента. Говорят, что из события A следует событие B , если всегда, когда в данном эксперименте происходит событие A , происходит и событие B . Обозначение: $A \subset B$. Случайные события A, B называются равными, если $A \subset B$ и $B \subset A$.

Пусть $\{A_\alpha \mid \alpha \in T\}$, где T – множество индексов, – семейство случайных событий. Событие, состоящее в том, что происходит по крайней мере одно случайное событие из семейства случайных событий $\{A_\alpha \mid \alpha \in T\}$, называется суммой этого семейства случайных событий и обозначается

$$\sum_{\alpha \in T} A_\alpha.$$

Сумма конечного семейства случайных событий является случайным событием, т. е. элементом алгебры случайных событий.

Разностью $A - B$ случайных событий A, B называется случайное событие, состоящее в том, что (в данном эксперименте) случайное событие A происходит, а B не происходит. Вследствие равенства $A - B = A\bar{B}$, разность случайных событий является случайным событием.

Отметим такое свойство отношения следования: если $A \subset B$, то

$$B = A + (B - A). \quad (1)$$

Приведем доказательство равенства (1) на языке событий. Пусть происходит случайное событие B . Если происходит событие A , то, по определению суммы событий, происходит событие правой части (1). Если событие A не происходит, то происходит событие $B - A$, и, следовательно, происходит событие правой части (1). Таким образом, из левой части равенства (1) следует правая. Теперь предположим, что происходит

событие правой части (1). Тогда происходит одно из событий A , $B - A$. Если происходит событие A , то, в силу соотношения $A \subset B$, происходит событие B . Если происходит событие $B - A$, то из определения разности событий следует, что происходит событие B . Следовательно, из правой части равенства (1) следует левая. Равенство (1) доказано.

Определение 1 [3, 4, 6]. Случайное событие $E \neq V$ называется элементарным событием, если для произвольного случайного события A имеет место одно из соотношений:

$$E \subset A \text{ или } E \subset \bar{A}.$$

В примере 3 события A и \bar{A} являются элементарными. Определение 1 элементарного события назовем эвристическим.

Согласно эвристическому определению, в отличие от ситуации в рамках аксиоматики теории вероятностей, элементарное событие является случайным событием.

Алгебра случайных событий не обязательно содержит элементарные события. Иначе говоря, элементарные события не обязательно существуют как элементы алгебры случайных событий.

Предложение 1. Алгебра случайных событий в примере 4 не содержит элементарных событий в смысле эвристического определения.

Доказательство. Предположим, алгебра случайных событий в примере 4 содержит элементарное событие. Обозначим его через E . Пусть это событие состоит в том, что результат измерения попал в конечное объединение замкнутых слева полуинтервалов

$$[a_1, b_1) \cup [a_2, b_2) \cup \dots \cup [a_s, b_s).$$

Рассмотрим событие A , состоящее в том, что результат измерения попал в полуинтервал $[a_1, c_1)$, где $a_1 < c_1 < b_1$. Тогда оба отношения следствия

$$E \subset A, E \subset \bar{A}$$

ложны. Следовательно, E не является элементарным событием. Таким образом, алгебра случайных событий примера 4 элементарных событий не содержит. Предложение доказано.

Предложение 2. Пусть E_1, E_2 – элементарные события в смысле определения 1 в некоторой алгебре случайных событий. Тогда

$$E_1 = E_2 \text{ или } E_1 E_2 = V.$$

Доказательство. В силу определения элементарного события,

$$E_1 \subset E_2 \text{ или } E_1 \subset \bar{E}_2,$$

и, симметрично,

$$E_2 \subset E_1 \text{ или } E_2 \subset \bar{E}_1.$$

Если

$$E_1 \subset E_2 \text{ и } E_2 \subset E_1, \text{ то } E_1 = E_2.$$

Если

$$E_1 \subset E_2 \text{ и } E_2 \subset \bar{E}_1,$$

то элементарные события E_1, E_2 исключают друг

друга, то есть $E_1 E_2 = V$.

Если $E_1 \subset \bar{E}_2$, то события E_1, E_2 не могут быть реализованы в одном и том же стохастическом эксперименте, то есть, как и выше, $E_1 E_2 = V$. Предложение доказано.

Предложение 3. Случайное событие $E \neq V$ является элементарным в смысле эвристического определения тогда и только тогда, когда для произвольного случайного события $B \neq V$ такого, что $B \subset E$, следует, что $B = E$.

Доказательство. Необходимость. Пусть случайное событие $E \neq V$ является элементарным в смысле эвристического определения. Пусть $B \neq V, B \subset E$. Согласно определению 1,

$$E \subset B \text{ или } E \subset \bar{B}.$$

Если $B \subset E$ и $E \subset B$, то $B = E$. Если $B \subset E$ и $E \subset \bar{B}$, то случайные события B и \bar{B} происходят в результате реализации одного и того же стохастического эксперимента, что невозможно для случайного события $B \neq V, B \neq U$. Но $B \neq U$ вследствие соотношения $E \subset \bar{B}$. Следовательно, $B = E$.

Достаточность. Пусть $E \neq V$ и для произвольного случайного события $B \neq V$ такого, что $B \subset E$, следует, что $B = E$. Предположим, что случайное событие E не является элементарным в смысле определения 1. Тогда существует такое случайное событие C , что

$$E \not\subset C \text{ и } E \not\subset \bar{C}.$$

Нетрудно видеть, что $C \neq V, C \neq U$. Рассмотрим случайное событие $B = EC$. Если $B = V$, то $E \subset \bar{C}$, что противоречит соотношению $E \not\subset \bar{C}$. Пусть $B \neq V$. Так как $B \subset E$, то $B = E$. Но, если $E = EC$, то $E \subset C$, что противоречит соотношению $E \not\subset C$. Следовательно, случайное событие $E \neq V$ является элементарным в смысле эвристического определения.

Предложение доказано.

Определение 2 [5]. Случайное событие $E \neq V$ называется элементарным событием, если в алгебре событий имеется лишь два случайных события, для которых E является следствием: невозможное событие и само E .

Вследствие предложения 3, определение 1 и определение 2 элементарного события эквивалентны.

Говорят, что алгебра случайных событий обладает полной группой элементарных событий, если существует семейство элементарных событий $\{E_\alpha \mid \alpha \in T\}$, где T – множество индексов, такое, что

$$\sum_{\alpha \in T} E_\alpha = U.$$

Это означает, что в результате стохастического экс-

перимента, алгебра случайных событий которого обладает полной группой элементарных событий, происходит ровно одно элементарное событие.

Так в примере 3 элементарные события A и \bar{A} составляют полную группу элементарных событий.

Теорема 1. Алгебра, состоящая из конечного числа случайных событий, обладает полной группой элементарных событий в смысле эвристического определения.

Доказательство. Если U является элементарным событием, то утверждение тривиально. В противоположном случае найдется такое случайное событие B , что $B \neq V, B \neq U, B \subset U$. Если событие B элементарно, то положим $E_1 = B$. Иначе найдется случайное событие $C \neq V, C \neq B, C \subset B$. Если C – элементарное событие, то положим $E_1 = C$ и т.д. В силу конечности алгебры случайных событий, цепочка рассуждений оборвется на конечном шаге. При этом будет найдено элементарное событие $E_1 \subset U$, причем вследствие равенства (1) будем иметь $U = E_1 + B_1$, где $B_1 = U - E_1$. Если B_1 – элементарное событие, то теорема доказана. В противоположном случае применим к случайному событию B_1 использованную выше цепочку рассуждений, что приведет к равенству $B_1 = E_2 + B_2$, где E_2 – элементарное событие, $B_2 = B_1 - E_2$. Таким образом, получим равенство $U = E_1 + E_2 + B_2$. Повторяем цепочку рассуждений

для B_2 и т.д. После i – той цепочки получим равенство $U = E_1 + E_2 + \dots + E_i + B_i$, где

E_1, E_2, \dots, E_i – различные элементарные события,

$B_i = U - (E_1 + E_2 + \dots + E_i)$. Вследствие конечности алгебры случайных событий, найдется число r , для которого $B_r = V, B_{r-1} \neq V$. Получим $U = E_1 + E_2 + \dots + E_r$. Теорема доказана.

В элементарной теории вероятностей [8, ст. 656, 657] ограничиваются стохастическими экспериментами с конечным числом исходов. Все подходящие для таких стохастических экспериментов алгебры случайных событий конечны. Поэтому алгебры событий в элементарной теории вероятностей всегда обладают полной группой элементарных событий в смысле эвристического определения.

Выводы. Аксиоматическое и эвристическое определения элементарного события различны. Элементарное событие в смысле аксиоматического определения может не быть случайным событием. Элементарное событие в смысле эвристического определения является случайным событием. Элементарные события в смысле аксиоматического определения существуют всегда, а в смысле эвристического определения могут не существовать. В элементарной теории вероятностей в произвольной алгебре случайных событий элементарные события в смысле эвристического определения существуют и образуют полную группу элементарных событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М., Наука, 1974. – 119 с.
2. Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Киев, «Вища школа», 1979, 408 с.
3. Скороход А.В. Вероятность вокруг нас. «Наукова думка», Киев, 1980. – 196 с.
4. Скороход А.В. Элементы теории вероятностей и случайных процессов. – Киев: Вища школа, 1980. – 344 с.
5. Краснитский С.М., Хилюк Л.Ф. Теория вероятностей и ее применение в задачах легкой промышленности: Учеб. пособие. – Киев: УМК ВО, 1991. – 144 с.
6. Королюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М., Наука, 1985. – 640 с.
7. Краснитский С.М., Пилипенко Ю.Н., Хилюк Л.Ф. Изложение концепции элементарного события в ходе изучения основ теории вероятностей. – Проблемы высшей школы, вып. 74. Киев, 1991, с. 84 – 93.
8. Математическая Энциклопедия. Т1 – М. «Советская Энциклопедия», 1977. – 1152 ст.

REFERENCES

1. Kolmogorov A.N. Basic Concepts of Probability Theory [in Russian]. – Moscow, Nauka, 1974. – 119 p.
2. Gikhman I.I., Skorokhod A.V., and Yadrenko M.I. Probability Theory and Mathematical Statistics [in Russian]. – Kyiv, Vischa shkola, 1979. – 408 p.
3. Skorokhod A.V. Probability Around Us [in Russian]. – Kyiv, Naukova Dumka, 1980. – 196 p.
4. Skorokhod A.V. Elements of Probability Theory and Stochastic Processes. – Kyiv, «Vuscha Shkola», 1980. – 344 p.
5. Krasnitskiy S.M. and Khilyuk L.F. Probability Theory and its Application to the Manufacturing Problems [in Ukrainian]. Tutorial. – Kyiv, Ukrainian Department of Highest Education, 1991. – 144 p.
6. Korolyuk V.S., Portenko N.I., Skorokhod A.V., Turbin A.F. Handbook of Probability Theory and Mathematical Statistics [in Russian]. – Moscow, Nauka, 1985. – 640 p.
7. Krasnitskiy S.M., Pilipenko Y.N. and Khilyuk L.F. The Presentation of the Concept of an Elementary Events in the Study of the Principles of Probability Theory // Problemi vischey shkoly, v. 74. – Kyiv, Ukrainian Department of Highest Education, 1991. – p. 84 – 93.
8. Encyclopaedia of Mathematics [in Russian]. T1 – Moscow, «Sovetskaya Encyclopaedia», 1977. – 1152 p.

On the Definition of an Elementary Event in Probability Theory S. M. Krasnitskiy, A. A. Kurchenko

Abstract. In this article two different approaches to the definition of an elementary event in probability theory are discussed. It is proved that an arbitrary finite algebra of the random events possesses a complete group of elementary events.

Keywords: probability theory, stochastic experiment, random event, elementary event.

MEDICINE

Effect of water and saline overload on the pyruvate kinase and glucose-6-phosphatase activities in the liver of streptozotocin diabetic rats

O. Yu. Kushnir, K. O. Kharchenko

Higher State Educational establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University"
Chernivtsi, UA

Corresponding author. E-mail: alexmini@mail.ua

Paper received 17.02.17; Accepted for publication 22.02.17.

Abstract. The aim of the present study was to evaluate the effect of water and saline overload on pyruvate kinase (PK) and glucose-6-phosphatase (G-6-Ph) activities in the liver of streptozotocin (STZ) diabetic rats. In streptozotocin diabetic rats under water and salt stress observed inhibition of glycolytic cleavage of glucose and increasing gluconeogenesis. These changes are more pronounced in the liver of diabetic rats undergoing saline load.

Keywords: water and saline overload, pyruvate kinase, glucose-6-phosphatase, liver, diabetic rats.

Introduction. Type 1 Diabetes Mellitus (T1DM) is a widespread chronic disease among children and adolescents [8]. This is a complex disease involving a combination of factors, such as genetic susceptibility, immunologic dysregulation and exposure to environmental trigger [18]. Liver plays a vital role in blood glucose homeostasis. Recent studies have provided considerable evidence that hepatic glucose production plays an important role in the development of fasting hyperglycemia in diabetes [14]. Salt plays an important role in the control of blood pressure in obesity and diabetes mellitus [13]. High-sodium intake may increase blood pressure and diabetes is a salt-sensitive condition [4].

Pyruvate kinase (PK, ATP-pyruvate-O-phosphotransferase, EC 2.7.1.40), which plays a metabolic role in bacteria, plants, and vertebrates, is found in various organisms. In mammalian tissues, there are 4 types of PK which are as follow: M1 isoenzyme that is found in skeletal muscle, heart and brain; M2 isoenzyme that is present in kidneys, adipose tissue, and lungs; R isoenzyme that exists in erythrocytes, and L isoenzyme found in liver [3].

PK isoenzymes control consumption of metabolic carbon for biosynthesis and use of pyruvate for energy production. The regulatory role of L-PK plays a crucial role in living organisms. Researches on glycation of intracellular proteins show high susceptibility of the enzymes to modification with methylglyoxal (MG) [3].

Despite many research studies on the importance of glycolysis in production of MG as a glycation factor, little data are available about modification of glycolytic enzymes. It has been shown that MG inhibits glycolysis in metastatic cells of Ehrlich tumor and leukemic leukocytes through the formation of glycated glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase (GAPDH). Furthermore, glycation of GAPDH from rabbit muscle as a result of treatment with MG leads to a significant decrease in the enzyme activity [3].

A recent study in PK activity on cultured fibroblasts isolated from type 1 diabetic patients with and without nephropathy showed a significant decrease in PK activity in diabetic fibroblasts with nephropathy compared to those of subjects without nephropathy and normal people [3].

Glucose 6-phosphatase (EC 3.1.3.9, G6Ph) is an enzyme that hydrolyzes glucose-6-phosphate, resulting in the crea-

tion of a phosphate group and free glucose. Glucose is then exported from the cell via glucose transporter membrane proteins. This catalysis completes the final step in gluconeogenesis and glycogenolysis and therefore plays a key role in the homeostatic regulation of blood glucose levels [14].

The aim of the present study was to evaluate the effect of water and saline overload on pyruvate kinase (PK) and glucose-6-phosphatase (G-6-Ph) activities in the liver of streptozotocin (STZ) diabetic rats [5].

Male Wistar rats weighing 180 +/- 50 g were made diabetic by injection with a single intraperitoneally (i.p.) dose of STZ (65 mg/kg b. w.) [1]. After the induction of diabetes, animals were maintained for 5 days with free access to standard rat chow and tap water [4, 12]. After 5 and 12 days was carried out to determine the level of glucose in vivo [16]. Blood was taken from the tail vein evaluate the basal glycemia level with the use of One Touch Ultra (LifeScan, USA) [16]. Water stress was carried out by introducing the animals water at the rate of 5% of body weight. Saline loading diabetic rats was performed by introducing a 0,1% NaCl at a rate of 5% of the body weight of rats. Blood and tissue samples were collected at day 12 post STZ injection (from diabetic group serum glucose level significantly elevated < or = 300 mg%, p < or = 0.05) [1]. The animals were divided into groups : 1) intact rats (the control group); 2) STZ- diabetic rats with overt (basal glycemia >150 mg%) diabetes; 3) animals with overt diabetes undergoing water stress; 4) animals with overt diabetes undergoing saline stress. Determinations of basal levels of glucose, activities of pyruvate kinase (PK) and glucose-6-phosphatase (G-6-Ph) in the liver were by standard methods [2].

Results.

Our results (Tab.) showed changes in activity of the enzymes studied in STZ-diabetic rats: the activity of PK was 42% lower and the activity of G-6-Ph was higher 182% respectively compared with the same indexes of control rats.

Notable are the studies that found the altered activities of the key enzymes of carbohydrate metabolism such as hexokinase, pyruvate kinase, glucose-6-phosphate dehydrogenase, glucose-6-phosphatase, fructose-1,6-bisphosphatase [2, 12]. Other studies have shown that [1, 16], liver function, nitric oxide (NO), malondialdehyde and

phosphoenol pyruvate carboxykinase were significantly increased, while superoxide dismutase, reduced glutathione, total protein, lactate dehydrogenase, pyruvate kinase and hexokinase were inhibited after STZ treatment. So, diabetes in rat liver is accompanied by increase phosphorylation of glycogen and gluconeogenesis; by decrease glycolysis and characterized by reduction in the activity of antioxidant enzymes [6, 10, 11].

Table. Changes of pyruvate kinase and glucose-6-phosphatase activities on a background of streptozotocin diabetes in rats which had water or saline stress ($\bar{x} \pm Sx$, n=6)

Indexes Groups	Pyruvate kinase, mkmol / min × g tissue	Glucose-6- phosphatase, mcg (P)/min×g tissue
1. Control group	51,2±2,28	21,9±1,83
2. Overt diabetes	29,8±2,11 ^a	61,8±4,15 ^a
3. Overt diabetes + water stress	24,5±1,87 ^a	58,5±3,77 ^a
4. Overt diabetes + saline stress	11,9±1,75 ^{a,b,c}	93,2±4,63 ^{a,b,c}

1. a, b, c - changes are reliable ($p \leq 0,05$).

2. a - concerning control (intact) rats ; b - concerning rats with overt diabetes;

c - concerning rats with overt diabetes which had water stress.

Activation of gluconeogenesis explains the relative benefit of glucocorticoids, which induce the synthesis of key enzymes of gluconeogenesis. PK activity in the liver is reduced only under conditions of absolute deficiency of insulin, which leads to a decrease in ATP synthesis, in particular through substrate phosphorylation. Histological examination of diabetic liver showed necrosis and degenerative changes of hepatocytes [1].

According to the results obtained in the liver of rats with STZ diabetes, which had water or saline stress, decreased activity of PK and increased activity of G-6-Ph by an average of 65% and 245% respectively compared with the same indexes of control rats. These changes are more pronounced in the group of diabetic rats undergoing saline load. In the liver of animals of this group activity of PK was 52% lower, and the activity of G-6-Ph was 61% higher than in diabetic rats undergoing water stress. There was no significant difference between the performance of diabetic rats without stress and diabetic rats with water loading. It is

well known that fluid overload has a higher predictive value of an elevated risk for renal progression than diabetes in late chronic kidney disease [9].

It is known that, the main neurohumoral mechanisms of salt-induced cardiovascular changes in STZ-diabetes are increased sodium and vascular sensitivity to adrenergic stimuli, which act in combination to produce a final result of higher arterial pressure levels [4]. In other studies indicated that defects in the effects of NO, endothelin, and ATP increase blood pressure, especially in a NaCl-sensitive manner. In diabetes, disruption of NO-induced inhibition of transport may contribute to increased blood pressure and renal damage [7]. Other results show that paraoxonase 1 activity is decreased in fructose-fed insulin-resistant rats on a high-salt diet, which may be associated with increased oxidative stress, leading to inflammation [15].

Diabetic nephropathy (DN) is a major cause of end-stage renal disease (ESRD) affecting nearby 20%–30% of diabetic patients worldwide. Therefore, preventing DN as a serious microvascular complication of IDDM to reduce the risk of ESRD is a clinical priority [17].

Mechanisms by which kidney glomerular, interstitial, and vascular functions are injured consist of inflammation, oxidative stress, endothelial dysfunction, and accelerated fibrosis. Endothelium dysfunction that has been described in DM consists of impairment in many aspects of endothelial functions including anti-inflammatory, antiproliferative, and vasodilatation. In vessels, a balance between vasodilatation and vasoconstriction is achieved by normal endothelial function. Vascular inflammation is a result of combining damage in vasomotor response, augmenting cell proliferation, increasing platelet aggregation, and vascular permeability. Furthermore, endothelial dysfunction has been reported as the early sign of atherosclerosis and atherogenesis. The renin–angiotensin–aldosterone system (RAAS) has a main role in the progression of DN. Inhibition of the renin-angiotensin system (RAAS) may be effective in preventing DN through amending all above mentioned complications [17].

Conclusion. In streptozotocin diabetic rats under water and salt stress observed inhibition of glycolytic cleavage of glucose and increasing gluconeogenesis. These changes are more pronounced in the liver of diabetic rats undergoing saline load.

REFERENCES

1. Aly H.F. Comparative effects of zinc, selenium and vitamin E or their combination on carbohydrate metabolizing enzymes and oxidative stress in streptozotocin induced-diabetic rats / H.F. Aly, M.M. Mantawy // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* - 2012. - Vol. 16, № 1. - P. 66 - 78.
2. Ameliorating effect of eugenol on hyperglycemia by attenuating the key enzymes of glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats / Srinivasan S, Sathish G, Jayanthi M // *Mol Cell Biochem.* - 2014. - Vol. 385, № 1-2. - P. 159 -168.
3. Aminoguanidine partially prevents the reduction in liver pyruvate kinase activity in diabetic rats / Alimohammad Amiri Majd, Mohammad Taghi Goodarzi, Taghi Hassanzadeh // *Adv Biomed Res.* - 2014. - № 3. - P. 260.
4. Chronic salt loading and cardiovascular-associated changes in experimental diabetes in rats / Maeda C1, Schaan B, Oliveira E // *Clin Exp Pharmacol Physiol.* - 2007. - Vol. 34, № 7. - P. 574 - 580.
5. Effect of sodium overload on renal function of offspring from diabetic mothers / L. Rocco, F.Z. Gil, T.M. da Fonseca Pletiskaitz, M. de Fátima Cavanal, G.N. Gomes // *Pediatr Nephrol.* - 2008. - Vol. 23, № 11. - P. 2053 - 2060.
6. Effects of melatonin on the glutathione system in the blood of alloxan diabetic rats / Igor Gerush, Taras Boichuk, Iryna Yaremii, Olexandra Kushnir, Oleg Gerush // *IUBMB-FEBS (03. 09. 2012 - 09. 09. 2012).* - 2012. - Journal 279, Suppl. 1. - P. 88.
7. Garvin J.L. Regulation of renal NaCl transport by nitric oxide, endothelin, and ATP: clinical implications / J.L. Garvin, M. Herrera, P.A. Ortiz // *Annu Rev Physiol.* - 2011. - Vol. 73. - P. 359 - 376.
8. Gómez-Rico I. Type 1 Diabetes mellitus: Brief review of the main associated psychological factors / Gómez-Rico I, Pérez-Marín M, Montoya-Castilla I. // *An Pediatr (Barc).* - 2014. - pii: S1695-4033(14)00179-9. doi: 10.1016/j.anpedi.2014.04.003.
9. Is fluid overload more important than diabetes in renal progression in late chronic kidney disease? / Tsai YC1, Tsai JC2, Chiu YW2 // *PLoS One.* - 2013. - Vol. 8, - № 12. - :e82566. doi: 10.1371/journal.pone.0082566.

10. Kushnir A. Impact of melatonin on the activity of pyruvate kinase in the liver of alloxan – diabetic and tetrachlormethane intoxicated rats exposed to light deprivation / A. Kushnir, I. Yaremii, A. Malinevskaya // European Applied Sciences (ISSN 2195 - 2183). – 2014. - №2. – P. 35 – 37.
11. Kushnir Olexandra The effect of Melatonin on antioxidant system during Diabetes Mellitus / Olexandra Kushnir, Iryna Yaremii // XV International Congress ["Health and Education in the XXI century" (Metabolic syndrome - byorytm and melatonin)] (27-30 November 2013, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow). – 2013. – T. 15, № 1 – 4. – С. 40 – 43.
12. Modulatory effects of morin on hyperglycemia by attenuating the hepatic key enzymes of carbohydrate metabolism and β -cell function in streptozotocin-induced diabetic rats / P. Vanitha, C. Uma, N. Suganya // Environ Toxicol Pharmacol. – 2014. – Vol. 37, № 1. – P. 326 - 335.
13. Physiological changes induced by salt intake in female Spontaneously Diabetic Torii-Lepr(fa) (SDT fatty) rat, a novel obese type 2 diabetic model / Y. Katsuda, Y. Kemmochi, M. Maki // Anim Sci J. – 2014. – Vol.85, № 5. – P. 588 - 594.
14. Prasath G.S. Fisetin improves glucose homeostasis through the inhibition of gluconeogenic enzymes in hepatic tissues of streptozotocin induced diabetic rats / G.S. Prasath, S.I. Pillai, S.P. Subramanian // Eur J Pharmacol. – 2014. - pii: S0014-2999(14)00535-4. doi: 10.1016/j.ejphar.2014.06.065.
15. Salt overload in fructose-fed insulin-resistant rats decreases paraoxonase-1 activity / W.C. Dornas, W.G. de Lima, R.C. Dos Santos et al. // Nutr Metab (Lond). – 2012. – Vol. 27, № 9(1). – P. 63.
16. Tanedja Krishna PROTECTIVE EFFECTS OF MELATONIN IN ALLOXAN DIABETIC RATS UNDER CONDITIONS OF CONSTANT DARKNESS / Tanedja Krishna, Iryna Yaremii, Olexandra Kushnir // 24-th European Students' Conference ["Exploring the unknown "] (Berlin, Germany 4-7 September, 2013). – Berlin : Charite, 2013. – ESCID 396.
17. The Effects of Blocking Angiotensin Receptors on Early Stages of Diabetic Nephropathy / Alaleh Gheissari, Shaghayegh H Javanmard, Roohollah Shirzadi // Int J Prev Med. – 2012. - № 3, Vol.7. - 477–482.
18. Understanding type 1 diabetes: etiology and models / Acharjee S, Ghosh B, Al-Dhubiab BE, Nair AB // Can J Diabetes. – 2013. – Vol. 37, № 4. – P. 269 - 276.

Влияние перегрузки водой и солевым раствором на активность пируваткиназы и глюкозо-6-фосфатазы в печени крыс со стрептозотоциновым диабетом

А.Ю. Кушнир, К.А. Харченко

Аннотация. Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы оценить эффект водной и солевой нагрузки на активность пируваткиназы и глюкозо-6-фосфатазы в печени крыс со стрептозотоциновым диабетом. В диабетических крыс под действием водного и солевого стресса наблюдается торможение гликолитического расщепления глюкозы и увеличения глюконеогенеза. Эти изменения более выражены в печени диабетических крыс подвергающихся солевой нагрузке.

Ключевые слова: водная и солевая перегрузки, пируваткиназа, глюкозо-6-фосфатаза, печень, диабетические крысы.

Indicators of cytokine regulation and pathogenetic ground for applying of Tivortin in patients with multidrug-resistant pulmonary tuberculosis

L. D. Todoriko, I. V. Ieremenchuk, M. P. Fedirtsan,
A. O. Kiril, O. V. Savchuk, O. V. Golovachuk

HSEI of Ukraine «Bukovinian State Medical University», Chief of the Department of Phthisiology & Pulmonology, Chernivtsi, Ukraine
*Corresponding author. E-mail: pulmonology@bsmu.edu.ua

Paper received 26.01.17; Accepted for publication 02.02.17.

Abstract. Production of IL-6 and IL-10 in TB patients is independent of drug resistance, but increases in response to increased synthesis of endotoxins by MBT; the magnitude of endogenous intoxication and cytotoxic hypoxia creates prerequisites for the development of drug resistant strains. The IL-18/IL-10 ratio in these patients characterizes the increase in severity of the patient's state, the spread of inflammation processes in the lungs and the development of drug resistance. Optimizing Tivortin pathogenetic therapy positively influences on the specific inflammation. It has been observed more rapid term of MBT cessation (an average of $3,8 \pm 0,7$ months) in 75% of patients.

Keywords: tuberculosis, multidrug-resistant, interleukins, Tivortin.

Introduction. According to WHO Ukraine ranks 1-st in the ratio multidrug-resistant tuberculosis (MDR TB) among patients receiving re-treatment (79.4 %) [4]. In Ukraine MDR TB diagnosed in 16 % of patients who first diagnosed TB and 44 % of patients with recurrent disease.

Drug resistant TB – is the form in which the patient identifies Mycobacterium tuberculosis resistant to one or more anti-TB-drugs, as confirmed by a laboratory test drug susceptibility [3]. In patients with pulmonary TB drug resistance reaches 81 % [4]. Among the varieties the most concern is the stability MDR TB that may be the cause of extensively drug resistant TB (XDR).

It remains unclear the role of cytokines in the development of resistance of mycobacteria to anti-TB-drugs. Also, are not yet identified markers that reflect the progression of pathological process in multidrug-resistant tuberculosis, and was not set their predictive role in assessing the success of anti-tuberculosis chemotherapy in standardized programs [1, 2, 3].

Aim. Determine the features of cytokine regulation in patients with multidrug-resistant pulmonary tuberculosis and their role in development of the systemic inflammatory response, pathogenetic ground for applying of Tivortin.

Material and methods. Were enrolled 116 patients with pulmonary TB. All subjects were randomized in 3 study cohorts: cohort 1 (41 subjects) were included patients with newly diagnosed pulmonary TB, with preserved sensibility to TB drugs; cohort 2 (63 subjects) were included MDR TB patients with confirmed resistance to at least 3 first line TB drugs (HRS), cohort 3 (12 subjects) were included patients with XDR TB, control group (20 subjects) were included healthy humans Clinical, radiological, biochemical, microscopic, microbiological, immune-enzymatic and statistical study (ANOVA and Pearson correlation) methods were used.

The chemotherapy (ChT) program included 34 MDR TB patients, which are divided into two groups. Group 1 (gr.1 – control) included 18 patients treated with standard chemotherapy and hepatoprotector Karsil (1-2 tablets 3 times a day) for 2 months. Group 2 (gr.2 – main) included 16 MDR TB patients who were administered nitrogen monoxide donator – Tivortin (producer LLC «Yria Farm»), 4.2% solution for infusion (100 ml intravenously daily per 10 days) then 10-day break with followed con-

tinuation for another 10 days. Subgroup A – before treatment; subgroup B – in treatment dynamics. Efficiency of optimized pathogenetic Tivortin therapy evaluated in dynamics for clinical symptoms, some blood biochemical parameters, cytokine balance, nitrogen monoxide level, chest X-ray data and the term of MBT cessation.

Results and discussion. We carried out a comparative analysis of certain pro- and anti-inflammatory cytokines (Chart 1) that shows a significant increase in the plasma concentration of cytokines in TB groups vs. control group, and we determined the probability of the dependence of these parameters upon the resistance profile of the MBT. So, the blood concentrations of IL-6 in all groups TB groups were significantly increased compared to control group, there was a 11.08 fold increase in group 1, 13.9 fold increase in group 2, and 4 fold increase in group 3 of IL-6 level ($p < 0.001$). A significant intergroup difference was found of plasma concentration of IL-6 between patients with sensitive and resistant TB (Chart 1). Thus, the level of IL-6 in group 2 was 1.7 fold increased, compared to group 1 ($p < 0.01$). However, in patients of group 3 marked reduction in IL-6 concentration was compared to group 1 – 2.8 fold ($p < 0.001$) and group 2 – 3.5 fold ($p < 0.001$). Low values of IL-6 in patients XDR TB, in our opinion, can lead to chronic carrier of intracellular infection, rapidly progressive course of the inflammatory process, which poorly responds to anti-TB treatment and, probably, is one of the factors producing their own XDR TB forms due to prevalence of humoral immune responses [2, 3, 5].

A pronounced activation of all phases of the inflammatory process in all study cohorts compared to control group, probably, is indicated by the increase in the level of anti-inflammatory IL-10 (Chart 1). Thus, in group 1 level of IL-10 increased by 2.3 folds, in group 2 – 1.8 folds, in group 3 – by 1.9 folds ($p < 0.001$), this indicate on inhibition of cellular immunity and perhaps the beginning of specific chronic inflammatory process. The plasma concentration of IL-10 in sensitive TB patients has increased by 1.2 folds compared to group 2 and 3 ($p_1 < 0.001$, $p_2 < 0.01$). There were no statistically significant differences in concentration of IL-10 in group 2 and 3 ($p_3 > 0.4$).

Chart 1. Plasma concentrations of certain cytokines in sensitive and resistant pulmonary tuberculosis patients

Cytokines	Control group (n=20)	Group 1 (n=41)	Group 2 (n=63)	Group 3 (n=12)
IL-6* (pg/ml)	1.708±0.015	18.92±14.17 p<0.001	23.70±13.39 p<0.001 p ₁ <0.01	6.84±5.4 p<0.001 p ₂ <0.01 p ₃ <0.001
IL-10 (pg/ml)	1.79±0.127	4.2±0.75 p<0.05	3.38±0.79 p<0.001 p ₁ >0.001	3.55±0.23 p<0.001 p ₂ <0.01 p ₃ >0.4
IL-18 (pg/ml)	268.34±101.74	537.67±276.67 p<0.001	329.32±148.10 p<0.1 p ₁ <0.001	194.11±81.89 p<0.05 p ₂ <0.001 p ₃ >0.05

Note: Data are presented as average and standard error (M±m). p – significance level related to control group; p₁ – significance level between group 1 and 2; p₂ – significance level between group 1 and 3; p₃ – significance level between group 2 and 3. * – interleukine.

The activity of IL-18, whose role is to improve the resistance to intracellular pathogens and is essential for the formation of anti-TB acquired immunity, significantly increased in sensitive and MDR TB patients compared to control group. For example, in group 1 there is a 2 fold IL-18 increase (p<0.001), respectively, in group 2 – 1.2 fold (p<0.1). However, in patients XDR TB there is a tendency to reduce the plasma concentration of this cytokine below the level of control group. The level of IL-18 in group 3 decreased by 1.4 folds in comparison with control group (p<0.05). Intergroup difference of plasma concentration of IL-18 in sensitive and MDR TB patients was proved. Thus, in group 2 vs. group 1 there is a 1.6 folds decrease of IL-18 (p₁<0.001), IL-18 decrease in group 3 vs. group 1 was of 2.7 folds (p₂<0.001). Also, there is a decrease of IL-18 concentration in group 3 of 1.7 folds compared to group 2 (p₃<0.05). The difference in plasma concentration of IL-18 in sensitive and MDR TB patients is on the ultimate level of statistical significance (p_{1,2}<0.001).

In our opinion, the production of IL-6 and IL-10 in TB patients, regardless of resistance, raise in response to increased synthesis of MBT endotoxins, increase of endogenous intoxication and cytotoxic hypoxia, all these create prerequisites for the development of resistance. What caused the lack of correlation between the IL is not yet clear, however, this fact is not crucial, as the most important prognostic criterion is the imbalance in the IL-18/IL-10 ratio; with an increase in the severity of the patient’s condition, the spread of inflammation processes in the lungs and the development of drug resistance; there is a significant bulk of the Tx-lymphocyte type 2 (CD4+), which indicates the development of deep gap in cellmediated immune response and prevalence of an ineffective anti-inflammation immune activation. The increase in IL-6 plasma concentration, probably, indicates a high activity of systemic inflammatory response, which is maximally expressed in MDR TB patients (23.70±13.39). This cytokine plays a key role in the development of inflammation, immune response to infectious factor and lung tissue damage with the formation of massive destructive changes that were present in patients groups assessed by us. IL-6 plays a special role as „hepatocyte activating factor”,

which induce the synthesis of acute-phase proteins in the framework of systemic inflammatory response that leads to emerge of specific inflammation process outside the pulmonary tissue and activation of systemic inflammatory response syndrome.

High levels of IL-10 in patients with pulmonary TB have a favorable prognostic impact, because multifunctional properties of IL-10, ability to inhibit the synthesis of most proinflammatory cytokines and block apoptosis of macrophages and monocytes play an important role in the formation of a limited specific inflammation in the broncho-pulmonary parenchyma. Given the fact, those in MDR TB and XDR TB patients’ levels of IL-10 is not too high and are infinitely lower than in newly diagnose TB patients, in such patients widespread, disseminated TB forms dominate over infiltrative forms (ratio 1:2).

The studies have shown that patients with MDR TB by Tivortin optimizing pathogenetic treatment better tolerability of ChT, more rapid detoxication (81.8% patients per 1,2±0,1 months) and bronchopulmonary (in 90.9% of subjects per 2,7±0,3 months) syndromes were recorded.

Is established that inclusion Tivortin into the program of pathogenetic treatment while ChT intensive phase promotes the normalization liver functional activity, therefore low cytolytic activity of AST and ALT enzymes, prevents the development of drug-associated parenchymatous hepatitis, accompanied by the absence of clinical symptoms characteristic for acute toxicity liver disease (associated with the use of pyrazinamide and levofloxacin).

The results showed reduction of pro-inflammatory IL-6 and increase the ratio of anti-inflammatory IL-10 and IL-18 testify to the activation of the immune response Th-1 type, aimed, to restrict the specific inflammation within the affected site at Tivortin pathogenetic usage in the intensive phase of chemotherapy.

Refining pathogenetic therapy with the inclusion into the treatment program Tivortin enhances the effectiveness of standard chemotherapy, being characterized by the positive roentgenologic dynamics. So partial resorption of focal changes in the main group were in 62.5%; infiltrative – in 68.8%; destructive changes regression in – 75%; in the control group (gr.1B) was slight tendency to positive dynamics of X-ray changes within rentgencontrol period.

Microscopic and cultural studies in the control group observed a steady of MBT cessation only in 27.8% of cases, 72.2% – of MBT reverse by those who ChT inter-

rupted because of the development drug-induced liver injury in 83.3% of patients. Thus dyspeptic syndrome appeared in 13.3% of patients, asthenovegetative 20%, hepatomegaly in 26.7%, syndrome combinations were observed in 40%. In the main group subsequently detected a steady of MBT cessation in 100% of cases and, development of drug-induced liver injury was not observed.

Conclusions.

1. Assessment of IL-6 plasma concentration in pulmonary MDR TB vs. sensible TB patients revealed a significant 1.7 folds increase ($p_1 < 0.01$), and, respectively, a significant 1.2 folds decrease in the level of IL-10 and IL-18 ($p_1 < 0.001$), these confirm the strengthening of endogenous intoxication, cytotoxic hypoxia and activation «systemic inflammatory response» syndrome.

2. Assessment of plasma concentration of certain pro-and anti-inflammatory cytokines in MDR TB patients showed that it is dependent on the profile of MBT resistance to anti-TB drugs. Plasma concentration of IL-10 in MDR and XDR TB patients is significant lower than in

sensible TB patients and correlates with the prevalence in MDR TB patients of widespread/disseminate TB forms over infiltrative TB forms (1:2 ratio).

3. It was established that the usage of Tivortin in patients with MDR TB prevents enhance of cytolytic activity of AST and ALT enzymes. Their level remained in the normal range (43.15 ± 2.9 U/l and 37.97 ± 2.3 U/l).

4. Comparative analysis of pro- (IL-6, IL-18) and anti-inflammatory (IL-10) cytokines in plasma contents of patients with MDR TB testify to the activation of the immune response Th-1 type, aimed, to restrict the specific inflammation within the affected lung at Tivortin pathogenetic usage in the intensive phase of chemotherapy.

5. Optimizing Tivortin pathogenetic therapy positively influences on the specific inflammation so partial resolution of focal changes occurred in 62.5% of cases; infiltrative – in 68.8%; destructive changes regression – in 75% of patients. It has been observed more rapid term of MBT cessation (an average of 3.8 ± 0.7 months) in 75% of patients.

REFERENCES

1. Correlation between interleukin-10 and in situ necrosis and fibrosis suggests a role for interleukin-10 in the resolution of the granulomatous response of tuberculous pleurisy patients / T. Barbosa, S. Arruda, M. Chalhoubetal [et al.] // *Microbes. Infect.* – 2006. – Vol. 8, № 3. – P. 889 – 897.
2. Elevated serum level of interleukin (IL)-18, interferon (IFN)-gamma and soluble Fas in patients with pulmonary complications in tuberculosis / S. El-Masry, M. Lotfy, W.A. Nasif et al. // *Acta. Microbiol. Immunol. Hung.* – 2007. – Vol. 54, № 1. – P. 65 – 77.
3. Gamal A. Circulating Interleukin-18 and Osteopontin in Pulmonary Tuberculosis Patients and Their Correlation With Disease Activity / A. Gamal, Amer and Ahmed G. El-Gazzar // *Egyptian Journal of Medical Microbiology.* – 2008. – Vol. 17, №. 3. – P. 405-410.
4. Global tuberculosis report 2016: WHO [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.who.int/tb/publications/global_report/en/

Показатели цитокиновой регуляции и патогенетическое обоснование для применения Тивортина у больных с мультирезистентным туберкулезом легких

Л. Д. Тодорико, И. В. Еременчук, М. П. Федирцан, А. А. Кирил, О. В. Савчук, О. В. Головачук

Резюме. Продукция ИЛ-6 и ИЛ-10 в группах больных ТБ независимо от резистентности возрастает в ответ на повышение синтеза эндотоксинов МБТ, нарастание эндогенной интоксикации и цитотоксической гипоксии, создает предпосылки для развития их резистентности. Дисбаланс соотношения ИЛ-18/ИЛ-10 у этих больных характеризует нарастание тяжести состояния пациента, распространенность воспалительного процесса в легких и формирование резистентности. Оптимизация Тивортином патогенетической терапии положительно влияет на специфического воспаления. Прекращение бактериовыделения произошло в более быстрый срок (в среднем 3.8 ± 0.7 месяцев) у 75% пациентов.

Ключевые слова: туберкулез, мультирезистентный туберкулез легких, интерлейкины, Тивортин.

TECHNICAL SCIENCES

Проблема визначення точності компарування амплітудних значень сили змінного струму

В. В. Ісаєв

ДП «Укрметртестстандарт»
Corresponding author. E-mail: black-w@bigmir.net

Paper received 22.01.17; Accepted for publication 29.01.17.

Анотація. У статті розглянуто проблему калібрування компараторів змінного струму за амплітудною складовою похибки – струмовою похибкою. Такі компаратори застосовуються інженерами з метрології для визначення метрологічних характеристик масштабних перетворювачів. Використання компараторів повинно гарантовано забезпечувати коректність й простежуваність результатів вимірювань до системи SI. Поданий у статті метод дозволяє задовольнити зазначені вимоги. Метод калібрування за струмовою похибкою, котрий викладений у даній статті, базується на визначенні різниці між показами компаратора й еквівалентним значенням.

Ключові слова: компаратор, відносна різниця струмів, невизначеність вимірювань, простежуваність результатів вимірювань

Вступ. У повсякденній практиці інженерів прикладної метрології часто виникає завдання визначення відносної різниці двох близьких за амплітудою та початковою фазою сил змінного струму із високою точністю.

Під час визначення поправок за амплітудою (модулем) масштабних перетворювачів сили змінного струму (далі – МП) на практиці у вимірювальних лабораторіях реалізується метод порівняння за допомогою компаратора середньоквадратичного значення сили вихідного струму досліджуваного МП із середньоквадратичним значенням сили вихідного струму МП з відомою з прийнятною невизначеністю вимірювань (далі – НВ) струмовою похибкою.

Слід зазначити, що існує практична можливість використання компаратора безпосередньо у якості еталона під час визначення метрологічних характеристик (далі – МХ) прецизійних засобів гальванічної розв'язки у широкому діапазоні сили змінного струму, зокрема, в галузі метрологічного забезпечення лічильників електричної енергії, і, в такому випадку, виникає нагальна необхідність забезпечення простежуваності результатів вимірювань (далі – ПРВ) до міжнародної системи одиниць SI.

До цього слід додати, що широко розповсюджені на теренах країн СНД компаратори, котрі вироблені у другій половині минулого століття та до теперішнього часу знаходяться в експлуатації, часто-густо не мають достатньої кількості розрядів, щоб забезпечити необхідну бажану НВ [7].

Стислий огляд публікацій за темою. Публікації, які стосуються використання компараторів під час визначення МХ трансформаторів струму, переконують, що внеском стандартної невизначеності, спричиненої використанням компаратора, у загальну стандартну НВ, як правило, нехтують [3]. Це не дивно, враховуючи точність вимірювання, якої досягають сучасні компаратори, і котра становить для серійно вироблених приладів близько 0,5 % від результату вимірювання (далі – РВ), який становить, наприклад 0,1 %. Проте, в разі, коли РВ становить 0,001 %, внесок у загальну стандартну НВ, спричинений використанням такого компаратора, становитиме вже близько

20 % [5]. Досліджуваний метод є комбінацією відомих та реалізованих методів електричних вимірювань [2; 6].

Метою статті є пропозиція методу визначення МХ компаратора та оцінювання НВ під час його калібрування, а також забезпечення ПРВ до міжнародної системи одиниць SI в разі використання цього компаратора у якості еталону, а не засобу порівняння.

Матеріали та методи. Сучасний компаратор вітчизняного виробництва побудований таким чином, що має у своїй конструкції вимірювальний ланцюг, в якому відбувається виділення вектору сили струму, що являє собою результат векторного віднімання сили струму еталонного МП від сили струму досліджуваного МП. У цій вимірювальній схемі відбувається перетворення зазначеної сили струму, а також вихідної сили струму еталонного МП у напругу під час протікання через певний електричний опір. В подальшому вимірювальна інформація перетворюється на цифрові коди за допомогою аналого-цифрового перетворювача [5], проводиться обчислення відношення модуля вектору різниці сил струму до модуля вектору вихідної сили струму еталонного МП.

Для калібрування компаратору, враховуючи вимоги щодо точності за специфікацією та особливості національної еталонної бази України, доцільно використовувати еталонні засоби вимірювальної техніки, що мають ПРВ до національних еталонів одиниці змінної напруги, опору, а також часу та частоти.

Запропонований метод дозволяє визначати відхилення показів компаратора від еквівалентного значення під час вимірювання відносної різниці модулів сили струму еталонного та досліджуваного МП (далі – відносної різниці струмів) – калібрувати за струмовою похибкою – за використання вимірювальної схеми, представленої на рисунку 1.

Розглянемо елементи вимірювальної схеми для визначення відносної різниці струмів. Для калібрування компаратора необхідне стабільне джерело сили змінного струму, що має два канали вихідного струму. З першого виходу витікає струм I_d , сила якого становить відсотки та долі відсотків від сили струму I_e , що

витікає з другого виходу цього джерела. Елементи вимірювальної схеми з'єднані таким чином, що струм, який витікає з першого виходу створює падіння напруги $V1$ на еталонному магазині опорів $R1$, а також на резисторі $R3$, котрий є невід'ємною складовою конструкції досліджуваного компаратора. Сила цього струму сприймається компаратором як різниця між вектором сили струму еталонного МП та вектором сили струму досліджуваного МП, оскільки резистор $R3$ використовується для отримання інформації

про величину різниці між двома вхідними силами струму [5]. Струм, який витікає з другого виходу джерела струму створює падіння напруги $V2$ на еталонній котушці опору $R4$, а також на резисторі $R2$, котрий використовується у конструкції досліджуваного компаратора для отримання інформації про величину вхідної сили струму від еталонного МП. Двоканальний осцилограф необхідний для визначення кута β між векторами сил струму, що протікають через еталонні опори $R1$ та $R4$.

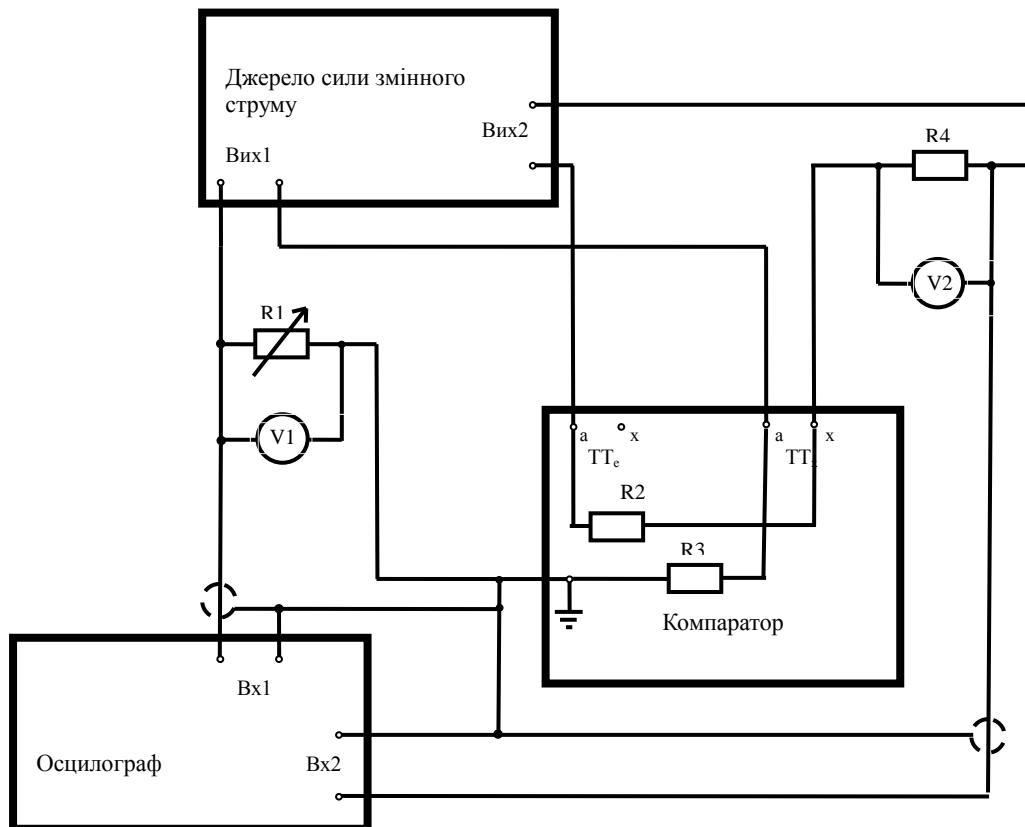


Рисунок 1. Електрична схема для калібрування компаратора за струмовою похибкою

Під час калібрування компаратора встановлюється НВ РВ, а саме результатів визначення Δf – відхилення показів компаратора f від еквівалентного (опорного) значення f_e під час вимірювання відносної різниці струмів. При використанні схеми, зображеної на рисунку 1 для калібрування компаратора пропонується враховувати наступні джерела НВ: коливання (розсіювання) показів компаратора, еталонних вольтметрів, їхні одиниці молодшого розряду показів (дискретність), НВ еталонних магазину опорів, котушки опору та вольтметрів за свідцтвом про калібрування чи специфікацією, нестабільність вихідних сигналів джерела сил змінного струму, електромагнітні завади, що унеможливають точне визначення кута зсуву фаз, розподілення сили вимірюваного струму між вхідним опором еталонного вольтметра $V1$ та еталонним опором $R1$, температурна залежність МХ елементів вимірювальної схеми.

Для складання математичного виразу, що пов'язує

опосередковано вимірювану величину f_e з вимірюваними вхідними величинами $V1$, $V2$, та інтервалом часу t між відповідними точками синусоїдальних сигналів $V1$, $V2$, необхідно згадати закон Ома та виразити кут β через t . Враховуючи зазначене, отримаємо:

$$I_{\Delta} = \frac{V1}{R1} \tag{1}$$

$$I_e = \frac{V2}{R4} \tag{2}$$

$$\beta = 100 \cdot \pi \cdot t \tag{3}$$

У загальному вигляді рівняння зв'язку між вхідними та вихідними величинами має вигляд (4). Підставляючи (1) - (3) у (4) та враховуючи поправки еталонних вольтметрів, опорів і розгалуження сили струму I_{Δ} , отримаємо рівняння зв'язку (5).

$$\Delta f = f - f_e = 100 + f - \sqrt{\frac{I_{\Delta}^2 \cdot \sin^2(\beta) + [I_e + I_{\Delta} \cdot \cos(\beta)]^2}{0,0001 \cdot I_e^2}} \tag{4}$$

$$\Delta f = 100 + f - \sqrt{K_{V1}^2 \cdot \frac{(V1 - \Delta_{V1} + \Delta_{V1}^T)^2}{(R1 - \Delta_{R1})^2} \cdot \sin^2(100 \cdot \pi \cdot t) + \left[\frac{V2 - \Delta_{V2} + \Delta_{V2}^T}{R4 - \Delta_{R4}} + K_{V1} \cdot \frac{V1 - \Delta_{V1} + \Delta_{V1}^T}{R1 - \Delta_{R1}} \cdot \cos(100 \cdot \pi \cdot t) \right]^2} \cdot 0,0001 \cdot \frac{V2 - \Delta_{V2} + \Delta_{V2}^T}{R4 - \Delta_{R4}} \quad (5)$$

У формулі (5) прийняті наступні позначення:
 K_{V1} – множник, що враховує розгалуження струму I_{Δ} ;
 Δ_{V1}, Δ_{V2} – відхилення показів еталонних вольтметрів $V1$ та $V2$ від відповідних значень національного еталону напруги змінного струму;
 $\Delta_{V1}^T, \Delta_{V2}^T$ – поправки до показів еталонних вольтметрів $V1$ та $V2$, що характеризують температурну залежність;

Δ_{R1}, Δ_{R2} – відхилення значень еталонних опорів $R1$ та $R4$ від відповідних значень національного еталону опору.

Результати та їх обговорення. Спираючись на отриману формулу (5) для оцінювання НВ складено бюджет невизначеності, котрий включає стандартні невизначеності за типом А та за типом В. Бюджет невизначеності представлений у таблиці 1.

Таблиця 1.

Вхідна величина		Стандартна невизначеність вхідної величини		Розподіл
Позначення	Оцінка	Позначення	Оцінка	
F	Середнє арифметичне \bar{f}	$S_{\bar{f}}$ (за типом А)	Середнє квадратичне відхилення середнього значення	Нормальний
		$f_{\text{омр}}$ (за типом В)	За специфікацією компаратору	Рівномірний
K_{V1}	За специфікацією еталонного вольтметра	$u_{(K_{V1})}$ (за типом В)	За специфікацією еталонного вольтметра	Рівномірний
$V1$	Середнє арифметичне $\bar{V1}$	$S_{\bar{V1}}$ (за типом А)	Середнє квадратичне відхилення середнього значення	Нормальний
		$V1_{\text{омр}}$ (за типом В)	За специфікацією еталонного вольтметра	Рівномірний
Δ_{V1}	За свідоцтвом про калібрування	$u_{(\Delta_{V1})}$ (за типом В)	За свідоцтвом про калібрування	Нормальний
Δ_{R1}	За свідоцтвом про калібрування	$u_{(R1)}$ (за типом В)	За свідоцтвом про калібрування	Нормальний
$R1$	За специфікацією магазину опору			
T	Середнє арифметичне \bar{t}	$u_{(t)}$ (за типом А)	За протоколом	Рівномірний
$V2$	Середнє арифметичне $\bar{V2}$	$S_{\bar{V2}}$ (за типом А)	Середнє квадратичне відхилення середнього значення	Нормальний
		$V2_{\text{омр}}$ (за типом В)	За специфікацією еталонного вольтметра	Рівномірний
Δ_{V2}	За свідоцтвом про калібрування	$u_{(\Delta_{V2})}$ (за типом В)	За свідоцтвом про калібрування	Нормальний
Δ_{V2}^T	За специфікацією еталонного вольтметра	$u_{(\Delta_{V2}^T)}$ (за типом В)	За специфікацією еталонного вольтметра	Рівномірний
Δ_{R4}	За свідоцтвом про калібрування	$u_{(R4)}$ (за типом В)	За свідоцтвом про калібрування	Нормальний
$R4$	За специфікацією котушки опору			
Δ_{V1}^T	За специфікацією еталонного вольтметра	$u_{(\Delta_{V1}^T)}$ (за типом В)	За специфікацією еталонного вольтметра	Рівномірний

Висновки. Метод визначення модуля вектора сили змінного струму, що являє собою різницю двох близьких за величиною векторів сили змінного струму, опис якого викладено вище, надає можливість забезпечити ПРВ за використання компаратора змінного струму в якості еталону чи пристрою порівняння під

час калібрування МП до національних еталонів одиниці змінної напруги, опору, а також часу та частоти.

Перспектива уточнення НВ під час калібрування компараторів обумовлена подальшим удосконаленням еталонної бази України [1], а також потребами економіки та технічним розвитком держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. O. Velychko – Ukrmetrteststandard, Kyiv, Ukraine – Complex of National Electrical Standards of Ukrainian National Metrological Institute “Ukrmetrteststandard” //СРЕМ 2006. – Conference on Precision Electromagnetic Measurements. Digest. – Torino, Italy. – 2006, 9-14 July. – P. 182-183.
2. Электрические измерения. Средства и методы измерений (общий курс). – Под ред. Е.Г. Шрамкова. – Москва: «Высшая школа». – 1972. – 520 с.
3. МКУ 059-29/08-2011 Метрология. Трансформаторы тока. Методика калибровки. – Киев: ГП «Укрметрестстандарт». – 2011. – 23 с.
4. Вторинний еталон одиниці коефіцієнта масштабного

- перетворення сили змінного струму. Керівництво з експлуатації. – Київ: ДП «Укрметртестстандарт». – 2007. – 12 с.
5. АМАК.411439.001 РЭ. Компаратор СА507. Руководство по эксплуатации. Часть 1. – Киев: ООО «ОЛТЕСТ». – 86 с.
6. АМАК.411439.001 РЭ. Компаратор СА507. Руководство по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки. – Киев: ООО «ОЛТЕСТ». – 60 с.
7. 3.489.010 ТО. Устройство поверки измерительных трансформаторов К535. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 81 с.

REFERENCES

1. O. Velychko – Ukrmetrteststandard, Kyiv, Ukraine – Complex of National Electrical Standards of Ukrainian National Metrological Institute “Ukrmetrteststandard” //СРЕМ 2006. – Conference on Precision Electromagnetic Measurements. Digest – Torino, Italy, 2006, 9-14 July. – P. 182-183.
2. Electrical measurements. Means and methods of measurement (general course). – Ed. E.G. Shramkova. – Moscow: "High school". – 1972. – 520 p.
3. МКУ 059-29/08-2011 Metrology. Current transformers. Methods of calibration. – Kiev: SE "Ukrmetrteststandard". – 2011. – 23 p.
4. Secondary standard of AC current's scale factor unit. Manual. – Kiev: SE "Ukrmetrteststandard". – 2007. – 12 p.
5. АМАК.411439.001 РЭ. Comparator CA507. Manual. Part 1. – Kiev: "OLTEST" LLC. – 86 p.
6. АМАК.411439.001 РЭ. Comparator CA507. Manual. Part 2: Methods of verification. – Kiev: "OLTEST" LLC. – 60 p.
7. 3.489.010 ТО. Device K535 for instrument transformers' calibration. Technical description and user manual. – 81 p.

The problem of defining comparison accuracy of AC current amplitude values

V. V. Isaiev

Abstract. The metrology engineers' daily tasks of determining the percentage difference between two similar in amplitude and initial phase AC currents with high accuracy are outlined in the article. The insurance of correctness and traceability of the measurement by the use of comparators during operations of calibration is discussed. The necessity of such measurements for providing the traceability of results to the SI units is also underlined. The opportunity to meet the mentioned requirements with help of the described method is determined too. The calibration method concerning the percentage AC current error as the difference between comparator's reading and equivalent value has been considered.

Keywords: *comparator, relative current difference, uncertainty of measurement, traceability of measurement results.*

Проблема определения точности компарирования амплитудных значений силы переменного тока

В. В. Исаев

Аннотация. В статье рассмотрена проблема калибровки компараторов переменного тока по амплитудной составляющей погрешности – токовой погрешности. Такие компараторы применяются инженерами по метрологии для определения метрологических характеристик масштабных преобразователей. Использование компараторов должно гарантировано обеспечивать корректность и прослеживаемость результатов измерений к системе СИ. Представленный в статье метод позволяет удовлетворить указанные требования. Метод калибровки по токовой погрешности, который изложен в данной статье, базируется на определении разности между показаниями компаратора и эквивалентным значением.

Ключевые слова: *компаратор, относительная разность токов, неопределенность измерений, прослеживаемость результатов измерений.*

Концепція реологічної моделі екоантропогенної остеодеструкції

В. Мельник^{1*}, А. Шостак¹, Ю. Мельник², Н. Муляр¹

¹Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

²Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

*Corresponding author. E-mail: melnykjulka@gmail.com

Paper received 17.01.17; Accepted for publication 25.01.17.

Анотація. Стаття присвячена дослідженню порового простору зразків тканин кісток для встановлення їх фізичних характеристик на різних стадіях онтогенезу за результатами РЕМ-досліджень. Отримані стереолого-планіметричні дані порового простору зразків пренатального і постнатального розвитку. Проаналізовано отримані гістограми розподілу пор за площами та сумарними площами та оцінено внесок цих пор в загальний поровий простір. За допомогою запропонованої методики також проведено дослідження процесу мікротріщиноутворення при екоантропогенному навантаженні. Зроблено спробу використати більш узагальнений підхід, який врахував би типові фізичні закони моделювання.

Ключові слова: Растрова електронна мікроскопія (РЕМ), реологія, морфологія кісткової тканини, біоматеріалознавство, поровий простір.

Вступ. Питання взаємодії людини з природою, місця і ролі факторів зовнішнього середовища в онтогенезі людини набувають надзвичайної актуальності. Науково-технічна революція повсюдно проникає в людське життя, змінюючи його ритм, зовнішнє середовище, структуру захворюваності, межі здоров'я. На сьогоднішній день очевидно, що особливості будови, функції розвитку органів і систем живого організму значною мірою зумовлені екоантропогенними факторами зовнішнього середовища [1]. Світу відомо більше 4 млн. хімічних речовин, на ринку представлено більше 50-ти тисяч хімічних сполук, щорічно майже 1000 препаратів прописуються в промисловості, сільському господарстві, медицині, побуті. Всі вони загальносвітотві біосоціоантропогенні без національних кордонів, отрути широкого спектру дії з пролонгованими і депонуючими властивостями, здатні викликати безліч негативних ефектів. Як результат, проблема охорони здоров'я людини перетворилася на глобальну.

До середини 60-х років дослідження кісткової тканини на субмікронному рівні було утруднене, оскільки у дослідників не було досить надійного інструмента для вивчення надтонких структур [2,3]. Світлова оптика не забезпечувала потрібної роздільної здатності, щоб вивчати морфологію кісткової тканини, її окремих компонентів, тип контактів між ними, характер порового простору, орієнтацію пор в просторі. [4]

Метою роботи є розробка методики дослідження порового простору кісткової тканини тварин за допомогою РЕМ з подальшою обробкою у спеціалізованому програмному забезпеченні для встановлення кількісних та якісних показників на різних етапах розвитку організмів. На основі запропонованої методики

пропонується розглянути процес тріщиноутворення в кістковому матеріалі під дією екоантропогенного навантаження та застосувати узагальнену реологічну модель деструкції.

Виклад основного матеріалу.

1. РЕМ-стереологія порового простору деструктивно зміненої кісткової тканини

Однією з найбільш важливих ознак кістки, що в значній мірі визначає її властивості (міцність, еластичність та ін.), є поровий простір. Відомі в літературі дані [4,5] свідчать про зміни порового простору в процесі онтогенезу, екоантропогенних впливів тощо.

Пористість кістки характеризується загальним та диференційованим об'ємом пор, їх будовою і описується якісними і кількісними показниками. Основні з них – кількість, розміри, форма, орієнтація та взаємне розміщення пор [6,7]. Важливість цих параметрів не викликає сумніву. Нами досліджено поровий простір зразків кістки в період пренатального (*Bos taurus*) і постнатального (*Oryctolagus cuniculus*) онтогенезу [8]. Збір матеріалів проводився на експериментальній базі «Феофанія» Інституту зоології НАН України. Виконано РЕМ-фотографування зразків при збільшеннях 100, 300, 1000 і 5000^x під кутом 0°, 6°, а також проведені кількісні дослідження мікроструктури за програмою «Stiman» [9]. Мікрофотографії (рис.1) виконані на растровому електронному мікроскопі «Hitachi S-800» (Японія). Всього по повній програмі стереологічної оцінки було проаналізовано чотири зразки (два – *Bos taurus*, два – *Oryctolagus cuniculus*).

На рис. 2 та рис. 3 показані дані стереологічного аналізу четвертого зразка (див. рис.1, г). Досліджуваний зразок – фрагмент *os dentale* молоді особи *Oryctolagus cuniculus* у віці 38 днів.

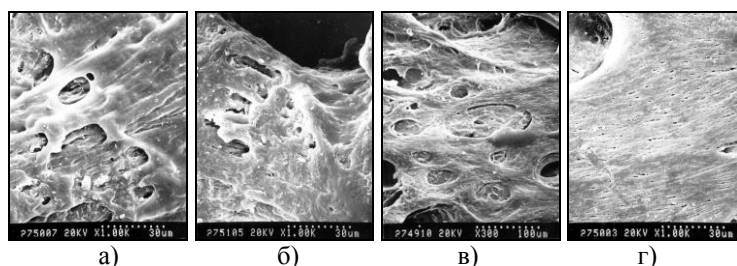


Рис. 1, а, б, в, г. Мікроструктура кісткової тканини покривної кістки черепа у *Bos taurus* і *Oryctolagus cuniculus*: а, б – *Os interparietale*, ембріон *Bos taurus*, 4 та 6 місяці розвитку; в, г – *Os dentale s. Mandibula, juv Oryctolagus cuniculus*, 5 та 38 днів.

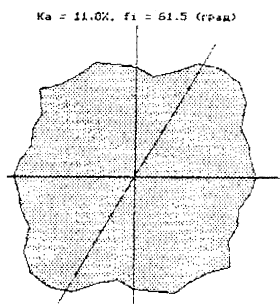


Рис.2. Орієнтація пор за фактором форми.

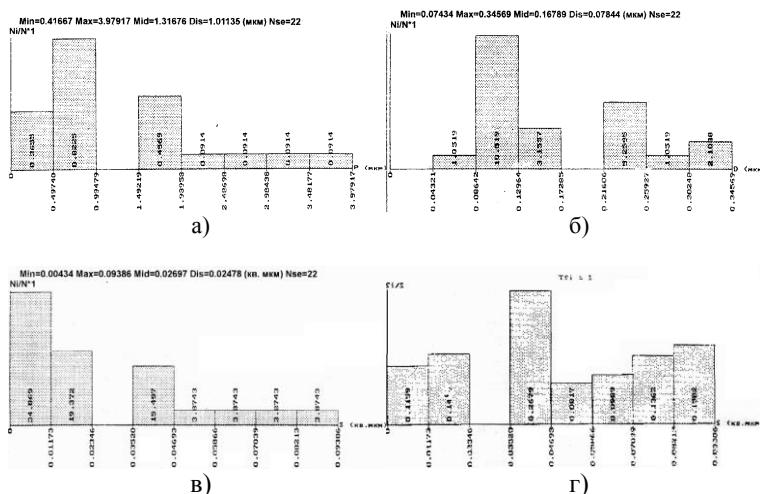


Рис.3. а, б, в, г. Гістограми розподілу пор за: а) периметром; б) еквівалентними діаметрами; в) площею; г) сумарною площею. Результати стереологічного аналізу цих зразків приведені на рис.4 і табл.1.

Досліджувався поровий простір зразків кісткової тканини норки американської (*Mustela Vision*), рис.4, табл.1

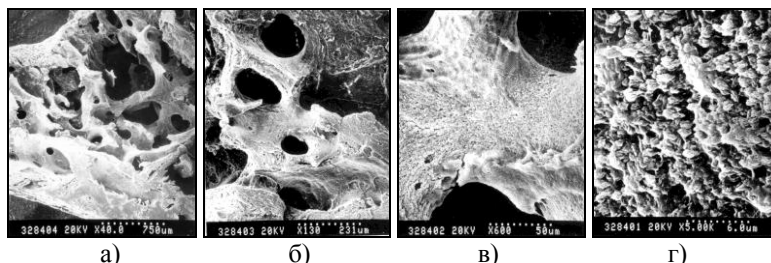


Рис. 4. а, б, в, г. РЕМ-мікрофотографії зразків кісткової тканини норки американської (*Mustela Vision*): а, б – структура голімки (околиці м. Чорнобиль, збільшення 40, 130 крат); в, г – структура грудного хребця (околиці м. Чорнобиль, збільшення 600, 5000 крат);

Таблиця 1. Підсумкова таблиця результатів структурного аналізу кісткової тканини голімки норки американської (*Mustela vision*)

Збільшення	100	200	400	800	1600	3200	64000	128000	
Розмір пікселя	2,34	1,72	0,86	0,43	0,21	0,11	0,05	0,03	
Кількість пор								281421	
Пористість (%)								29,88	
Загальна площа пор (мкм ²)								195774	
Загальний периметр пор (мкм)								883912	
Середній діаметр (мкм)								0,470336	
Середній площа (мкм ²)								0,695663	
Середній периметр(мкм)								3,14089	
Питома поверхня (1/мкм)								1,14142	

Результати досліджень порового простору перекожливо підтвердили вікові зміни поверхневої структури кістки у тварин на різних стадіях ембріонального та постнатального розвитку. Спостерігається суттєва різниця в розподілі пор за фактором форми та розмірами. Максимальний середній діаметр спостерігається в ембріональних зразках і значно зменшується у постнатальних. Очевидно, процес формування стабільних діаметрів пор закінчується в цей період.

Для порівняння проводився кількісний аналіз губчастої кістки, ураженої хворобою Пертеса. Отримані результати наведені в таблицях 2 - 3 та на рисунках 5,6,7.

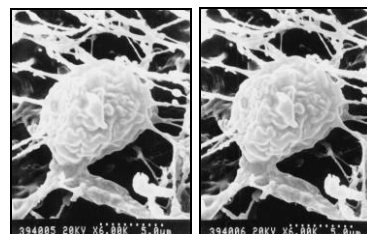


Рис.5. Приклад РЕМ-стереопари. Губчастої кістки.

Із одержаних даних видно, що загальна пористість зразка губчастої кістки n_i складає 40,43 %, а сам поровий простір представлений чотирма категоріями пор (D_1, D_2, D_3, D_4). Із кривої розподілу пор за еквівалентними діаметрами бачимо, що найбільш багаточисельна категорія складена ультрамікропорами D_1 з еквівалентними діаметрами 0,1039–0,4591 мкм. Далі йдуть тонкі мікропори $D_2 = 0,4591–0,8680$ мкм, дрібні

$D_3 = 0,8680 - 9,4595$ мкм і крупні
 $D_4 = 9,4595 - 74,3715$ мкм.

За допомогою гістограм розподілу пор за площами та сумарними площами було оцінено внесок цих пор в поровий простір. Хоча ультрамікропори D_1 багаточисельні, але через дуже малий розмір частка їх в загальній пористості (N) складає всього 6,7%. Ще мен-

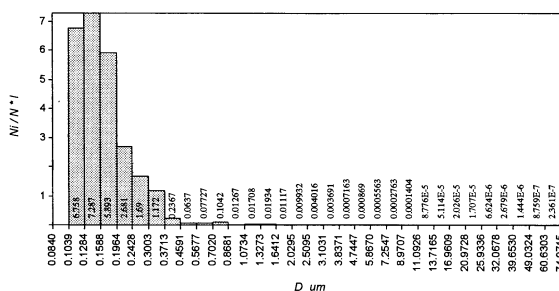
ший вклад в загальну пористість вносять тонкі мікропори D_2 . Їх вклад (N) складає всього 2,8%. Не дивлячись на те, що кількість крупних мікропор набагато менша за всі останні, через свій великий розмір вони складають основну частину порового простору – 53%. Кількість дрібних мікропор в поровому просторі складає 37,5%.

Таблиця 2. Кількісний аналіз губчастої кістки, ураженої хворобою Пертеса

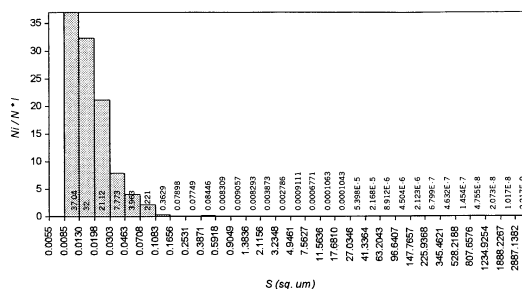
Зразок	Морфологічний параметр	D_1	D_2	D_3	D_4	$n, \%$	$K_a, \%$ збільш. 250 \times
Зразок №1 хвороба Пертеса	$D, \text{мкм}$	0,1039- 0,4591	0,4591- 0,8680	0,8680- 9,4595	9,4595- 74,3715	40,43	11,73
	$N, \%$	6,7	2,8	37,8	53,0		
	K_f	0,46-0,56	0,82-0,99	0,26-0,31	0,12-0,15		

Таблиця 3. Кількісні характеристики структурного аналізу зразка губчастої кістки.

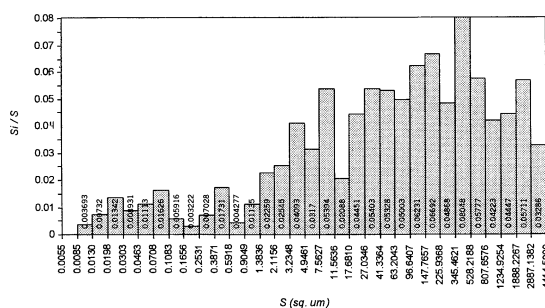
Збільшення M та розмір елементу розбиття L								
M	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000
L (мкм)	0.563	0.281	0.141	0.070	0.035	0.018	0.009	0,004
Кількість пор	295311							
Пористість (%)	40,4345							
Загальна площа пор (мкм ²)	134334,5625							
Загальний периметр пор (мкм)	696753,0625							
Середній діаметр (мкм)	0,2836							
Середня площа (мкм ²)	0,4549							
Середній периметр(мкм)	2,3594							
Питома поверхня (1/мкм)	2,1001							



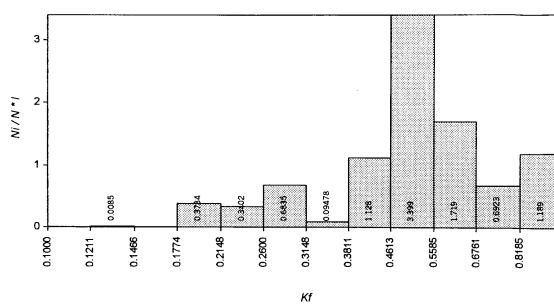
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. а, б, в, г. Гістограма розподілу за: а) еквівалентними діаметрами; б) площами пор; в) сумарними площами пор; г) фактором форми пор.

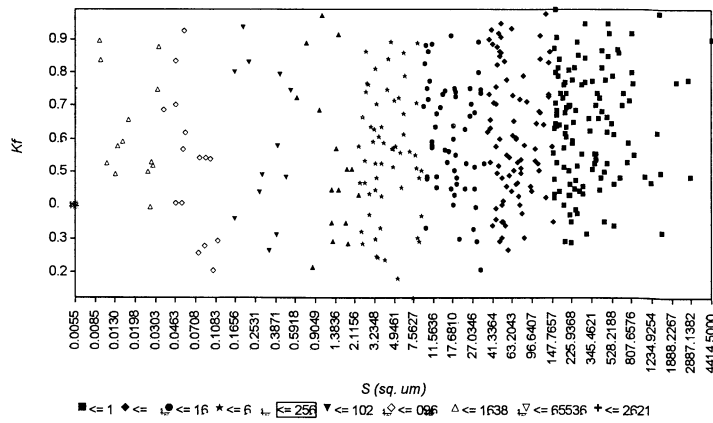


Рис. 7. Гістограма розподілу «фактор форми – площа» пор.

Таким чином можна сказати, що в основному поровий простір досліджуваного зразка створений крупними і дрібними мікропорами.

Із гістограми розподілу пор за фактором форми та графіка залежності фактора форми від їх площі бачимо, що в поровому просторі зразка переважають слабо видовжені ($K_f = 0,46-0,56$) та ізометричні ($K_f = 0,82-0,99$) крупні і дрібні мікропори. В меншій кількості присутні сильно видовжені ($K_f = 0,26-0,31$) та шпариноподібні ($K_f = 0,12-0,15$) тонкі і ультрамікропори. В результаті орієнтаційного аналізу, виконаного за методом градієнта інтенсивності сигналу, виявилось, що мікроструктура в загальному має слабу ступінь орієнтації структурних елементів, про що говорить низьке значення коефіцієнта анізотропії ($K_f = 11,73\%$) [9].

2. Мікромеханізм деструкції кістки в процесах екоантропогенного навантаження.

З біомеханіки відомо [9], що міцність кісткової тканини залежить від хімічного складу [2,4,8], загальної структури, кількості і міцності компонентів, орієнтації основних компонентів вздовж поздовжньої осі кістки, віку, щільності, індивідуальних умов росту відповідного організму, умов зберігання експериментальних зразків кісткової тканини, ділянки кістки, з якої виготовлено зразок і т.д.

Вивчення з допомогою РЕМ архітекtonіки кісткової тканини з позицій механіки руйнування дозволило

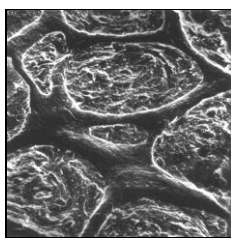


Рис.9. РЕМ-мікрофотографія компактної речовини після випробування на стиск. Збільшення 620 \times .

Рух фронту тріщини, яка поширюється стабільно, можна вважати як поширення автохвильових деформацій у результаті спонтанного пересування ушко-

більш поглиблено з'ясувати можливий механізм зародження і руйнування мікротріщин при дії зовнішніх навантажень, а також оцінити можливі шляхи гальмування їх подальшого розвитку. Із фактографічних досліджень встановлено, що осередками руйнування кістки при статодинамічних навантаженнях є мікротріщини розміром близько 10 мкм. На рис. 8 (а, б) показано зародження мікротріщини в центральному каналі остеона [4].

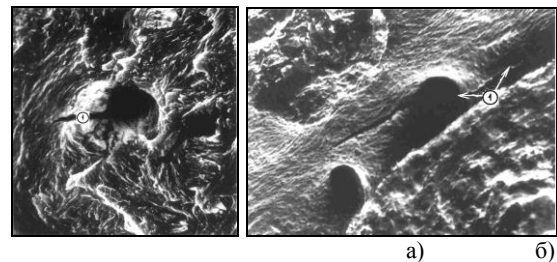


Рис. 8, а, б. РЕМ-мікрофотографії зародження тріщини в центральному каналі остеона (1), Збільшення 1650 \times .

Саме ці канали слід розглядати як основні концентратори напруг при навантаженнях, що значно перевищують фізіологічні, оскільки в процесі навантаження в зонах центральних каналів виникають критичні напруження і вони є границями з ослабленими міжмолекулярними зв'язками. Досягнення критичних напружень приводить до злиття каналів (рис.9-10). Цей процес є незворотним і завершується появою однієї або декількох магістральних мікротріщин, а отже, і площин руйнування.

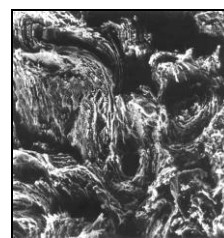


Рис. 10. РЕМ-мікрофотографія поверхні руйнування зразка кісткової тканини з витягуванням окремих остеонів з матрикса. Збільшення 150 \times .

джен із більш напруженої в менш напружену область кістки як твердого тіла.

Із фактографічних досліджень поверхонь злому зразків кістки виявлено, що павутиноподібне поши-

рення вторинних мікротріщин, післядією якого є остаточне руйнування, визначається мікронеоднорідностями розмірами 1-10 мкм, розташованими на деякій глибині від поверхні злому. [12]. Якщо при поширенні мікротріщини в її вершині відбувається різке збільшення радіуса, то настає гальмування руху і зупинка. Цей принцип добре відомий в механіці руйнування. Для кісткової тканини зонами зупинки тріщин можуть служити численні канали, але щільність їх має бути досить високою для реалізації цього принципу. У кістковій тканині є також кісткові ламелі, у яких спостерігається різний напрямок колагенових волокон, які, очевидно, можуть бути зонами гальмування мікротріщин.

3. Реологічна модель деструкції кісткової тканини.

Нами зроблено спробу використати більш узагальнений підхід, який врахував би не тільки зміну у структурі (на мікро- та субмікроструктурному рівнях), але й типові фізичні закони моделювання. Такий підхід особливо важливий, оскільки в наш час спостерігається тенденція застосування в ортопедичній практиці нових штучних матеріалів (наприклад, біо-керамічних покриттів тощо). Для різнобічного їх дослідження, зокрема комп'ютерного, необхідна реологічна модель, для розробки якої скористаємося теорією Больцмана – Вольтеррі [11], рівняння якої подамо у вигляді інтегрального рівняння Вольтеррі другого роду:

$$e_{ij}(t) = \frac{S_{ij}(t)}{2G} + \frac{1}{2G} \int_0^t K(t-\tau) S_{ij}(\tau) d\tau \quad (1)$$

де $e_{ij}(t)$ і S_{ij} – компоненти девіатора тензора деформацій і напруження на момент часу t ; e_{ij}, σ_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) – компоненти тензорів деформацій і напружень; $G = E/2(1+\nu)$ – модуль зсуву; E - модуль Юнга; ν – коефіцієнт Пуассона; τ – час, що передував t ; $K(t)$ – функція впливу; $\delta_{ij} = \begin{cases} 1(i=j) \\ 0(i \neq j) \end{cases}$ – дельта Кронекера.

У рівнянні (1) перший доданок в правій частині – пружна деформація, а другий – в'язкопружна деформація.

В умовах складного напруженого стану при постійних навантаженнях, тобто $S_{ij} = S_{ij}^0$, рівняння (1) матиме вигляд

$$e_{ij}(t) = \frac{S_{ij}^0}{2G} \left[1 + \int_0^t K(\tau) d\tau \right] \quad (2)$$

Диференціюємо обидві частини (6.86) за t і розв'яжемо відносно $K(t)$:

$$K(t) = \frac{2G}{S_{ij}^0} \cdot \frac{de_{ij}}{dt} \quad (3)$$

Функція впливу $K(t)$ є сингулярною, тобто при

$$t = 0, \Rightarrow de_{ij}/dt \rightarrow \infty, \Rightarrow K(0) = \infty = 0,$$

і графік такої функції $K(t)$ можна побудувати за результатами диференціювання кривої повзучості $e_{ij}(t) \sim t$.

На практиці часто користуються аналітичною формою запису функцій впливу, що містить деяку кількість параметрів, які необхідно визначити за експериментальними даними. Такі сингулярні функції добре описують швидкість релаксаційних процесів, якщо містять достатню кількість параметрів, які разом з пружними постійними є механічними характеристиками кісткової тканини. Більш детально ці питання висвітлені в роботі [1,7,8].

Для визначення механічних характеристик кісткової тканини за даними біомеханічних дослідів можна скористатись наближеним методом – методом сумішень. Суть його полягає в порівнянні (суміщенні) експериментальної кривої $K_e \sim t$ з подібною їй із табличних теоретичних кривих $K_\tau \sim t$, отриманих для різних параметрів функцій впливу α, β, A в логарифмічній системі координат. Після графічного суміщення, параметри теоретичної кривої із урахуванням різниці по осі абсцис (часу) $t_\tau = Kt_e$ приписуються експериментальній кривій, тобто:

$$\alpha_e = \alpha_\tau = \alpha; \quad A_e = K^\alpha A_\tau; \quad K = t_\tau/t_e \quad (4)$$

В результаті отримуються α_e, β_e, A_e :

$$K_e(t_e) = \frac{e^{-\beta_e t_e}}{t_e} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[A_e \Gamma\{\alpha_e\}]^n t_e^{n\alpha_e-1}}{\Gamma(\alpha_e n)} \quad (5)$$

Такий підхід є широко вживаним, оскільки для встановлення параметрів сингулярного ядра $K_\tau(t)$ є бібліотека з достатньою кількістю теоретичних кривих функцій $K_\tau \sim t$, які обчислені для широкого діапазону значень параметрів α, β, A з інтервалом часу $t \geq 0.0001$.

Встановлено [4,11], що характер руйнування компактної кісткової тканини залежить від швидкості деформування. При малих швидкостях процес руйнування починається з утворення мікротріщин на поверхнях поділу між структурними елементами кісткової тканини, їх повільного росту і утворення нерівної поверхні руйнування з витягуванням остеонів з міжостеонної речовини. Енергія, витрачена на руйнування, йде в основному на подальше поширення тріщини, а в меншій мірі – на їх утворення. При великих швидкостях тріщини поширюються через всі структурні елементи і утворюється дрібно шорстка поверхня руйнування. Якщо при малих швидкостях деформування процес руйнування можна розглядати як в'язкий, то при більших швидкостях він крихкий. Перехідна область від одного виду руйнування до іншого залежить від виду напруженого стану: для стиснення вздовж повздовжньої осі вона відповідає швидкості деформування порядку $0,002c^{-1}$, для розтягу – $0,01 c^{-1}$.

Значний практичний інтерес має механічна поведінка компактної кісткової тканини при малоцикловому деформуванні, а також при випробуваннях на втомленість. Адже у звичайних фізіологічних умовах кістка найчастіше піддається впливу саме періодично змінюваних навантажень.

Пропонується [9] зв'язок між напруженням σ_{11} , деформацією ε_{11} та часом t представляти у вигляді:

$$\sigma_{11}(t) = E_1 \varepsilon_{11}(t) - E_1 \int_0^t \varepsilon_{11}(s) R(t-s, \dot{\varepsilon}_{11}) ds \quad (5)$$

$$\sigma_{11}(\dot{\varepsilon}_{11}) = E_1 \varepsilon_{11} - E_1 \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p} \sum_{i=1}^n b_i \tau_i \left[\frac{\varepsilon_{11}}{\tau_i \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}} + \exp\left(-\frac{\varepsilon_{11}}{\tau_i \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}}\right) - 1 \right] \quad (7)$$

Якщо $n=2$, то

$$\sigma_{11}(\dot{\varepsilon}_{11}) = E_1 \varepsilon_{11} - E_1 \cdot \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p} \left[\left\{ b_1 \tau_1 \frac{\varepsilon_{11}}{\tau_1 \cdot \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}} + \exp\left(-\frac{\varepsilon_{11}}{\tau_1 \cdot \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}}\right) - 1 \right\} + b_2 \tau_2 \left[\left\{ \frac{\varepsilon_{11}}{\tau_2 \cdot \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}} + \exp\left(-\frac{\varepsilon_{11}}{\tau_2 \cdot \dot{\varepsilon}_{11}^{1-p}}\right) - 1 \right\} \right] \right] \quad (8)$$

Для цієї моделі на основі експериментальних даних [7] отримані наступні значення: $p=0,95$; $b_1=23,564$; $b_2=0,75$; $\tau_1=0,59c$; $\tau_2=0,20c$ для кісткової тканини з вологоємністю $W=8,5\%$. Має місце нелінійна залежність з модулем пружності порядку $E_1^0 \cong 1470$ МПа.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Застосування теорії повзучості або релаксації деформації [10,13] для реології кісткової тканини є перспективним. Але в цьому напрямку потрібні більш ґрунтовні дослідження, особливо коли кісткову тка-

нину розглядати з позицій біоматеріалознавства як анізотропний гетерогенний біокомпозит.

2. Гетерогенність механічних властивостей компактної речовини кістки в напрямку головних осей анізотропії обумовлена особливостями її архітекτονіки, а наявність у кістковій тканині об'ємної, просторово орієнтованої системи внутрікісткових просторів є відмінною рисою її як природного біокомпозиту в порівнянні зі штучними аналогами. Концентрація, розміри пор і каналів, що утворюють систему внутрішньокісткових просторів, обумовлюють багатостадійність руйнування.

ЛІТЕРАТУРА

1. К.П. Мельник. Локомоторный аппарат млекопитающих / Мельник К.П., Клыков В.И. // АНУ, Київ, Наукова думка. -1999. - 206 с.
2. Н.В. Родионова. Структурно-функциональные изменения в клетках костной ткани в условиях космического полета / Родионова Н.В., Каткова Е.В., Нестеренко О.Н., Скрипченко Е.В. // ISSN 1561-8889. Космична наука і технологія. - 2015. - Т.21. - №3. - с. 48-53.
3. Н.В. Родионова. Пролиферация и ультраструктура периваскулярных клеток в зонах ремоделирования костной ткани при снятии опорной нагрузки / Н. В. Родионова, Е. В. Скрипченко, Е. В. Каткова. // ISSN 2079-8334. Світ медицини та біології - 2013. - №2(49). - с. 120-123.
4. Ю. Денисов-Никольский. Актуальные проблемы теоретической и клинической остеоартрологии. / Денисов-Никольский Ю., Миронов С., Омеляненко Н., Матвейчук И. // Москва, 2005. - 335 с.
5. Г. Автандилов. Системная стереометрия в изучении патологического процесса. / Автандилов Г., Яблучанский Н., Губенко Г. // М.: Медицина, 1981. -192 с.
6. В.М. Мельник. Методи стереологічної та стереометричної оцінки структури кістки в пре- та постнатальному онтогенезі ссавців / Мельник В.М., Лихотоп Р.Й. //1-й Національний Конгрес анатомів, гістологів та топографоанатомів України. -Івано-Франківськ, 1994. -С.118-119.
7. Мельник В.М., Шостак А.В. Кількісна стереомікрофрактотрофія // Монографія / Ред.-видавн. Відділ «Вежа» Волинського національного університету імені Лесі Українки. - Луцьк, 2010. - 457 с.
8. В.М. Мельник. Пространственное моделирование и применение современных методов стереологической и стереометрической оценок в биологии и медицине / Мельник В.Н., Лихотоп Р.И. // Укр. ж-л медич. техніки і технологій, 1998. - №3. -С.19-20.
9. В.Н. Соколов. Програмно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям. / Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Разгулина О.В., Мельник В.М. // Поверхность, 1998. - №1. - С.33-41.
10. И. Образцов. Оптимальные биомеханические системы. / Образцов И., Ханин М. // : Медицина, 1989. - 250 с.
11. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. -М.: Наука, 1976.-285с.
12. Оганов В. Проявление адаптации в структурно-функциональных изменениях костно-мышечной системы млекопитающих в космическом полете //Космическая

біологія и авиакосмическая медицина // Тезисы докладов X конф. – М.: Слово, 1994. – С.14-15.

13. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. -М.: Наука, 1977. -383с.

REFERENCES

1. K.P. Melnik. Lokomotornyiy apparat mlekopitayuschih /Melnik K.P., Klyikov V.I. //ANU, KiYiv, Naukova dumka. - 1999. – 206 s.
2. N.V. Rodionova. Strukturno-funktsionalnye izmeneniya v kletkah kostnoy tkani v usloviyah kosmicheskogo poleta / Rodionova N.V., Katkova E.V., Nesterenko O.N., Skripchenko E.V. //ISSN 1561-8889. Kosmichna nauka I tehnologiya. – 2015. – T.21. - #3. – s. 48-53.
3. N.V. Rodionova. Proliferatsiya i ultrastruktura perivaskulyarnykh kletok v zonah remodelirovaniya kostnoy tkani pri snyatii opornoj nagruzki / N. V. Rodionova, E. V. Skripchenko, E. V. Katkova. // ISSN 2079-8334. SvIt meditsini ta bIllogiyi – 2013. - #2(49). – s. 120-123.
4. Yu. Denisov-Nikolskiy. Aktualnye problemy teoreticheskoy i klinicheskoy osteoartologii./ Denisov-Nikolskiy Yu., Mironov S., Omelyanenko N., Matveychuk I. //Moskva, 2005. – 335 s.
5. G. Avtandilov . Sistemnaya stereometriya v izuchenii patologicheskogo protsessa./ Avtandilov G., Yabluchanskiy N., Gubenko G// M.: Meditsina, 1981. -192 s.
6. V.M. Melnik. Metodi stereologichnoyi ta stereometrichnoyi otsinki strukturi kIstki v pre- ta postnatalnomu ontogenezi ssavtstv / Melnik V.M., Lihotop R.Y. //1-y Natsionalniy Kongres anatomiv, gIstologiv ta topografoanatomiv UkraYini. -Ivano-FrankIvsk, 1994. -S.118-119.
7. 6. Melnik V.M., Shostak A.V. KIlkIsna stereomIkrofraktoGRAfIya // MonografIya / Red.-vidavn. VIddlI «Vezha» Volinskogo natsIonalnogo unIversitetu ImenI LesI UkraYinki. – Lutsk, 2010. – 457 s.
8. V.M. Melnik. Prostranstvennoe modelirovanie i primeneniye sovremennykh metodov stereologicheskoy i stereometricheskoy otsenok v biologii i meditsine / Melnik V.N., Lihotop R.I. // Ukr. zh-l medich. tehnIki I tehnologIy, 1998. – #3. – S.19-20.
9. V.N. Sokolov. Programno-apparatnyiy kompleks dlya issledovaniya mikromorfologii poverhnosti tverdykh tel po REM-izobrazheniyam./ Sokolov V.N., Yurkovets D.I., Razgulina O.V., Melnik V.M. //Poverhnost, 1998. - #1. – S.33-41.
10. I. Obraztsov. Optimalnye biomechanicheskie sistemyi. / Obraztsov I., Hanin M. // .: Meditsina, 1989. – 250 s.
11. Volterra V. Matematicheskaya teoriya borbyi za suschestvovanie. –M.: Nauka, 1976.-285s.
12. Oganov V. Proyavlenie adaptatsii v strukturno-funktsionalnykh izmeneniyakh kostno-myishechnoy sistemyi mlekopitayuschih v kosmicheskome polete //Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina // Tezisy dokladov H konf. – M.:Slovo, 1994. – S.14-15.
13. Rabotnov Yu.N. Elementyi nasledstvennoy mehaniki tverdykh tel. -M.: Nauka, 1977. -383s.

The concept of rheological model of bone tissue ecoanthropogenic destruction

V. Melnyk, A. Shostak, Y. Melnyk, N. Mulyar

Abstract: The pore space of bone's samples to determine their physical characteristics at different stages of ontogenesis by the results of SEM studies is considered in the article. The pore space stereological-planimetric data of prenatal and postnatal growth samples is obtained. The analysis obtained histogram distribution of pore areas by the total area and assessed the contribution of the pores in the total pore space. With the proposed methodology and the research process at the microcrack under ecoanthropogenic overweight. An attempt was made to use a more general approach that would take into account the common laws of physics simulation.

Keywords: scanning electron microscopy (SEM), rheology, bone morphology, biomaterials science, pore space.

Концепция реологической модели эоантропогенной остеодеструкции

В. Мельник, А. Шостак, Ю. Мельник, Н. Муляр

Аннотация. Статья посвящена исследованию порового пространства образцов тканей костей для установления их физических характеристик на разных стадиях онтогенеза по результатам РЭС-исследований. Полученные стереолого-планиметрические данные порового пространства образцов пренатального и постнатального развития. Проанализированы полученные гистограммы распределения пор по площадям и суммарными площадями и оценен вклад этих пор в общее поровое пространство. С помощью предлагаемой методики проведено исследование процесса микротрещинообразования при эоантропогенной нагрузке. Сделана попытка использовать более обобщенный подход, который учел бы типичные физические законы моделирования.

Ключевые слова: Растровая электронная микроскопия (РЕМ), реология, морфология костной ткани, биоматериаловедение, поровое пространство.

Визначення вмісту флавоноїдів у настоях з використанням комп'ютерної колориметрії

О. О. Петруша, К. А. Науменко

Національний університет харчових технологій
*Corresponding author. E-mail: petrushao@ukr.net

Paper received 27.01.17; Accepted for publication 05.02.17.

Анотація. У статті представлено результати визначення вмісту флавоноїдів у настоях з листя чорної смородини, горобини звичайної, яблуні та трави вербени з використанням комп'ютерної колориметрії та спектрофотометрії. Встановлені кореляційні залежності між колірними RGB-, XYZ-, Lab-характеристиками та кількісним вмістом флавоноїдів у водних розчинах.

Ключові слова: забарвлення, комп'ютерна колориметрія, колірні координати, барвні речовини.

Вступ. Визначення кількості барвних речовин в сировині, напівфабрикатах та готовій продукції є важливим і необхідним для встановлення біологічної дії цих сполук на організм людини, стандартизування їх кількості в продукції із відповідним зазначенням в нормативних документах та на маркуванні.

Цінним джерелом натуральних барвних речовин є листя плодово-ягідних дерев і трави лікарських рослин, а також їх настої або екстракти [1]. Забарвлення настоїв від світло-жовтого до коричневого кольору зумовлене вмістом флавоноїдів, які є флавоновими пігментами і мають Р-вітамінну дію. Деякі з них мають помаранчеве (аурони) або червоне і синє забарвлення (антоціани). Високий вміст цих речовин мають листя чаю, листя іквітигречихи, плоди шипшини, шкірка лимона, незрілі плодиволоського горіха таїн.

Існують різні методи якісного та кількісного визначення флавоноїдів в настоях. Хімічні методи дозволяють провести якісне виявлення цих сполук, спектрофотометричні – визначити їх кількість, метод хроматографії (газової, рідинної, паперової) – детально вивчити склад барвних сполук за класами і є найбільш точним [2].

Короткий огляд публікацій за темою. Однією з традиційних методик кількісного визначення флавоноїдів є спектрофотометричний метод з перерахунком на рутин. Основою методики є властивість флавоноїдів утворювати забарвлений комплекс із спиртовим розчином хлориду алюмінію [3]. Для реалізації методики необхідним є побудова калібрувального графіка залежності оптичної густини від концентрації рутину в розчині [4]. Через можливий внесок інших речовин в оптичну густину аналізованих розчинів проводить їх очищення до флавоноїдної фракції або застосовуються реакції комплексоутворення. Фотоколориметричний метод заснований на основі кольорових реакцій флавоноїдів солями різних металів (алюмінію, цирконію, титану, хрому, сурми), з лимонно-борним реактивом і на реакції відновлення цинком або магнієм в кислому середовищі.

Проте, варто відмітити, що високоточні спектрофотометричні і хроматографічні методи є досить затратними, коштовними та тривалими [5]. Тому доцільно розробляти та впроваджувати експресні та недорогі сучасні цифрові технології для кількісного визначення поліфенольних сполук і хлорофілів. До них відноситься метод комп'ютерної колориметрії, предметом дослідження якої є така фізична характеристика як колір.

Згідно класичних тлумачень, колір є суб'єктивною характеристикою світла, що відображає здатність людського ока розрізняти довжину хвилі електромагнітного випромінювання у видимому спектрі з довжиною хвилі 360...780 нм [6]. Для визначення кольору харчового продукту як показника якості використовують термін «забарвлення». Цей показник значною мірою залежить від міцності об'єкта, коефіцієнта заломлення, ступеня блиску, фактури тощо. Колір, в свою чергу, є більш ширшим поняттям, яке включає в себе забарвлення та умови освітлення об'єкта.

Метою досліджень стало визначення вмісту флавоноїдів на основі оцінки забарвлення настоїв з рослинної сировини з використанням методу комп'ютерної колориметрії та порівняння отриманих результатів з даними спектрофотометричного визначення.

Матеріали та методи. Предметом дослідження було обрано представник флавоноїдів – рутин, настої листя чорної смородини, поживтілого листя яблуні, листя горобини звичайної, трави вербени, які містять в своєму складі флавоноїди. Рутин використовували у вигляді жовтого кристалічного порошку.

Для визначення вмісту барвних речовин настоїв проводили оцінку забарвлення методом комп'ютерної колориметрії, спектрофотометрії і органолептично, що дало змогу перевірити співставність результатів вимірів. Для визначення концентрації флавоноїдів в досліджуваних настоях застосовано метод побудови калібрувального графіка:

1) залежності значень колірних координат від концентрації рутину у водному розчині (метод комп'ютерної колориметрії);

2) залежності оптичної густини розчину рутину від його концентрації (спектрофотометричний метод).

Для отримання калібрувальних графіків було приготовлено стандартні розчини рутину з концентраціями 0,05; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 мг/мл.

Комп'ютерна колориметрія ґрунтується на тому, що колір можна представити у вигляді суми трьох лінійно незалежних кольорів [7]. Для кількісної оцінки кольору створені та удосконалені основні системи координат кольору: RGB, CIEXYZ, CIELab.

В системі RGB основоположними кольорами виступають червоний (R), зелений (G) та синій (B), тобто три монохроматичні випромінювання довжиною хвилі 700,0; 546,1; 435,8 нм відповідно. Значення кожної колірної координати в системі RGB змінюється в межах від 0 до 255 умовних одиниць колірнос-

ті. Ефективним інтегральним показником забарвлення можуть використовуватись геометричні параметри діаграм, побудовані в полярних координатах, на яких відкладено результати вимірів величин інтенсивності колірних компонент в колірній системі RGB. Якщо RGB-система є просторовою, то CIEXYZ є ортогональною, а колірні координати XYZ змінюються від 0 до 100. В системі CIELab координата L задає яскравість забарвлення і змінюється від 1 до 100, а – зміна кольору в діапазоні від зеленого (-128) до червоного (127), b – від синього (-128) до жовтого (127).

Оцінку забарвлення настоїв та визначення колірних координат проводили за такими етапами. Спочатку було підготовлено скляну кювету, наповненої досліджуваним зразком настою, встановлено кювету до кюветотримача та розміщено його на сканері. Підготовка зразків настоїв не потрібна, оскільки при застосуванні комп'ютерної колориметрії мутність, супутні речовини, частки сировини не впливають на якість зображення та його колірні характеристики. Визначення колірних координат настою здійснювалось скануванням кювети в обраному режимі. За допомогою програм обробки зображень отримане зображення ідентифікували та визначали його колірні координати в системі RGB, CIEXYZ, CIELab.

Визначення оптичної густини настоїв проводили на спектрофотометрі UNICO в кварцовій кюветі з тов-

щиною оптичного шару 1 см при довжині хвилі 440 нм [8].

Результати та обговорення. Калібрувальний графік залежності оптичної густини при довжині хвилі 440 нм за рутином наведено на рис. 1.

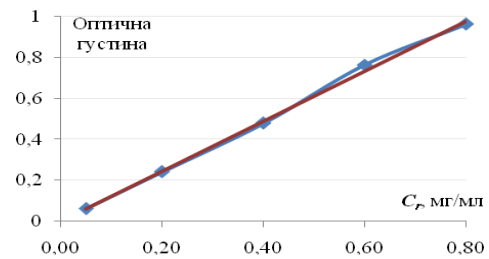


Рис. 1. Калібрувальний графік залежності оптичної густини від концентрації рутину

Залежність оптичної густини D_r від концентрації рутину C_r в межах 0,05...0,8 мг/мл є лінійною, що підтверджується високим ступенем кореляції $R^2 \geq 0,997$ і вказує на адекватність отриманого рівняння для встановлення величини вмісту пігменту за отриманою величиною оптичної густини

$$D_r = 1,219 * C_r \quad (1)$$

Калібрувальний графік залежності колірних координат від концентрації рутину наведено на рис. 2.

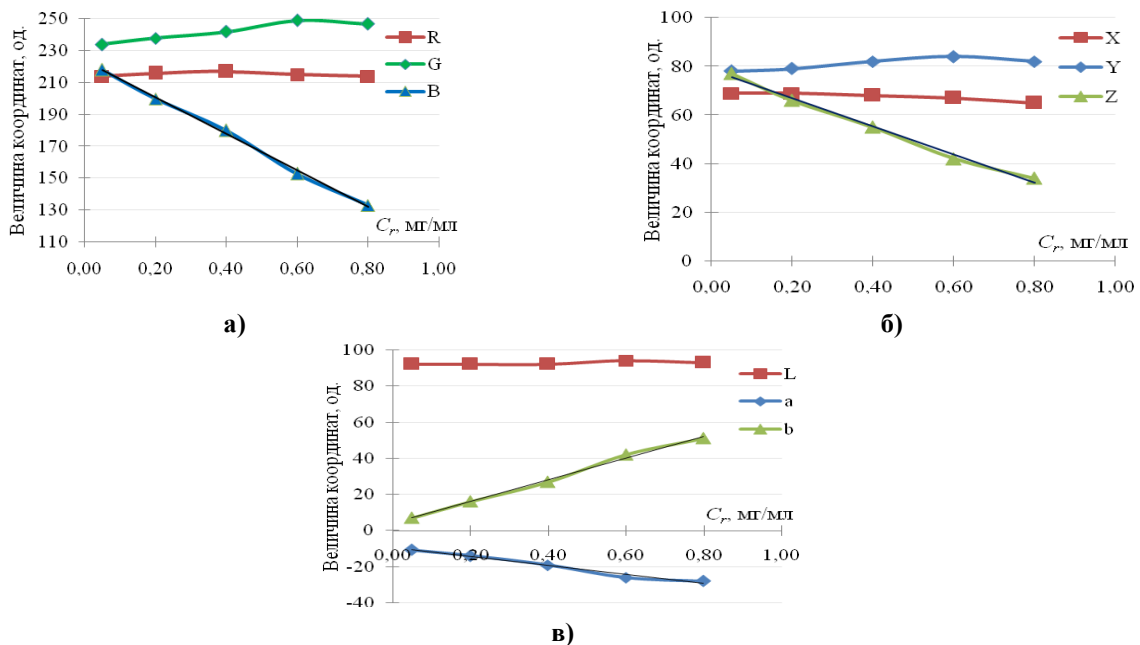


Рис. 2. Калібрувальний графік залежності колірних координат від концентрації рутину: а) RGB-координати, б) XYZ-координати, в) Lab-координати

За побудованим калібрувальним графіком для рутину з RGB- та XYZ-координатами виявлено, що R та G, X та Y компоненти є незмінними, окрім невисокого піку зростання в межах концентрації пігменту 0,6...0,8 мг/мл. В системі RGB для рутину існує виражена лінійна залежність за B компонентом, в системі XYZ – за Z компонентом, які мають низхідний характер. Це означає, що при зміні концентрації пігменту, змінюється відтінок кольору і ця зміна напряму залежить від зміни синьої складової кольору. Для отриманого графіка складено рівняння з високим ступенем

кореляції, що свідчить про відтворюваність даних і вірний вибір колірних компонентів та Z для розрахунку

$$B_r = -114,2 * C_r + 223,6 \quad R^2 \geq 0,997 \quad (2)$$

$$Z_r = -57,7 * C_r + 78,46 \quad R^2 \geq 0,992 \quad (3)$$

Для системи Lab-координат чутливими до зміни забарвлення досліджуваних розчинів є a- та b-компоненти, зміна яких від концентрації рутину описується рівняннями

$$a_r = -24,5 * C_r - 9,5 \quad R^2 \geq 0,978 \quad (4)$$

$$b_r = 60,0 * C_r + 4 \quad R^2 \geq 0,995 \quad (5)$$

Побудовані калібрувальні графіки залежності колірної В, Z, a**b**-координат та оптичної густини за рутинном є адекватними, тому їх можна використовувати для визначення флавоноїдів в екстрактах.

Апробацію калібрувальних графіків та визначення ефективності їх використання провели для реальних об'єктів – настоїв листя чорної смородини, яблуні, горобини та трави вербени, які згідно літературних даних містять в своєму складі флавоноїди. Органолептична оцінка забарвлення настоїв на 3-й та 7-й день екстрагування наведена у таблиці 1.

Вміст флавоноїдів визначали також на 3-й та 7-й день настоювання за калібрувальними кривими, побудованими за допомогою комп'ютерної колориметрії і спектрофотометра. У таблиці 2 наведені колірні координати настоїв.

Результати визначення флавоноїдіву настояях з використанням спектрофотометра та комп'ютерної колориметрії наведено в таблиці 3.

Таблиця 1. Органолептична оцінка забарвлення настоїв на 3-й та 7-й день настоювання

Настій	Забарвлення	
	3-й день настоювання	7-й день настоювання
Листя чорної смородини	Жовто-зелений	Світло-коричневий з відтінком зеленого
Пожовтіле листя яблуні	Світло-жовтий	Буро-коричневий
Листя горобини	Жовто-зелений	Буро-зелений
Трава вербени	Світло-жовтий	Жовто-коричневий

Таблиця 2. Колірні координати настоїв на 3-й та 7-й день настоювання

Настій	R	G	B	X	Y	Z	L	a	b
3-й день настоювання									
Листя смородини	218	240	220	73	82	80	93	-10	7
Листя яблуні	215	237	213	70	80	75	92	-13	9
Листя горобини	218	241	222	74	83	81	93	-10	7
Трава вербени	217	235	213	70	79	74	91	-11	9
7-й день настоювання									
Листя смородини	215	236	218	71	79	78	91	-9	6
Листя яблуні	216	238	188	68	79	59	91	-15	22
Листя горобини	216	237	217,5	71	80	77	92	-10	7
Трава вербени	216	240	206	71	81	70	92	-12	14

Таблиця 3. Вміст флавоноїдів в настояях, у перерахунку на рутин

№ з/п	Настій	Вміст флавонолів, мг/ 100 мл					
		Спектрофотометрично		Комп'ютерна колориметрія			
				RGB	XYZ	Lab (a-коорд.)	Lab (b-коорд.)
1	Листя смородини	3-й день	8,1±0,1	3,1	2,7	2,0	5,0
		7-й день	14,1±0,1	4,9	0,8	2,0	3,3
2	Листя яблуні	3-й день	9,5±0,1	9,3	6,0	14,3	8,5
		7-й день	30,0±0,1	31,1	33,7	22,4	30,0
3	Листя горобини	3-й день	1,1±0,1	1,4	4,4	2,0	5,0
		7-й день	4,1±0,1	5,3	2,5	2,0	5,0
4	Трава вербени	3-й день	9,0±0,1	9,3	7,7	6,1	8,5
		7-й день	15,5±0,1	15,4	14,7	10,2	16,7

Згідно даних таблиці 3 найбільший вміст флавоноїдів спостерігається в настої з листя яблуні, а найменший – в екстракті листя горобини. Співставляючи результати, отримані при спектрофотометричному аналізі, та результати комп'ютерної колориметрії встановили, що кількість флавоноїдів в настої з листя яблуні та вербени є однаковою, для настою листя смородини та горобини – спостерігається різниця за двома методами визначення. Такі відмінності пов'язані із переходом до екстракту не лише фенольних сполук, а й каротиноїдів і хлорофілів, які значно впливають на колір настою та після екстрагування мають властивість до окислення та зміни забарвлення розчинів, що призводить до зсуву колірних координат зображення та максимумів світлопоглинання, що в свою чергу впливає на кінцевий результат розрахунків.

Серед наведених розрахунків вмісту флавоноїдів за В, Z, a і b-координатами можна встановити, що опрацювання результатів сканування кольору настоїв з використанням RGB-системи є найбільш точним, оскільки отримані результати є наближеними до ре-

зультатів контрольного методу – спектрофотометрії. Тому доцільно вважати, що отримане рівняння регресії (2) $V_f=f(C_f)$ є адекватним для визначення флавоноїдів у настояях з низьким вмістом супутніх барвних речовин – хлорофілів та каротинів тощо.

Висновки. Проведена оцінка ефективності методики визначення флавоноїдів з використанням комп'ютерної колориметрії на прикладі настоїв рослинної сировини. Отримані результати засвідчили співставність результатів сканування в RGB-системі з спектрофотометричними визначеннями з урахуванням точності вимірювання для настоїв з пожовтілого листя яблуні та трави вербени. Однак відмінність результатів щодо вмісту рутину для листя смородини та горобини відповідно, потребує проведення досліджень із отримання калібрувальних графіків та виконання розрахунків для комплексів барвних сполук, таких як: хлорофіл-каротиноїдний комплекс, каротиноїдно-антоціановий комплекс.

За отриманими результатами можна стверджувати, що методика є достовірною для рідких рослинних настоїв і може використовуватись для оцінки забарв-

лення інших рідких систем. Використання комп'ютерної колориметрії значно пришвидшує про-

цес аналізу вмісту флавоноїдів та зменшує частину витрат на хімічні реагенти і обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бриттон, М.Г. Биохимия природных пигментов / М.: ЭКСМО-Пресс, 2006, 422 с.
2. Маркарян А. А., Абрамов А. А. Хроматографическое изучение фенольного состава сухого экстракта «Нефрофит» // Вестн. Моск. ун-та. Химия, 2003, Т. 44, № 5, С. 356–360.
3. Темердашев З. А., Фролова Н. А., Колычев И. А. Определение фенольных соединений в лекарственных растениях методом обращенно-фазовой ВЭЖХ // Журн. аналит. химии. 2011. Т. 66, № 4. С. 417–424.
4. Дмитриенко В. А., Кудринская В.А., Апяри В. В. Методы выделения, конденсирования и определения кверцетина // Журн. аналит. химии, 2012, Т. 67, № 4., С. 340–353.
5. Карцова Л. А., Алексеева А. В. Хроматографические и электрофоретические методы определения полифенольных соединений // Журн. аналит. химии, 2008, Т. 63, № 11., С. 1126–1136.
6. Домасев, М.В. Цвет. Управление цветом //СПб.: Питер, 2009. – 224 с.
7. Бобождонова, Г. А. Колориметрический метод идентификации подлинности и контроля качества напитков: дис. канд. техн. наук 05.18.15 / РЭУ им.Г.В. Плеханова, М., 2014. 123 с.
8. Khoddami Ali., Meredith Wilkes A., Roberts Thomas H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds// Molecules, 2013. 18(2).

REFERENCES

1. Brytton, M.H. Byokhymyya pryrodnykh pyhmentov / М.: EKSMO-Press, 2006, 422 p.
2. Markaryan A. A., Abramov A. A. Khromatohrafycheskoe yzucheniye fenolnoho sostava sukhoho ekstrakta «Nefrofyt» // Vestn. Mosk.un-ta. Khymyya, 2003, Т. 44, № 5, S. 356–360.
3. Temerdashev Z. A., Frolova N. A., Kolychev Y. A. Opredeleniye fenolnykh soedyneniyy v lekarstvennykh rasteniyakh metodom obrashchenno-fazovoy VEZhKh // Zhurn. analyt. khymyy. 2011. Т. 66, № 4. P. 417–424.
4. Dmytryenko V. A., Kudrynskaya V.A., Apyary V. V. Metody vydeleniyya, kondensirovaniyya y opredeleniyya kvvertsetyna // Zhurn. analyt. khymyy, 2012, Т. 67, №4., P. 340–353.
5. Kartsova L. A., Alekseeva A. V. Khromatohrafycheskiye y elektroforetycheskiye metody opredeleniyya polyfenolnykh soedyneniyy // Zhurn. analyt. khymyy, 2008, Т. 63, № 11., P. 1126–1136.
6. Domasev, M.V. Tsvet. Upravleniye tsvetom / M.V. Domasev, S.P. Hnatyuk.SPb.,Pyter, 2009, 224 h.
7. Bobozhonova, H. A. Kolorymetrycheskiy metod ydentyfikatsyy podlynnosti y kontrolya kachestva napytkov: dys. kand. tekhn. nauk 05.18.15 / REU ym.H.V. Plekhanova, M., 2014, 123 p.
8. Khoddami Ali.,Meredith Wilkes A., Roberts Thomas H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds// Molecules, 2013. 18(2).

Determination of flavonoids in extracts using computer calorimetry

O. A. Petrusha, K. A. Naumenko

Abstract. The article presents a results of determination of flavonoids in leaves extract of black currant, mountain ash, apple and herb verbena using computer colorimetry and spectrophotometry. Correlation of color RGB-, XYZ-, Lab-properties dependence of quantitative content of flavonoids in aqueous solutions.

Keywords: painting, computer colorimetry, color coordinates, pigments.

Определение содержания флавоноидов в настоях с использованием компьютерной колориметрии

О. А. Петруша, К. А. Науменко

Аннотация. В статье представлены результаты определения содержания флавоноидов в настоях с листьев черной смородины, рябины обыкновенной, яблони и травы вербены с использованием компьютерной колориметрии и спектрофотометрии. Установлены корреляционные зависимости между цветовыми RGB-, XYZ-, Lab-характеристиками и количественным содержанием флавоноидов в водных растворах.

Ключевые слова: цвет, компьютерная колориметрия, цветовые координаты, пигменты.

Геометричне моделювання руху інерціоїда В. М. Толчина та його маятникового аналога

О. І. Сухарькова^{1*}, О. В. Шоман², В. В. Семенова-Куліш¹, Г. В. Морозова¹

¹Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

²Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

*Corresponding author. E-mail: lena_sukharkova@mail.ru

Paper received 24.01.17; Accepted for publication 02.02.17.

Анотація. Розглянуто геометричну модель руху інерціоїда В.М. Толчина, складену на основі рівняння Лагранжа другого роду, а також можливу модифікацію інерціоїда, яка базується на коливаннях у вертикальній площині двох маятників, приєднаних до візка. Було визначено нехаотичні траєкторії переміщення вантажів цих маятників, завдяки чому утворюються погоджені коливання маятників і ініціюється рух візка у горизонтальному напрямку.

Ключові слова: інерціоїд В.М. Толчина, математичний маятник, рівняння Лагранжа другого роду, фазова траєкторія.

Вступ. Всі технічні пристрої, що забезпечують переміщення тіл на поверхні й у просторі, використовують наявність певної опори. Тобто рух виникає у результаті відштовхування від якогось субстрату: земної поверхні, води, повітря. При використанні традиційних рушіїв рух виникає у результаті взаємодії рушія з навколишнім середовищем. Ця взаємодія, природно, завжди супроводжується силами тертя, на подолання яких витрачається значна частина енергії палива.

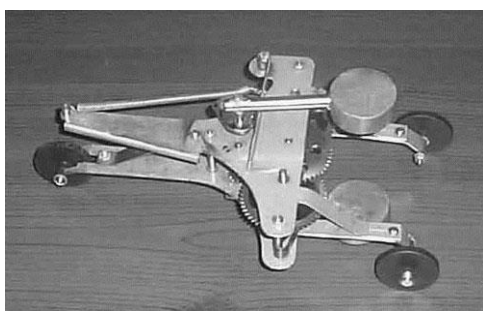


Рис. 1. Інерціоїд В.М.Толчина

У 30-х роках минулого століття інженер В.М. Толчин створив інерціоїд [1], який складається із двох ексцентричних вантажів на важелях (негравітаційних маятників), установлених на рухомому візку (рис. 1). Ексцентрики синхронно обертаються і переміщуються назустріч один одному зі змінною неперервною кутовою швидкістю [2]. При цьому в одних секторах кола, яке описують ексцентрики, кутова швидкість повороту негравітаційних маятників збільшується, а в інших – зменшується (рис. 2).

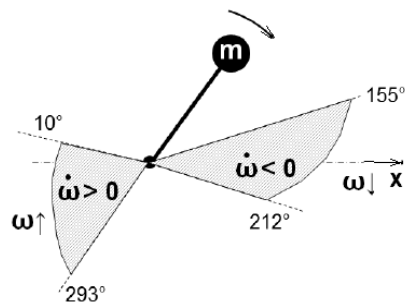


Рис. 2. Режим руху вантажу

Для популяризації та демонстрації особливостей руху інерціоїда проводилися його «змагання» на слизькій поверхні з візком із приводом на колеса. Візок з ведучими колесами прогнозовано буксував, а візок В.М. Толчина просувався по поверхні. Для різнобічного аналізу проблеми інерціоїдів доцільно буде розглянути один з їх різновидів, який базується на ініціюванні руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині вантажів двох гравітаційних маятників, які мають переміщуватися по нехаотичних траєкторіях.

Огляд публікацій по темі. Численні експерименти з демонстраціями руху інерціоїда та його різновидів викликали дискусію в наукових колах. Більша частина вчених вважає, що рух інерціоїда обумовлений присутністю в розглянутій системі сил тертя. Тоді як послідовники В.М. Толчина вважають, що рух інерціоїда пов'язаний із виникненням сил інерції за рахунок прискореного обертання важелів із вантажами [2].

Однак така інтерпретація поведінки інерціоїда спричинює необхідність припустити, що порушуються закони механіки Ньютона. Адже можливість створення зазначеного рушія суперечить закону збереження імпульсу. Тому прихильники інерціоїдів ствер-

джують, що тут використовуються якісь «нові» властивості інерційних мас і гравітаційних полів.

Для пояснення руху різновиду інерціоїда в роботах [3, 4] розглянуто його модифікацію на базі 2d-пружинного маятника, конструкція якого забезпечує прямолінійність осі пружини в процесі коливання. Це дозволило пояснити (і унаочнити) причини руху візка, які пов'язані зі стисненням чи розтягненням пружини в певні зручні моменти положення вантажу на траєкторії його переміщення. Тобто ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку здійснюється завдяки погодженим коливанням маятника, вантаж якого має рухатися по наперед знайденій нехаотичній траєкторії.

Нехаотична траєкторія руху вантажу дозволяє узгодити з напрямком руху візка процеси розтягнення (рис. 3, а) і стиснення пружини (рис. 3, б). Тобто у першому випадку відстань між масами штучно збільшується, а у другому – зменшується, що впливає на положення візка. В роботі обрано такі позначення: маса візка $m_1 = 150$; маса вантажу пружинного маятника $m_2 = 40$; коефіцієнт жорсткості пружини $k = 250$ і довжина пружини у ненавантаженому стані $d = 5$.

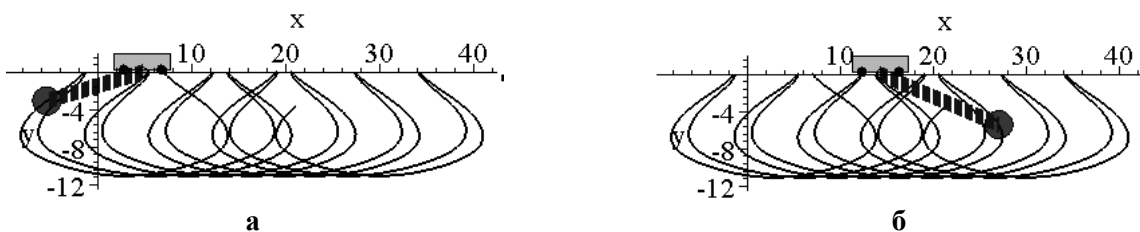


Рис. 3. Коливання 2d-пружинного маятника під візком

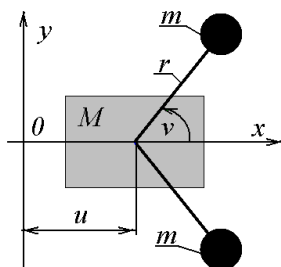


Рис.4. Схема інерціюда В.М. Толчина

Мета. Розробити геометричну модель руху інерціюда В.М. Толчина, складену на основі рівняння Лагранжа другого роду, а також спосіб ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині двох маятників, приєднаних до нього. При цьому ключовим моментом є визначення нехаотичних траєкторій переміщення вантажів цих маятників.

Основна частина. Для складання геометричних моделей руху пристроїв перелічимо обрані умови ідеалізації задач: а) параметри коливальної системи і початкові умови задаються в умовних числових одиницях; б) коливання маятників здійснюються у верти-

кальній площині; в) всі елементи системи не мають товщини, невагомі і не деформуються, опори у вузлах і опір повітря під час коливань відсутні; г) коливальна система є консервативною – тобто запас механічної енергії в процесі коливань залишається постійним (втрати енергії відсутні). Вважаємо, що процес розсіювання енергії відбувається повільно в порівнянні з характерними масштабами часу в системі.

На рис. 4 наведено схему коливальної системи інерціюда В.М. Толчина, яка складається з візка та закріплених на ньому двох негравітаційних маятників (діють в горизонтальній площині). Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

Як узагальнені координати оберемо такі параметри: $u(t)$ – горизонтальне зміщення візка вздовж осі Ox ; $v(t)$ – кут відхилення маятників від осі Ox . Далі у формулах прийнято позначення: M – маса візка; m – маси вантажу кожного маятника; r – довжина маятників.

Лагранжиан системи інерціюда В.М. Толчина має вигляд [2]

$$L := (M + 2m) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + mr^2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 - 2mr \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(v(t)). \tag{1}$$

Система диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду для консервативних систем має вигляд:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} - \frac{\partial L}{\partial y} = 0, \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{v}} - \frac{\partial L}{\partial v} = 0. \tag{2}$$

Після перетворення одержуємо систему рівнянь (тут і далі збережено синтаксис мови Maple):

$$2 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) M + 4 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) m - 2mr \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \sin(v(t)) - 2mr \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 \cos(v(t)) = 0$$

$$- 2mr \left(-r \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) \sin(v(t)) \right) = 0 \tag{3}$$

Розв'язувати систему рівнянь (3) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти у середовищі Maple. Використовуючи наближені розв'язки $U(t)$ і

$V(t)$ в декартовій системі координат xOy траєкторії переміщення кожного з вантажів обох маятників побудувати за формулами:

$$x_1(t) = U(t) + r \cos(V(t)), x_2(t) = U(t) + r \cos(V(t)),$$

$$y_1(t) = r \sin(V(t)), y_2(t) = -r \sin(V(t)). \tag{4}$$

Далі наведемо розрахунок інерціюда В.М.Толчина з параметрами $M = 15$; $r = 1$; $m = 3$ і з початковими умовами $u_0 = 0$; $u'_0 = Du_0$; $v_0 = \pi/2$; $v'_0 = Dv_0$.

Зазначені умови слід інтерпретувати так. Маятники починають рухатися з початку координат (умова $u_0 = 0$) і з положення перпендикулярно осі Ox (умова $v_0 = \pi/2$). Візку у напрямку осі Ox надається початкова швидкість значенням $u'_0 = Du_0$. А кутам відхилення маятників надається початкова швидкість значенням $v'_0 = Dv_0$. Зазначимо, що при від'ємному Dv_0

«верхній» маятник буде рухатись за напрямком стрілки годинника, а «нижній» - проти напрямку стрілки годинника. В результаті візок інерціюда буде рухатися по осі Ox праворуч. На характер руху впливатимуть як величини параметрів інерціюда, так і значення початкових умов. При цьому головною характеристикою буде переривчастість переміщення інерціюда праворуч. Від значень вхідних даних переміщення буде або без зупинок, або, частіше, з зупинками, а найчастіше (при довільному виборі значень параметрів і початкових умов) – з поверненням ліворуч. Зада-

ча вибору оптимальних параметрів є головною для дослідження теорії інерціоїдів.

На рис. 5 наведено приклад обчислених траєкторій руху вантажів маятників для варіанту з початковими умовами $Du_0 = 1; Dv_0 = -1$.

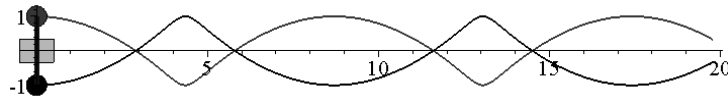


Рис. 5. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

Було складено програму геометричного моделювання руху інерціоїда за результатами розв'язання системи рівнянь Ланранжа другого роду. На базі програми створено анімаційний фільм, кадри з якого

представлені на рис. 6. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант розрахунку характеризується рухом інерціоїда праворуч без зупинок.

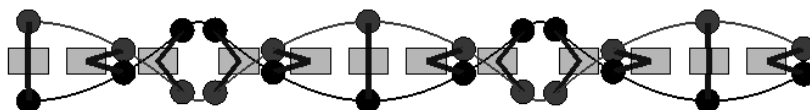


Рис. 6. Анімаційні кадри розрахованих фаз руху інерціоїда

Новим різновидом інерціоїда можна вважати пристрій, рух якого здійснюється за допомогою коливання у вертикальній площині двох гравітаційних маятників (діють у вертикальній площині), приєднаних до рухомого візка (рис. 7). При цьому вантажі маятників мають переміщуватися по завчасно обчислених нехатичних траєкторіях. Покажемо, що зазначені коливання дозволяють ініціювати рух візка у горизонтальному напрямку.

На рис. 7 наведено схему коливальної системи, яка складається з візка та підвішених до нього двох маятників. Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

Як узагальнені координати оберемо такі параметри: $u(t)$ – горизонтальне зміщення візка; $v(t)$ – кут відхилення від вертикалі першого маятника; $w(t)$ – кут відхилення від вертикалі другого маятника. Далі у

формулах прийнято позначення: m_0 – маса візка; m_1 – маса вантажу першого маятника; m_2 – маса вантажу другого маятника; d_1 – довжина першого маятника; d_2 – довжина другого маятника; $g = 9,81$.

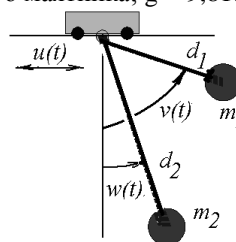


Рис. 7. Схема двох маятників під візком

Система рівнянь Лагранжа другого роду має вигляд:

$$\begin{aligned}
 &(m_0 + m_1 + m_2) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) - m_1 d_1 \cos(v(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) - m_2 d_2 \cos(w(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + m_1 d_1 \sin(v(t)) \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 + m_2 d_2 \sin(w(t)) \left(\frac{d}{dt} w(t) \right)^2 = 0 \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &-m_1 d_1 \cos(v(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_1 d_1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + m_1 d_1 g \sin(v(t)) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &-m_2 d_2 \cos(w(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_2 d_2^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + m_2 d_2 g \sin(w(t)) = 0
 \end{aligned}$$

Розв'язувати систему рівнянь (5) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з параметрами $d_1 = 4; d_2 = 8; m_0 = 1; m_1 = 1$ і з початковими умовами $u_0 = 0; u'_0 = 0; v_0 = 0; v'_0 = 1; w_0 = 1$ і $w'_0 = -1$.

З умов слідує, що стартове положення візка на початку координат (умова $u_0 = 0$) без початкової швидкості (умова $u'_0 = 0$). Перший маятник починає рух з вертикального положення (умова $v_0 = 0$), якому надано швидкості умовної одиниці у напрямку проти годинникової стрілки (умова $v'_0 = 1$). Другий маятник починає рух з відхиленого положення (умова $w_0 = 1$), якому надано швидкості величиною від'ємної умовної одиниці у напрямку за годинниковою стрілкою (умова $w'_0 = -1$). В результаті візок буде рухатися по осі Ox праворуч. На характер руху впливатимуть величини параметрів інерціоїда і значення початкових умов. При цьому головною «експлуатаційною» характеристикою також буде переривчастість переміщення візка праворуч.

Розрахунок коливань маятникової системи (рис. 7) виконаємо за умови визначення невідомого значення маси m_2 залежно від інших відомих параметрів схеми. Для обчислення критичного значення m_2 використаємо спосіб проєкційного фокусування [3-4]. Для цього побудуємо наближене зображення інтегральної кривої у фазовому просторі однієї з функцій узагальнених координат, що залежатиме від певного значення параметра m_2 . При довільному значенні m_2 у фазовому просторі одержимо «заплутану» інтегральну криву. Її

проекція на фазову площину також матиме вигляд «заплутаної» фазової кривої (рис. 8). При значенні $m_2 = 2$ одержуємо проекційне фокусування (рис. 9).

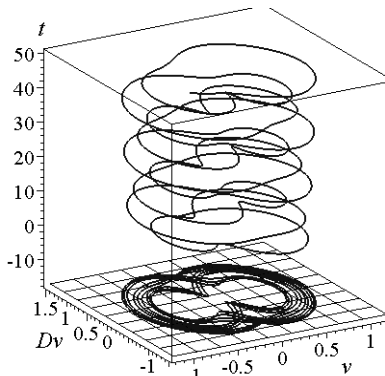


Рис. 8. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для довільного значення m_2

На рис. 10, 11 зображено «сфокусовані» інтегральні криві і фазові траєкторії узагальнених координат $u(t)$ і $w(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$.

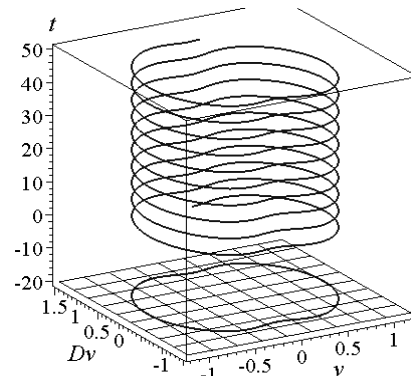


Рис. 9. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

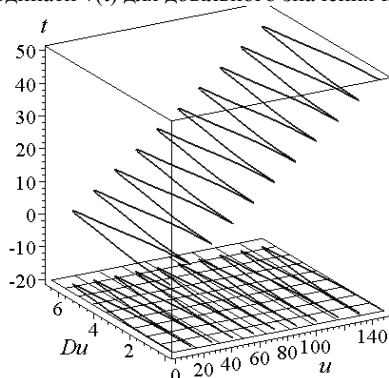


Рис. 10. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $u(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

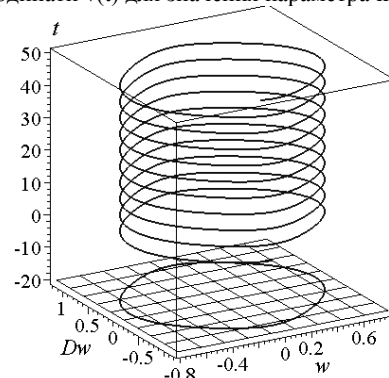


Рис. 11. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $w(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

В роботах [3, 4] показано, що при поєднанні критичного значення параметра (у нашому випадку m_2) з іншими вихідними параметрами коливальної системи дозволяє знайти шукані наближені розв'язки диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду. В результаті обчислень було знайдено набір значень параметрів $d_1 = 4$; $d_2 = 8$; $m_0 = 1$; $m_1 = 1$; $m_2 = 2$ і початкових

умов $u_0 = 0$; $u'_0 = 0$; $v_0 = 0$; $v'_0 = 1$; $w_0 = 1$ і $w'_0 = -1$, які забезпечують існування двох нехаотичних траєкторій переміщення обох вантажів маятників.

На рис. 12 наведено розраховані нехаотичні траєкторії руху вантажів маятників для обраного варіанту.

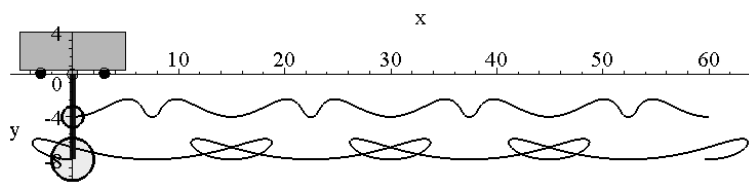


Рис. 12. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

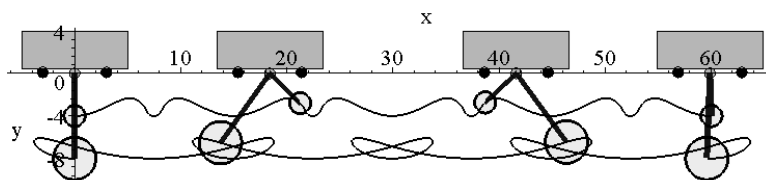


Рис. 13. Зображення коливань маятників під візком

Було складено програму геометричного моделювання руху візка з маятниками за результатами розв'язання системи рівнянь Ланранжа другого роду (5). На базі програми створено анімаційний фільм, кадри з якого представлені на рис. 13. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант

розрахунку характеризується рухом візка праворуч без зупинок завдяки організованим рухам вантажів по обчисленій траєкторії.

Висновки. Розроблений спосіб дозволяє визначати параметри нехаотичних коливань у вертикальній площині вантажів двох маятників під рухомим візком.

Ці коливання здатні ініціювати рух візка у горизонтальному напрямку. Причину переміщення візка можна пояснити погодженими змінами моментів обертання маятників у виявлені моменти положення обох ван-

тажів на обчислених траєкторіях їх переміщення. Проведені дослідження будуть корисними для аналізу причин руху різновидів інерціоїдів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Толчин В.Н. Инерцоид. Силы инерции как источник поступательного движения / В.Н. Толчин – Пермь, Пермское книжное издательство, 1977 г. – 103 с. Электроний ресурс. Режим доступу: http://second-physics.ru/lib/books/tolchin_inertioid.djvu
2. Шипов Г.И. 4D гироскоп в механике Декарта / Шипов Г.И. // Кирилица, 2006, 74 с. Электроний ресурс. Режим доступу: http://www.shipov.com/files/021209_tolchdescart.pdf
3. Семків О.М. Графічний комп'ютерний спосіб визначення нехаотичних траєкторій коливань маятникових систем / О.М. Семків // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного университета. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – Вып. 72. – С. 94–101.
4. Куценко Л.М. Дослідження ініціювання руху візка за допомогою коливання 2d-пружинного маятника / Л.М. Куценко, О.М. Семків // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького – 2016.– Вып. 6. – С. 71–76.

REFERENCES

1. Tolchin V.N. Inercoid. Sily inercii kak istochnik postupatel'nogo dvizheniya / V.N. Tolchin – Perm, Permskoe knizhnoe izdatelstvo, 1977 g. – 103 s. Elektronij resurs. Rezhim dostupu: http://second-physics.ru/lib/books/tolchin_inertioid.djvu
2. Thoms Shipov G.I. 4D giroskop v mexanike Dekarta / Shipov G.I. // Kirilica, 2006, 74 s. Elektronij resurs. Rezhim dostupu: http://www.shipov.com/files/021209_tolchdescart.pdf
3. Semkiv O. Graphic computer method of determination of unchaotic trajectories of vibrations of the pendulum systems / O. Semkiv // Announcer of the Kharkov national motor-car-travelling university. it is Kharkiv: KhNADU, 2016. - Vyp. 72. - S. 94-101.
4. Kutsenko L. Research of initiation of motion of light cart through the swing of the 2d-spring pendulum / L.Kutsenko, O. Semkiv // the Modern problems of design: collection of scientific works / Melitopol: MDPU the name of Khmelnytskyi - 2016.- Vyp. 6. - S. 71-76.

The geometrical modeling of motion of Tolchin's inercioid and his pendulum analog

E. I. Sukharkova, O. V. Shoman, V. V. Semenova-Kulish, G. V. Morozova

Abstract. The geometrical model of motion of Tolchin's inercioid is considered. Made on the basis of equalization of Lagrange the second family, and also possible modification of inercioid, that is based on vibrations in the vertical plane of two pendulums added to the light cart. The unchaotic trajectories of moving of loads of these pendulums were certain, due to what the concerted vibrations of pendulums appear and motion of light cart is initiated in horizontal direction.

Keywords: Tolchin's inercioid, mathematical pendulum, equalization of Lagrange the second family, phase trajectory.

Геометрическое моделирование движения инерциоида В. Н. Толчина и его маятникового аналога

Е. И. Сухарькова, О. В. Шоман, В. В. Семенова-Кулиш, Г. В. Морозова

Аннотация. Рассмотрена геометрическая модель движения инерциоида В.Н. Толчина, составленная на основе уравнения Лагранжа второго рода, а также возможная модификация инерциоида, которая базируется на колебаниях в вертикальной плоскости двух маятников, присоединенных к тележке. Были определены нехаотические траектории перемещения грузов этих маятников, благодаря чему образуются согласованные колебания маятников и иницируется движение тележки в горизонтальном направлении.

Ключевые слова: Инерциоид В.Н. Толчина, математический маятник, уравнение Лагранжа второго рода, фазовая траектория.

THERMAL PHYSICS

Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers in heat supply systems

O. P. Ostapenko

Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
Corresponding author. E-mail: ostapenko1208@gmail.com.

Paper received 28.01.17; Accepted for publication 05.02.17.

Abstract: The approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) of small power and peak electric boilers (EB) in heat supply systems (HSS), on conditions of optimal operation modes of CHPI, taking into consideration complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor heat pump installations (HPI) of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy, is suggested.

Keywords: area of high energy efficient operation, energy supply system, cogeneration heat pump installation, peak electric boiler, heat supply system

Introduction. In recent years a number of investigations, dealing with the efficiency of usage combined cogeneration heat pump installations in thermal schemes of heat and energy supply sources were carried out [1 – 12]. The application of combined CHPI enables to reduce the consumption of natural or alternative gas by 30 – 45 %, as compared with boiler installations of the equivalent capacity [1], and obtain cheaper at cost electric energy, as compared with the grid energy (by 30 – 40 %). Cogeneration drive of HPI compressors can be provided on the base of gas engines-generators, manufactured by Ukrainian enterprises.

Publications review on the subject. In research [8] energy efficiency of ESS, based on combined CHPI and peak sources of heat (PSH) is evaluated, efficient operation modes of these ESS with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined. In research [9] methodical fundamentals are developed, assessment of energy efficiency of ESS with combined CHPI and PSH, on conditions of optimal operation modes of CHPI for heat supply systems is performed. In accordance with [8 – 9], optimal distribution of loading between CHPI and PSH (for instance, hot-water fuel-fired boiler, electric boiler, solar collectors, etc.) within the frame of ESS largely determines energy efficiency of the above-mentioned ESS. Such distribution is characterized by the share of CHPI loading within the frame of ESS β , that is determined as the ratio of thermal capacity of CHPI to thermal capacity of ESS $\beta = Q_{CHPI}/Q_{ESS}$. In the paper [8] it is suggested to realize comprehensive assessment of ESS with CHPI and PSH energy efficiency by complex dimensionless criterion of energy efficiency:

$$K_{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI}, \quad (1)$$

where K_{PSH} – dimensionless criterion of energy efficiency of peak source of heat within ESS (hot-water fuel-fired boiler (FB), electric boiler (EB), solar collectors, etc.),

K_{CHPI} – dimensionless criterion of CHPI within ESS energy efficiency from the researches [2, 7 – 8].

In research [8] spheres of energy efficiency operation of CHPI of various power levels, obtained on the base of the research [7] and determined by CHPI energy efficiency dimensionless criterion K_{CHPI} , depending on real values of HPI coefficient of performance ϕ_r and efficient factor of gas-piston engine-generator (GPE) η_{EGPE} . Energy efficient operation modes of CHPI correspond to the condition $K_{CHPI} > 1$. High values of energy efficiency dimensionless criterion for ESS with CHPI, obtained in [8], confirm high energy efficiency of such combined energy supply systems. In [9] it is determined that energy efficiency of ESS with CHPI and peak electric boilers almost two times exceeds the energy efficiency of modern high efficient electric and fuel-fired boilers, intended for operation in heat supply systems.

In [1–12] the authors did not determine the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB in HSS, on conditions of optimal operation modes of CHPI.

Objective. Aim of the research is the determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB in HSS, on conditions of optimal operation modes of CHPI; determination of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI and peak EB in HSS, with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy.

Materials and methods. The research contains the evaluation of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak EB in HSS. Energy efficiency of ESS with steam compressor HPI of small power (up to 1 MW) with cogeneration drive from GPE was studied. Electric boiler houses were provided to be used as peak sources of heat in ESS. The investigated ESS with CHPI and EB can completely or partially provide auxiliary needs in electric energy and provide the consumers needs in heating and hot water supply. Schemes of the ESS with CHPI and peak EB for heat supply systems are presented in works [1, 10]. Methodical

fundamentals of energy efficiency evaluation of ESS with CHPI and EB are given in research [8]. Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB in HSS can be determined from the dependences, suggested in the research [11 – 12], on conditions of $K_{CHPI} > 1$ and $K_{ESS} > 1$ [11]. If the above-mentioned conditions are realized, the investigated ESS with CHPI and EB can be recommended as high efficient energy supply systems that can be competitive with modern high-efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems. In our study the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB for heat supply systems are defined on conditions of optimal operation modes of CHPI on the base of the research, carried out [7 – 8].

Results and discussion. Application of the suggested approaches, aimed at determination of the areas of ESS with small power CHPI and EB high energy efficiency for heat supply systems will be demonstrated on the specific examples. Figs. 1 – 2 shows the results of research, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with small power CHPI and EB in HSS, for energy efficient operation modes of CHPI, based on the results of the studies [7 – 8]. The values of the dimensionless criterion of energy efficiency of ESS with small power CHPI and EB in HSS is studied for the cases of seasonal variable loading of CHPI within ESS for optimal values of CHPI loading share the range of $\beta = 0,16...0,63$ [13 – 14], that corresponds to temperature modes of heat supply system operation. As above mentioned, the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI and FB can be determined on conditions of $K_{CHPI} > 1$ and $K_{ESS} > 1$ [11].

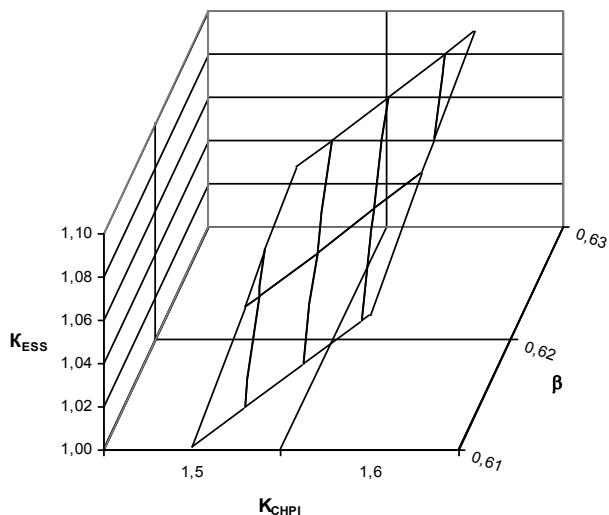


Fig. 1 – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler house for heat supply, on conditions of minimal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by electric boiler from CHPI

The research is carried out for energy efficient operation modes of CHPI with $K_{CHPI}=1,1...2,1$ (on conditions of maximum efficiency of GPE) and with $K_{CHPI}=1,1...1,6$ (on conditions of minimum efficiency of GPE), based on the results of the studies [7 – 8]. The above-mentioned values of CHPI K_{CHPI} energy efficiency criterion correspond to the values of real coefficient of performance of CHPI within the limits of $\phi_r = 3,0...5,4$

for CHPI of small power, according to [8].

Fig. 1 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler house for heat supply, on conditions of minimal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by electric boiler from CHPI.

In the given research, according to [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor $\eta_{EGPE} = 0,31$ and value of electric motor efficiency with the account of energy losses in the control unit of electric motor $\eta_{ED} = 0,8$. Electric boiler house with $\eta_{EB} = 0,9$ is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions. The value of dimensionless criterion of energy efficiency of electric boiler for the cases of electric energy consumption from CHPI will be $K_{PSH}^{EC} = 0,223$.

As it is seen from Fig. 1, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are $K_{ESS} = 1,0...1,03$ on condition of minimal efficient value of energy efficient criterion of CHPI $K_{CHPI} = 1,5$; for operation modes of ESS with $K_{CHPI} > 1,5$ the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of $K_{ESS} = 1,06...1,09$. For the investigated operation modes of ESS for heat supply systems the values of the complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are $K_{ESS} = 1,0...1,09$ on condition of $\beta = 0,61...0,63$ and it can reach the value of $K_{ESS} = 1,6$ [9, 11] on condition of $\beta = 1$.

As it is seen from Fig. 1, on conditions of $K_{CHPI} > 1,5$ and $K_{ESS} > 1$ [11], dependence, shown in Fig. 1, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler (boiler house), on conditions of minimal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by electric boiler from CHPI. On these conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient systems of energy supply, as their efficiency exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers.

Fig. 2 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and EB for heat supply, on conditions of maximal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak electric boiler from CHPI. In the given research, according to [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor $\eta_{EGPE} = 0,42$ and value of electric motor efficiency with the account of energy losses in the control unit of electric motor $\eta_{ED} = 0,8$. Electric boiler house with $\eta_{EB} = 0,95$ is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions. The value of dimensionless criterion of electric boiler energy efficiency for the cases of electric energy consumption from CHPI will be $K_{PSH}^{EC} = 0,319$.

As it is seen from Fig. 2, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are $K_{ESS} = 1,01...1,19$ on condition of minimal efficient value of energy efficient criterion of CHPI $K_{CHPI} = 1,7$; for operation modes of ESS with $K_{CHPI} > 1,7$ the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency

change within the limits of $K_{ESS} = 1,06...1,44$.

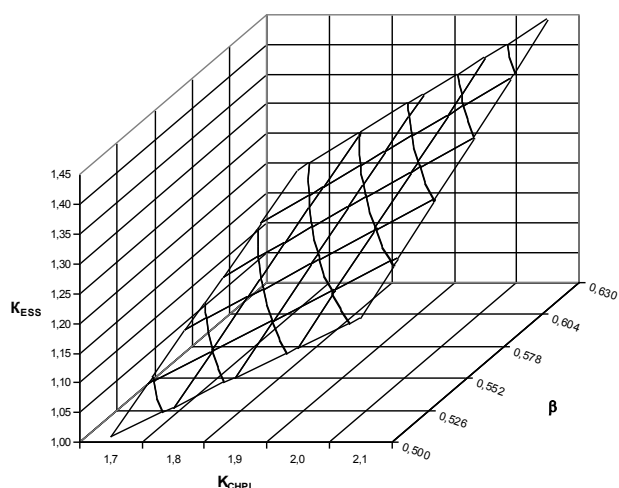


Fig. 2 – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and EB for heat supply, on conditions of maximal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak electric boiler from CHPI

For the investigated operation modes of ESS with CHPI of small power and EB for heat supply systems the values of the complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are $K_{ESS} = 1,01...1,44$ on condition of $\beta = 0,5...0,63$ and it can reach the value of $K_{ESS} = 2,1$ [8 – 9, 11] on condition of $\beta = 1$.

As it is seen from Fig. 2, on conditions of $K_{CHPI} > 1,7$ and $K_{ESS} > 1$ [11], dependence, shown in Fig. 2, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler (boiler house), on conditions of maximal efficiency of GPE and electric boiler (boiler house). On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The studied ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat and energy supply systems.

The area of high efficient operation of ESS with CHPI of small power and EB, on condition of electric energy consumption by peak electric boiler from energy system of Ukraine, in the process of operation in heat supply systems, is determined in research [12]. In our research it is determined that ESS with small power CHPI and peak electric boilers will be high energy efficient, if the share of CHPI load in ESS will be $\beta > 0,5...0,61$ (depending on the levels of energy efficiency of GPE and EB). However, such operation modes of ESS will be provided on condition of high efficient operation of CHPI with energy efficiency index of $K_{CHPI} > 1,5...1,7$ (depending on various ESS elements energy efficiency). These conditions corre-

spond to the results of the research, shown in Figs. 1-2. At these conditions the areas of high energy efficiency of the above-mentioned ESS are determined. Under realization of these conditions, modern high efficient electric and fuel-fired boilers will be inferior by energy efficiency to the above-mentioned ESS.

Under such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems for heat supply, as even in case of minimal efficiency of GPE and electric boiler, energy efficiency of ESS exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. This ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in the systems of heat and energy supply.

Conclusions. Areas of high energy efficiency of ESS with small power CHPI and EB in HSS, on conditions of optimal operation modes of CHPI are determined; energy efficient operation modes of ESS with CHPI and EB in HSS, with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined.

The suggested approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with small power CHPI and EB in HSS has a number of advantages:

- it takes into account variable operation modes of ESS for heat supply during the year with the change of loading share between steam compressor CHPI and peak EB in ESS;

- it enables to determine areas and modes of high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and EB for heat supply, at which energy efficiency of the studied ESS almost two times exceeds energy efficiency of modern high energy efficient electric and fuel-fired boilers;

- it allows to develop recommendations, aimed at high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and EB with different scheme solutions for heat supply systems.

Under conditions of $K_{CHPI} > 1,5...1,7$ (depending on various ESS elements energy efficiency) and $K_{ESS} > 1$ the areas of high energy efficiency and high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak electric boilers, for various ESS elements energy efficiency are determined. It is determined that ESS with small power CHPI and peak electric boilers for heat supply will be high energy efficient, if the share of CHPI load in ESS will be $\beta > 0,5...0,61$ (depending on the levels of energy efficiency of GPE and EB). Under these conditions the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers.

REFERENCES

1. Tkachenko S. Y. Steam compressor heat pump installations in heat supply systems: monograph / S. Y. Tkachenko, O. P. Ostapenko. – Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia. – 2009. – 176 p.
2. Ostapenko O. P. Energy efficiency of steam compressor heat pumps with electric and cogeneration drive [Electronic resource] / O. P. Ostapenko, V. V. Leshchenko, R. O. Tikhonenko // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2014. – №4. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/25/25>.
3. Ostapenko O. P. Energy advantages of application of steam compressor heat pumps with electric and cogeneration drive [Electronic resource] / O. P. Ostapenko, V. V. Leshchenko,

- R. O. Tikhonenko // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2015. – №1. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/437/435>.
4. Ostapenko O. P. Methodical fundamentals of complex assessment of energy efficiency of steam compressor heat pump plants with electric and cogeneration drive / O. P. Ostapenko // Scientific Works of Odesa National Academy of Food Technologies. – 2015. – Vol. 47. – Part 2. – P. 157 – 162.
 5. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph/O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016.–64 p.
 6. Ostapenko O. P. Complex evaluation of energy efficiency of steam compressor heat pump plants with cogeneration drive [Electronic resource] / O. P. Ostapenko // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2015. – №3. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/36/36>.
 7. Ostapenko O. P. Energy efficiency of energy supply systems, based on combined cogeneration heat pump installations [Electronic resource] / O. P. Ostapenko, V. V. Leshchenko, R. O. Tikhonenko // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2015. – №4. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/451/453>.
 8. Ostapenko O. P. Energy efficiency of energy supply systems, based on combined cogeneration heat pump installations and peak sources of heat [Electronic resource] / Ostapenko O. P. // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2016. – № 1. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/462/464>.
 9. Ostapenko O. P. Energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat in heat supply systems [Electronic resource] / Ostapenko O. P. // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2016. – № 2. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/472/474>.
 10. Ostapenko O. P. Refrigeration equipment and technology. Heat pumps: tutorial / O. P. Ostapenko. – Vinnytsia : VNTU, 2015. – 123 p.
 11. Ostapenko O. P. Spheres of energy efficiency operation of energy supply systems with cogeneration-heat pump installations and peak sources of heat [Electronic resource] / Ostapenko O. P. // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2016. – № 3. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/479/481>.
 12. Ostapenko O. P. Spheres of energy efficiency operation of energy supply systems with cogeneration-heat pump installations and peak sources of heat in heat supply systems [Electronic resource] / Ostapenko O. P. // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2016. – № 4. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua>.
 13. Ostapenko O. P. Energy, ecology and economy aspects of the efficiency of heat power stations operating on natural and industrial heat sources [Electronic resource] / O. P. Ostapenko, Y. V. Bakum, A. V. Yuschishina // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2013. – № 3. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/384/382>.
 14. Ostapenko O. P. Energy efficiency of heat pumping stations with different heat sources on condition of variable operation modes [Electronic resource] / O. P. Ostapenko, O. V. Shevchenko, O. V. Bakum // Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. – 2013. – №4. – The access mode is to the magazine: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/394/392>.

Области высокой энергоэффективности систем энергоснабжения с когенерационно-теплонасосными установками малой мощности и пиковыми электрическими котлами в системах теплоснабжения

О. П. Остапенко

Аннотация: Предложен подход по определению областей высокой энергоэффективности систем энергоснабжения (СЭ) с когенерационно-теплонасосными установками (КТНУ) малой мощности и пиковыми электрическими котлами (ЭК) в системах теплоснабжения, при условиях оптимальных режимов работы КТНУ, с учетом комплексного влияния переменных режимов работы, источников приводной энергии для парокompрессионных теплонасосных установок (ТНУ) малой мощности, с учетом потерь энергии при генерировании, снабжении и преобразовании электрической энергии.

Ключевые слова: область высокой энергоэффективности, система энергоснабжения, когенерационно-теплонасосная установка, пиковый электрический котел, система теплоснабжения

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.
1022 Budapest, Balogvár u. 1.
www.rcontact.hu