

SCIENCE AND
EDUCATION
A NEW
DIMENSION
NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES



p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

II(4), Issue 32, 2014

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

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

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

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

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, Vice-Rector, J. Selye University in Komarno, Slovakia

Anatolij Morozov, Doctor of Science in History, Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

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

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, Odesa, Ukraine

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

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

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

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

Valentina Orlova, CSc 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 in 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, 2014

Statement:

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and coauthors. 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:

INNO SPACE SCIENTIFIC JOURNAL IMPACT FACTOR: 2.642

ISI (INTERNATIONAL SCIENTIFIC INDEXING) IMPACT FACTOR: 0.465

DIRECTORY OF RESEARCH JOURNAL INDEXING

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

GOOGLE SCHOLAR

CONTENT

MEDICINE, BIOLOGY, REHABILITATION AND SPORTS	6
<i>Barkáts N.</i> Palmaris longus, a muscle that lost its function, or not? A pilot study	6
<i>Gregirchak N.N., Lych I.V.</i> Research on cancer vaccines on cellular immunity of mice with Lewis lung carcinoma	9
<i>Lych I.V., Voloshyna I.M.</i> Immunomodulatory properties of the interferoninducing molecular complex	15
<i>Баличиева Д.В.</i> Медико-биологические критерии неблагоприятного действия физических факторов на репродуктивную систему	22
CHEMISTRY	26
<i>Брем В.В., Кожухарь В.Я., Дмитренко И.В., Буга С.П.</i> Технологические особенности получения влагостойких флюсов	26
<i>Куниченко Б.В., Гайдаржи И.И., Куниченко Б.Б., Мотняк Л.А.</i> Взаимодействие перхлорпиридинкарбоновых кислот с SF ₄ в среде безводного HF	31
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES	35
<i>Borkach E.I., Ivanitsky V.P., Kovtunenکو V.S.</i> Order and disorder in the aggregate states of the substance	35
<i>Dzyuba V.A., Steblyanko P.O.</i> Use of splines in the calculation of deflections for plates of variable thickness	41
<i>Сорокина М.М., Петрушин П.В., Макухин Р.А.</i> О τ -замкнутых n -кратно ω -центральных и n -кратно Ω -композиционных формациях конечных групп	48
<i>Вотякова Л.А., Дьогтева І.О.</i> Математична модель одноканальної системи масового обслуговування із зростаючим надходженням вимоги	52
<i>Мартон А., Голомб Р., Міца В., Вереш М., Боркач С., Піго І.</i> Раман спектри та порівняльний аналіз структури стекел розрізів As ₂ S ₃ -GeS ₂ , As ₂ S ₃ -Ge ₂ S ₃ , As ₂ S ₃ -GeS	56
TECHNICAL SCIENCES	62
<i>Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Kholod E.G.</i> Some aspects of constructing of the high-efficiency multiprocessor system	62
<i>Kniazieva N.A., Kalchenko A.S.</i> Approach to evaluating the quality of telecommunication services in next generation networks	68
<i>Гачак Ю.Р., Михайлицька О.Р.</i> Застосування рослинної біодобавки в технології сирів голландської групи	71
<i>Мельник В., Бліндер Ю., Мендель В.</i> Математичний формалізм трансформації радіоекологічного стану території із застосуванням матриць Маркова і РЕМ-мікроскопії	75

MEDICINE, BIOLOGY, REHABILITATION AND SPORTS

Barkáts N.

Palmaris longus, a muscle that lost its function, or not? A pilot study

Norbert Barkáts, Postgraduate student

Department of biological anthropology, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

Abstract. The palmaris longus muscle is one of the most variable muscles in human body. Its most common anatomic variation is the complete agenesis of the muscle. The palmaris longus is considered to be a phylogenetically redundant muscle which lost its function. This led to great importance of the muscle in plastic and reconstructive surgery, since the palmaris longus can be extracted from the forearm without any complications, and can be used as a donor muscle. The general point of view is that the presence or absence palmaris longus has no effect on the functioning of the forearm. This pilot study aims to assess the grip strength in people who have unilateral agenesis of the muscle, thus establish whether it has any influence on the grip strength. According to the results there is a great deviation from the expected results in patients who had unilateral agenesis of the muscle.

Keywords: *palmaris longus muscle, agenesis, grip strength, Hungarian population*

Introduction

The palmaris longus muscle (PLM) is often described as a phylogenetically degenerate muscle, which lost its function and is no longer needed for human hand since it can perform its functions properly with or without the muscle alike [7]. The function loss of the muscle is considered to be the main reason behind the development of a number of different variations of palmaris longus that are described in the literature, such as: agenesis of PLM, the most frequent anatomical variation [15], reversed PLM [Salgado], double PLM [11], variation in location [15], and many others. As the human hand functions are usually not affected by the variations of the muscle, they usually remain unnoticed.

According to the anatomical descriptions PLM is as a slender, fusiform muscle, with a short muscular belly which is positioned proximally and a long tendon (10-12 cm) which passes anterior (superficial) and distally in forearm of the upper limb of humans and disposed medial to flexor carpi radialis. It is innervated by median nerve and irrigated by branches from anterior ulnar recurrent arteria. This muscle has its origin in the medial epicondyle of the humerus [13] palmaris longus has largely abandoned a direct bony attachment by attaching instead to the palmar fascia [5]. Usually the anatomy books describe the most frequent anomaly of PLM, its complete agenesis, and state that the frequency of the agenesis is usually about 15%, but from the relevant literature we may know that the frequency of the agenesis may vary in a great way depending on the population in which it was examined. [3, 6, 7, 9, 15] This study was done in Hungarian population in which the agenesis rate may vary between 33 and 53% [1, 2, 3, 4, 5].

The general point of view is that PLM lost its function and the muscle is no longer needed for proper functioning of the hand. Yet some studies suggest that the muscle could retain some of its original functions and may still play some role in certain moves of hand and fingers. [6]. This made the PLM one of the main donor muscles of the human body for tendon grafts and flaps used in plastic and reconstructive surgery, orthopaedics and hand surgery. The generally accepted point of view is that if we remove the tendon of the PLM, it won't affect the functioning of the hand in any way. [10, 20]. Yet there are only a few studies which could confirm this opinion [8, 10, 18]. This paper presents the results of a pilot study

done to assess the influence of the absence or presence of palmaris longus muscle on the grip strength, and to establish whether further studies would be expedient.

Materials and methods

From overall 500 patients examined by conventional tests for establishing the absence or presence of PLM 140 individuals were selected whose grip strength was measured by dynamometer. The group of selected 140 individuals consisted of 3 subgroups: first subgroup was assembled of 20 patients who had unilateral agenesis of PLM in their right hand. The second subgroup was assembled of 20 patients who had unilateral agenesis of PLM in their left hand. The third subgroup was a control group consisting of 100 people who had PLM in their both hands. There were several studies examining the effect of the absence or presence of PLM on the grip strength. Yet to state certainly that the PLM has or don have effect on grip strength we would have to examine patients that have the same muscles except for the presence or absence of the PLM. This could be done only if we examine patients that have the muscle, then surgically remove the PLM and after complete recovery of hand and forearm muscles to the state before surgery, assess the grip strength again. Obviously we can't do this. It was established that the best way to maximally near the conditions mentioned above is to examine the grip strength of people who had agenesis only in one hand. According to 10% rule the grip strength of the dominant hand is 10% stronger than the grip strength on non-dominant hand. Yet from previous studies we know that this rule is not always true. We may assume that the difference in grip strength may vary between different populations and different groups depending on genetic background, lifestyle, occupation and many other factors. To establish the difference in grip strength of dominant and non-dominant hands in the examined population a control group of 100 patients also was examined during the study.

During the examination all people who were doing any sports or activities that could lead to development on increased grip strength in one of the hands were excluded from the study. All the patients who had any medical issues that could influence the proper functioning of the hand or grip strength were also excluded from the study.

For the assessment of the presence or absence of the palmaris longus muscle six different tests were used. Namely: Thompson's [19], Schaeffer's [17], Pushpakumar's [14], Mishra's 1, Mishra's 2 [12] and Hiz-Ediz [9].

The grip strength was measured by a calibrated dynamometer.

Results

In the control group the general difference in the grip strength between dominant and non-dominant hands was 10.71%. This result makes the 10% rule in the Hungarian population a quite reliable orientation point.

During the evaluation of the results the first subgroup – people who had agenesis in their right hand – had to be

divided further in two smaller groups: right-handers – 16 people, and lefthanders – 4 people. The difference in grip strength in right-handers who had agenesis in their right hand was -1.88%. This means that in these people the grip strength in non-dominant hand was 1.88% higher than in dominant. In the lefthanders who had agenesis in their right hand the dominant hand was stronger by 18.11%.

The second subgroup – people who had agenesis in their left hand didn't have any lefthanders. In this group the dominant hand was stronger by 23.93%.

Unfortunately the numbers obtained during the pilot study are not enough for a convincing statistical analysis. Yet as it can be seen in fig. 1. there is a great deviation from both 10 % rule and control group in all the cases when the patients had agenesis only in one of their hands.

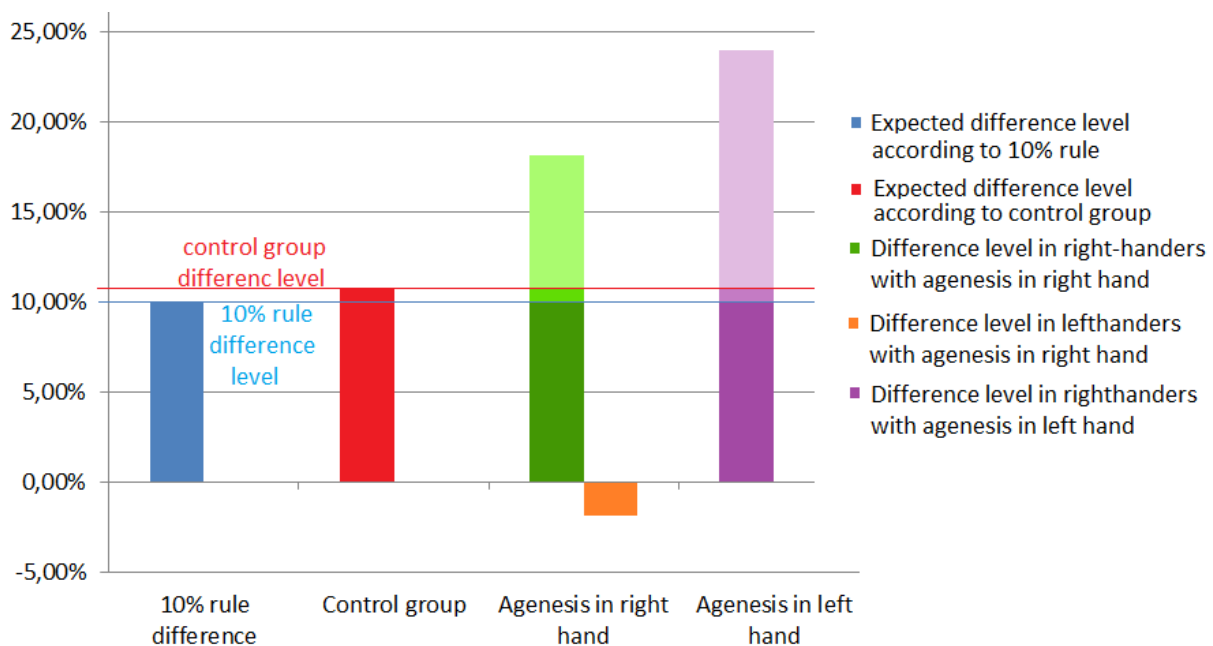


Fig. 1. Differences between grip strength of dominant and non-dominant hands in examined sample

Discussion

Currently the general opinion is that the palmaris longus muscle has no influence on grip strength or functionality of hand, and its surgical removal would not affect the grip strength of patient. The present study shows that the PLM may still have some role in the functioning of the hand and there could be negative effects on grip strength after the surgical removal of PLM during plastic or reconstruct-

tive surgeries. Unfortunately this pilot study did not provided enough data for proper statistical evaluation thus we can't exclude the possibility that the present results are only a product of accidental coincidence caused by low sample size. Yet the differences found between control group and groups with unilateral agenesis give us a good starting point for further studies.

REFERENCES

1. Barkáts N. 2011a: Prevalence of absence PL in Hungarian population of Transcarpatia (Ukraine). International Scientific Symposium "Identification ways of Individuals, Groups and Species" 9th-10th December, 2011, Komarno, Slovakia. Abstract Book. Editor: PaedDr. Melinda Nagy, PhD. Abstract Book. – Published by J. Selye University in Komarno. 2011. – P. 12.
2. Barkáts N. 2013. The prevalence of the palmaris longus muscle's agenesis in hungarian students. Papers on Anthropology. XXII, 28–33.
3. Barkáts N. 2014. A palmaris longus izom rendellenességei, orvosi jelentőségük, és az izom felhasználása a sebészeten. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, II(3)21:16-19.
4. Barkáts N., Nagy M. 2013. Agnesis of palmaris longus muscle in representatives of Hungarian population of Slovakia. Science nad Education a New Dimension. 2: 184-186.
5. Benjamin M, Kaiser E, Milz S. (2008) Structure-function relationships in tendons: a review. J Anat212, 211–228.
6. Cetin A, Genc M, Sevil S, Coban YK. 2013. Prevalence of the palmaris longus muscle and its relationship with grip and pinch strength: a study in a Turkish pediatric population. HAND. 8:215-220.

7. Ceyhan O, Mavt A. 1997. Distribution of agenesis of Palmaris longus muscle in 12 to 18 years old age groups. Indian J. Med. Sci 51:156-160.
8. Gangata H, Ndou R, Louw G. 2010. The contribution of the palmaris longus muscle to the strength of thumb abduction. Clin Anat. 23:431-436.
9. Hiz Ö, Ediz L, Fethi Ceylan M, Gezici E, Gülcü E, Erden M. 2011. Prevalence of the absence of palmaris longus muscle assessed by a new examination test (Hiz-Ediz Test) in the population residing in the area of Van, Turkey. Journal of Clinical and Experimental Investigations 2:254-259.
10. Köse Ö, Adanir O, Oto M, Kürklü M, Kömürçü M. 2012. The contribution of the palmaris longus muscle to the grip strength. El ve Mikrocerrahi. 1(1):7-9.
11. Min Jung Park, Surena Namdari, Jeffrey Yao. 2010. Anatomic Variations of the Palmaris Longus Muscle. Am J Orthop 39(2):89-94.
12. Mishra S. 2001. Alternative tests in demonstrating the presence of palmaris longus. Indian J. Plast. Surg 34:12.
13. Moore Kl, Dalley AF. 2007. Anatomia Orientada para Clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
14. Pushpakumar SB, Hanson RP, Carroll S. 2004. The 'two finger' sign. Clinical examination of palmaris longus (PL) tendon. Br. J. Plast. Surg 57:184-185.
15. Reimann AF, Daseler EH, Anson BJ, Beaton LE. 1944. The palmaris longus muscle and tendon. A study of 1600 extremities. Anat Rec 89:495-505.
16. Salgado G, Cantin M, Inzunza O, Munoz A, Saez J, Macuer M. 2011. Bilateral reversed palmaris longus muscle: a rare anatomical variation. Folia Morphol 71(1):52-55
17. Schaeffer JP. 1909. On the variations of the palmaris longus muscle. Anat Rec 3:275-8.
18. Sebastin SJ, Lim AY, Bee WH, Wong TC, Methil BV. 2005. Does the absence of the palmaris longus affect grip and pinch strength. J Hand Surg Br. 30:406-408.
19. Thompson JW, McBatts J, Danforth CH. 1921. Hereditary and racial variations in the musculus palmaris longus. Am. J. Phys. Anthropol 4:205-20.
20. Wehbe MA. 1992. Tendon graft donor sites. J Hand Surg Am. 17: 1130-1132.

Боркач Н. Длинный ладонный мускул утратил свою функцию или все же нет? Пилотное исследование

Аннотация. Длинная ладонная мышца является одной из наиболее переменных мышц в организме человека. Наиболее распространенной анатомической вариацией является полная агенезия мышцы. Palmaris longus считается филогенетически излишней мышцей, которая утратила свою функцию. Это сделало мышцу очень важной в пластической и реконструктивной хирургии, так как длинная ладонная мышца может быть извлечена из предплечья без каких-либо осложнений, и использована в качестве мышцы-донора. Общепринятой является точка зрения, что наличие или отсутствие большой ладонной мышцы не имеет никакого влияния на функционирование предплечья. Это пилотное исследование ставит своей целью оценить прочность сцепления в людей, у которых обнаружена односторонняя агенезия мышцы, тем самым установить, имеет ли она какое-либо влияние на прочность захвата. Обнаружено существенное отклонение от ожидаемых результатов у пациентов с односторонней агенезией длинной ладонной мышцы.

Ключевые слова: длинная ладонная мышца, недоразвитие, прочность сцепления, венгерского населения

Gregirchak N.N., Lych I.V.

Research on cancer vaccines on cellular immunity of mice with Lewis lung carcinoma

*Gregirchak Nataliya Nikolaevna, PhD in Engineering, assistant professor,
Lych Inna Valentinovna, PhD in Biology, assistant professor,
National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine*

Abstract. Antitumor activity of xenogenic and homologous vaccines prepared with the use of protein containing metabolites of *Bacillus subtilis* B-7025 with molecular weight of 18.5 and 70 kDa were studied on Lewis lung carcinoma model. The relation of tumor growth dynamics in mice that received vaccines injections with cytotoxic activity of lymphocytes and macrophages was revealed. Those results can be used for further studies of the vaccine impact on humoral immunity section and for potential production of cancer vaccines based on these glycoproteins and chicken embryonic proteins.

Keywords: *adjuvants, cancer vaccines, tumor associated antigens, Lewis lung carcinoma, proliferation, apoptosis*

Introduction

Treatment of tumors is a complex, and in malignant forms, not always a solvable problem. One of the main methods of its control is the use of chemotherapy, which provides a direct cytotoxic effect on pathology. Introduction to oncology practice of various schemes of combined and complex treatment with new chemotherapy has enhanced the effectiveness of traditional methods and achieved, in some cases, complete remission, which, however, did not change the overall situation. Indicators of overall mortality from cancer remained almost the same, and metastatic forms of disease take significant proportions of them [1, 4, 6]. Often the death of a patient, regardless of the successfully cured primary tumor node, is caused by metastasis which have already existed at the time of diagnosis. This means that, in most cases, systemic chemotherapy used for prevention and control of metastases does not lead to the desired effect [4,7].

The current situation poses a difficult challenge for researchers to find fundamentally new methods and schemes of malignant tumors treatment. Over recent years there has been growing interest of researchers to methods of biotherapy, such as immunotherapy of cancer patients [2, 4, 5]. The latter has several areas, including the use of cytokines, monoclonal antibodies and specific anti-tumor vaccines. The use of cancer vaccines is very promising, which applies the use of tumor associated antigens (TAA), based on the formation of specific anti-tumor immune responses. It should be noted that most tumor antigens have low immunogenicity, leading to the need to find different ways to improve cancer vaccines [3]. One way to enhance the immune response to antigens is to use adjuvants, the spectrum of which is very broad. However, the effect of adjuvants on the immunogenicity of tumor antigens and the dynamics of nonspecific and specific antitumor responses is still not defined.

Previously, the main task of scientists who studied excipients was to use them for stimulation of humoral immunity. Adjuvants were either included into the anti-infection vaccine or used with animals for the induction of immunoglobulin synthesis. It was found that many of them are able to stimulate cell-mediated immunity and are suitable for use as part of cancer vaccines. However, the effect of excipients on the immunogenicity of TAA and dynamics of nonspecific and specific antitumor responses remains an open question [6].

In previous studies on exposure of vaccines based on chicken embryonic proteins and adjuvants of different biological origin on tumor-bearing animals immunization, it has been shown that all proposed materials of protein-containing metabolites *B. subtilis* B-7025 with molecular

weights of 18.5 and 70 kDa have the best immune modulating properties. Therefore, we selected these components from the filtrate of culture fluid *B. subtilis* B-7025 for further research on an experimental model of Lewis lung carcinoma.

Paper objective is to study the influence of anti-tumor vaccine based on chicken embryonic proteins and protein-containing metabolites *Bacillus subtilis* B-7025 on cellular immunity of mice with Lewis lung carcinoma.

Experimental part

Objects of research. Within the experiment, there were used male mice Balb/C, 2-2.5 months old and with average weight of 18-20 g, obtained from the vivarium of Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology of NAS of Ukraine. As a model of tumor growth there was used Lewis lung carcinoma.

A series of experiments, namely triple immunization of animals by chicken embryonic proteins (0.1 mg of protein per injection) were carried out in mono or in combination with adjuvant: lipids from cell *B. subtilis* B-7025 molecular weight 18.5 kDa and 70 kDa (0.006 mg/injections), microbial cell BCG (0,34108 CFC/injections), colloidal silver (Ag) and suspension of iron oxide (Fe₃O₄) in 2% solution of polidekstran (0.06 mg/injections). For intact control (IC) were used animals injected with NaCl.

To induce tumors, Lewis lung carcinoma cells were injected intramuscularly (i/m) in the right hind limb at a dose of 1×10^6 cells / mouse in 0.3 ml of the physical solution to all groups of animals other than intact one.

Animals were divided into 10 groups of 10 animals each. Mice of groups II, VII, VIII, IX, X under ether anesthesia had their tumors surgically removed. Vaccination of mice was performed twice with an interval of 2 days in subcutaneous manner in a volume of 0.3 ml of vaccine at a concentration of 0.3 mg/ml. Immunological parameters were measured on the 34th day after tumor cells transplantation.

Research methods. Vaccines were produced by the standard method developed by Zatula. The necessary concentration of adjuvants was added to chicken embryo extract of protein with concentration of 0.3 mg/ml. After being mixed, the mixture has been incubated in an incubator for two hours at a temperature of +37 °C.

Immunological researches were carried out using the MTT test. As target cells were used as homologous tumor strains. As sell effectors – allocated lymphocytes and macrophages.

Immunological examination of animals included: identification of cytotoxic activity and antibody-dependent cytotoxic activity of lymphocytes and macrophages,

cooperative cytotoxic activity of effector cells; antibody dependant cooperative cellular cytotoxicity of lymphocytes and macrophages, ELISA detection of generated antibodies specific to chicken embryonic proteins or tumor antigens LLC, enzyme immunoassay of specific antibodies.

Results and discussions

We have evaluated immunological parameters xenogenic antitumor vaccine based on chicken embryonic proteins and adjuvant of different biological origin, in order to establish the most effective adjuvant and determine by which the possible immunological process is the realization of cancer vaccines.

Investigation of cytotoxic activity of lymphocytes plays the main role in blocking tumor process. In assessing the test results to determine cytotoxic activity of lymphocytes can be seen that the introduction of CEP in conjunction with protein containing metabolites of *B. subtilis* B-7025 (with mol. mass of 18.5 kDa and 70 kDa) decreases lymphocyte cytotoxicity. This indicates a

decrease of load on the immune system of animals with the tumor growth. Using lectin *B. subtilis* B-7025 observed a tendency to increase cytotoxic activity of lymphocytes. Use of other adjuvant not led to significant changes in activity of lymphocytes.

At the researching of antibody depended cytotoxic activity of lymphocytes (Fig. 2) was found that only in the groups treated with CEP and CEP with *S. aureus* peptidoglycan, it was less than in intact controls. In all other experimental groups have observed a tendency to its increase.

Within the ELISA method there were established that the maximal synthesis of antibodies was observed in groups of animals, which as an adjuvant to CEP got protein containing metabolite *B. subtilis* B-7025 with mol. weight 18.5 kDa and 70 kDa and peptidoglycan of *S. aureus* cells. In the group of animals where as adjuvant were used BCG synthesis of antibodies was lower, than in group with chicken embryonic proteins (Fig. 3). According to this we can conclude that BCG activates the cellular immunity and suppress of humoral.

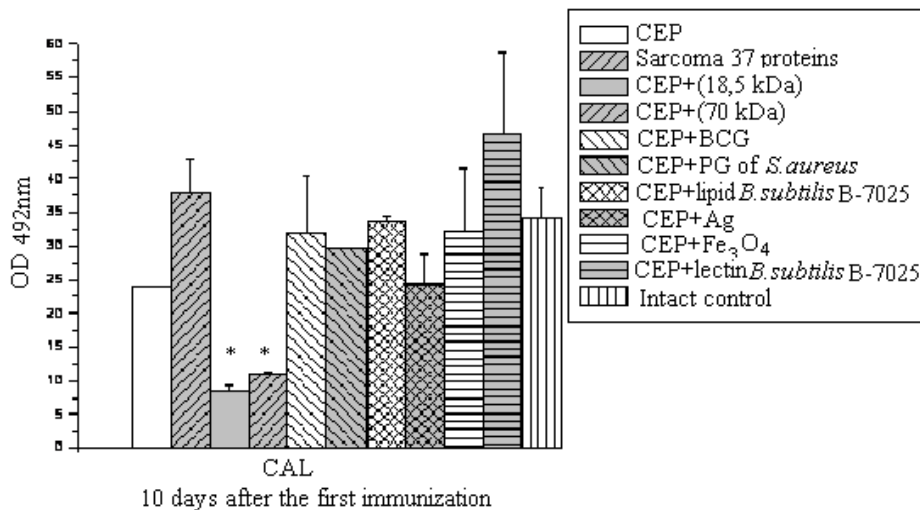


Fig. 1. Cytotoxic activity of lymphocytes of mice provided immunization DEB adjuvant

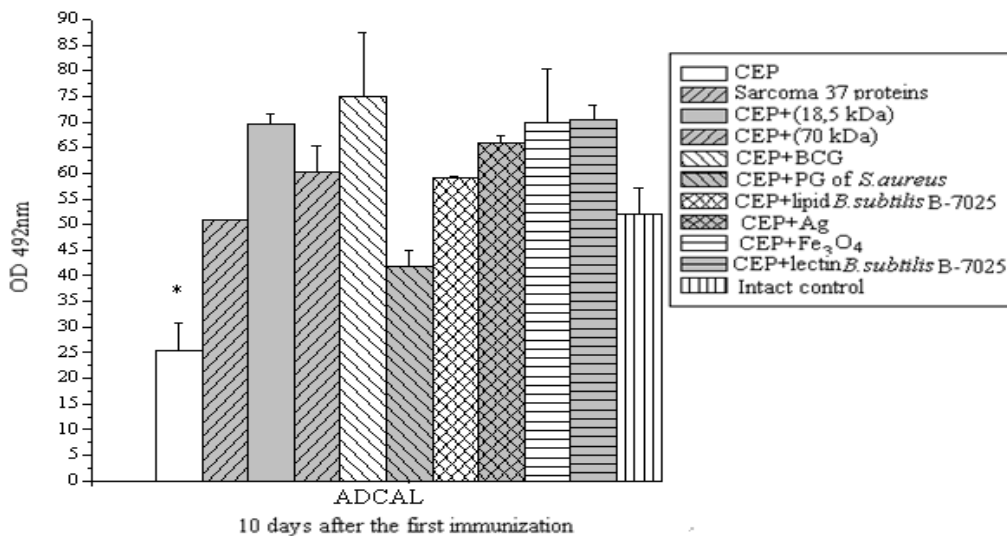


Fig. 2. Antibody depended cytotoxic activity of lymphocytes of mice provided immunization DEB adjuvant

Similar results were also obtained in assessing the accumulation of antibodies to proteins of Sarcoma 37 (Fig. 4). Exploring the dynamics of accumulation of medium molecular immune complexes in the blood of

experimental mice injected with the vaccine based on the DEB and *B. subtilis* metabolites accumulated level of CIC was significantly menshyym compared with other vaccines. It shows their effectiveness.

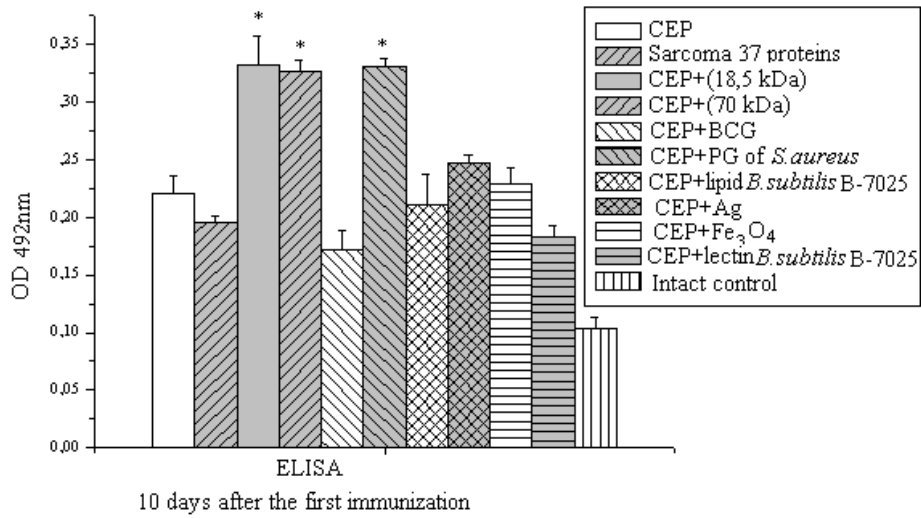


Fig. 3. ELISA detection of serum in experimental groups specific to chicken embryonic proteins provided immunization CEP with adjuvants

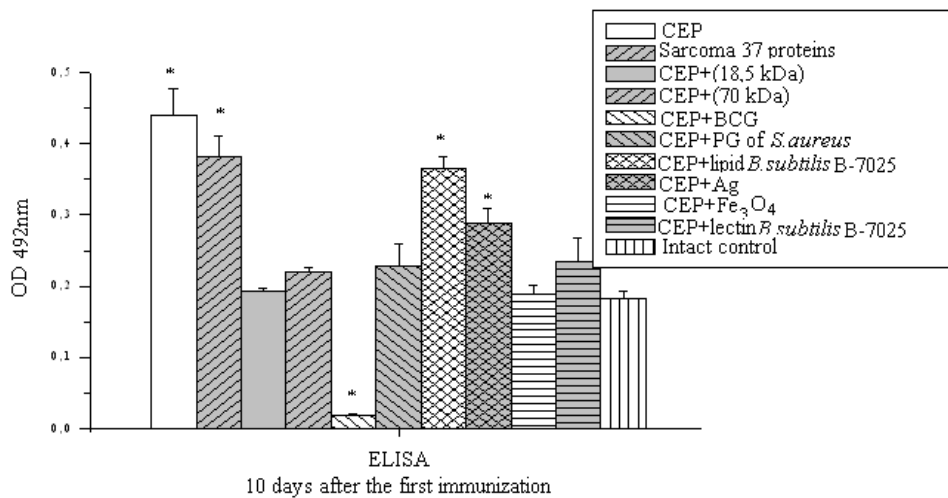


Fig. 4. ELISA detection of serum proteins in experimental groups against Sarcoma 37

It is shown that a mixture of metabolites of *B. subtilis* B-7025 has immunotoxic effects on the mice Balb/C and does not cause inflammatory reactions. Introduction of CEP with adjuvant, mainly with protein containing metabolites of *B. subtilis* B-7025, induces the formation of specific Ig G in the serum of animals. These data suggest the feasibility study of lipids as potential immunomodulating agents for their further use in oncology practice.

While determining the cytotoxic activity of lymphocytes (Fig. 5) it was found that applicable to mice with Lewis lung carcinoma, the use of vaccines based on CEP in conjunction with protein-containing metabolites

B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 70 kDa (group VI) increases this figure up to $11,19 \pm 0,26\%$, compared to tumor growth control ($24,84 \pm 0,0642\%$). Increased cytotoxic activity of lymphocytes is also observed in mice of groups III and V by $3,67 \pm 3,638$ and by $4,25 \pm 3,505\%$, respectively. During immunization of mice which underwent surgery by vaccines based on tumor cells and protein-containing metabolite *B. subtilis* B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, CEP in conjunction with protein-containing metabolites *B. subtilis* B-7025 with a molecular mass of 18.5 kDa have showed positive impact on this immunity section compared to performed surgery control.

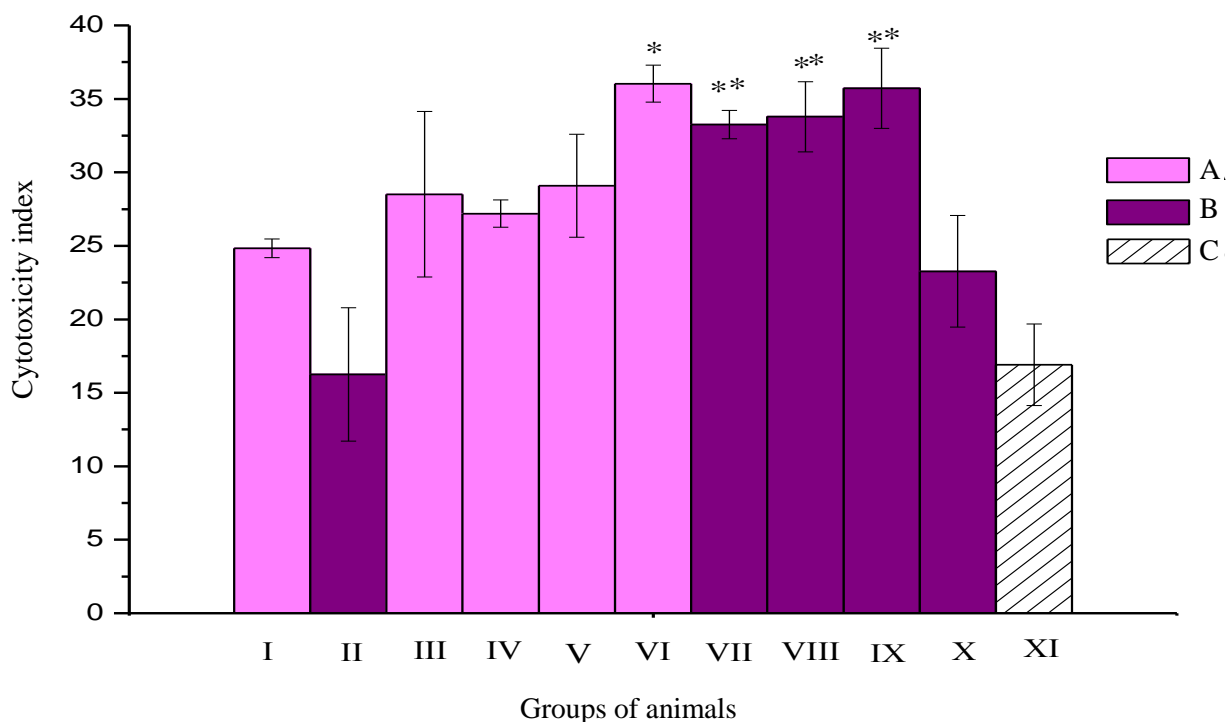


Fig 5. Effect of immunization by cancer vaccine on the performance of the cytotoxic activity of lymphocytes in immunized mice with Lewis lung carcinoma as of 34th day after tumor cells (TC) transplantation (n = 10 in each group).

A. Animals with no surgical removal of the tumor: I – unvaccinated animals; III, IV – groups of animals immunized with vaccine based on tumor cells (TC) and protein-containing metabolites (PM) B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively; V, VI – groups of animals immunized with a vaccine based on CEP with PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively.

B. Animals which underwent surgical removal of the tumor: II – the control group of animals with a surgery done; VII, VIII – groups of animals immunized with vaccine based on TC and PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively; IX, X – groups of animals immunized with a vaccine based on CEP with PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively.

C. XI – intact animals

Note: * - $p < 0.05$ compared to tumor growth control, ** - $p < 0.05$ compared to surgery control

PM – protein-containing metabolite, TC – tumor cells of Lewis lung carcinoma.

Thus, according to the values of cytotoxic activity of lymphocytes it can be concluded that the specified index of tumor-bearing mice was stimulated to the greatest extent by the vaccine which consists of CEP and protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with molecular weight of 70 kDa. Applicable to mice with tumors removed the use of vaccines with CEP and protein-containing metabolites B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 kDa was the most effective. These results are of particular importance for tumor blocking.

The research on cytotoxic activity of macrophages has showed that the mice of almost all groups happened to stimulate cytotoxic activity of macrophages. Especially the increased cytotoxicity of macrophages compared to tumor growth control ($25,72 \pm 0,11\%$), was observed in mice of groups III and V by $9,53 \pm 0,08\%$ and by $8,64 \pm 0,13\%$ respectively, where vaccines based on protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with molecular weight of 18.5 kDa were used, both with tumor cells and chicken embryonic proteins involved. In the case of surgical removal of the tumor, the largest values were

observed in group X ($42,46 \pm 1,66\%$). After removal of the tumor and the use of vaccines based on tumor cells and protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 kDa, there was recorded a decrease of cytotoxic activity of macrophages compared to control animals after surgery by $3,45 \pm 0,13\%$. Thus, the group X has showed the highest index of cytotoxicity.

According to the indices of cytotoxic activity of macrophages, it can be stated that the use of vaccines, which include protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 kDa, both with tumor cells and chicken embryonic proteins involved, leads to significant positive modulation of macrophages. With the surgical removal of the tumor applied, the use of vaccines based on CEP in conjunction with protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with molecular weight of 70 kDa (group X) was the most effective, whereas a negative effect on this index was observed when using vaccines consisting of tumor cells and protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with a molecular weight of 18.5 kDa.

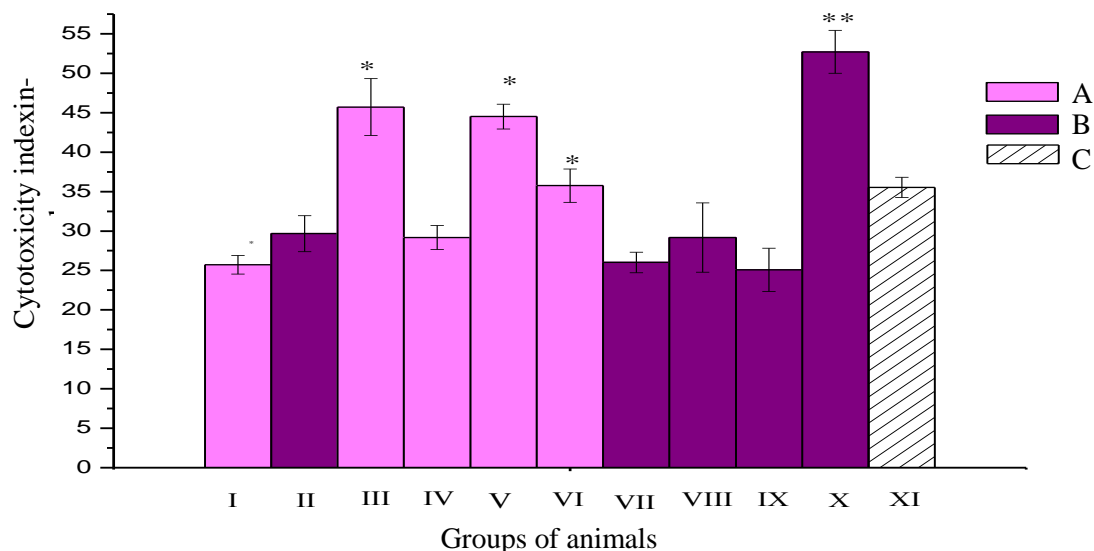


Fig 6. Effect of immunization by cancer vaccine on the performance of the cytotoxic activity of macrophages of immunized mice with Lewis lung carcinoma as of 34th day after tumor cells transplantation (n = 10 in each group).

A. Animals with no surgical removal of the tumor: I – unvaccinated animals; III, IV – groups of animals immunized with vaccine based on tumor cells (TC) and protein-containing metabolites (PM) B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively; V, VI – groups of animals immunized with a vaccine based on CEP with PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively.

B. Animals which underwent surgical removal of the tumor: II – the control group of animals with a surgery done; VII, VIII – groups of animals immunized with vaccine based on TC and PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively; IX, X – groups of animals immunized with a vaccine based on CEP with PM B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 or 70 kDa, respectively.

C. XI – intact animals.

Note: * - p < 0.05 compared to tumor growth control, ** - p < 0.05 compared to surgery control.

PM – protein-containing metabolite, TC- tumor cells of Lewis lung carcinoma.

Conclusions

1. It was established that the most immunologically active adjuvants for a xenogenic antitumor vaccines are glycoproteins B. subtilis B-7025 with mol. weight 18.5 kDa and 70 kDa.

2. The introduction intact mice sarcoma 37 antigenic washings cause the synthesis of antibodies that cross-react with chicken embryonic proteins. The most severe reaction observed for antigens immunized colloidal silver and lipid B. subtilis B-7025.

3. The lowest level of antibody accumulation was found in groups of animals, which as adjuvant to CEP got BCG antibody, which indicates the activation of cellular immunity and humoral suppression.

4. The range of immunological effects studied vaccines includes activating effect on the cellular and humoral response of adaptive immunity and on the reaction of natural antitumor resistance (cytotoxic activity of LF and MF).

5. Applicable to mice with Lewis lung carcinoma, the use of vaccine based on chicken embryonic protein and protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with a molecular mass of 18.5 kDa enhances cell-mediated cytotoxicity in lymphocytes in 2 times and macrophages in 1.5 times, compared to corresponding control animals with tumors.

6. It was shown that the vaccine based on chick embryonic protein and protein-containing metabolite B. subtilis B-7025 with molecular weight of 70 kDa was the most effective in terms of influencing the cellular fraction of the immune system of the mice with Lewis lung carcinoma which underwent surgery. This is reflected in the growth of the cytotoxic activity of macrophages by 2 times compared to those of control animals with surgically removed tumor.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Aucouturier J. The use of oil adjuvants in therapeutic vaccines / Vaccine. – 2006. - № 24. – P. 2 – 45.
- Berzofsky J.A., Ahlers J.D., Belyakov I.M. Strategies for designing and optimizing new generation vaccines // Nat. rev. immunol. – 2001. – Vol. 1. – P. 209 – 219.
- Cox J.C. Adjuvants – a classification and review of their modes of action / Vaccine. – 1997. - № 15. – P. 248 – 256.
- Herlyn D. Advances in cancer vaccine development / Ann. Med. – 1999. - № 31. – P. 66 – 78.
- Keilhoz U., Weber J., Finke J.H. et al. Immunologic monitoring of cancer vaccine therapy: Results of a workshop sponsored by the Society for Biological Therapy // J. Immunotherapy – 2002. – Vol. 25. – P. 97 – 138.
- Lee W.C., Wang H.C., Hung C.F. Vaccination of advanced hepatocellular carcinoma patients with tumor lysate-pulsed dendritic cells: a clinical trial // J. Immunother. – 2005. – V. 28, № 5. – P. 496 – 504.
- Mesa C., Fernandez L.E. Challenges facing adjuvants for cancer immunotherapy / Immunol. Cell. Biol. – 2004. – V. 82, № 6. – P. 644 – 650.

Грегирчак Н.Н., Лыч И.В. Влияние противоопухолевых вакцин на клеточное звено иммунитета у мышей с карциномой легкого Льюис

Аннотация. На модели карциномы легкого Льюиса изучали противоопухолевую активность ксеногенных и гомологичных вакцин изготовленных на основе белок содержащих продуктов жизнедеятельности *Bacillus subtilis* В-7025 с молекулярной массой 18,5 и 70 кДа. Была обнаружена связь между динамикой роста опухолей у мышей, иммунизированных препаратами вакцин, и цитотоксической активностью лимфоцитов и макрофагов. Результаты работы являются основой для дальнейших исследований влияния вакцины на гуморальное звено иммунитета и возможности создания противоопухолевых препаратов на основе данных гликопротеидов и куриных эмбриональных белков.

Ключевые слова: адьюванты, противоопухолевые вакцины, опухоль ассоциированные антигены, Карцинома легких Левиса, пролиферация, апоптоз

Lych I.V., Voloshyna I.M.

Immunomodulatory properties of the interferoninducing molecular complex

*Lych Inna Valentynivna, PhD in Biology, assistant professor
Voloshyna Iryna Mykolaivna, PhD in Engineering, assistant professor
National University of Food Technologies, city of Kyiv, Ukraine*

Abstract. In *in vitro* experiments the MC was suggested to perfect the activity of monocyte-macrophageal system via the increase of phagocytosis percent (by 2,5 – 3,5 times), phagocyte number (by 2 times); the MC also accelerates the oxygen-dependent cell metabolism. The MC demonstrates also a dose-dependent modulatory effect on indices of cytolytic activity of natural killer cells: low and moderate MC concentrations inhibit this activity, while high concentration stimulates it. The MC was also proved to have influence on peripheral blood lymphocytes at the receptor expression level. So MC can be attributed to a potential immunomodulator with different types of effects on the immune system

Keywords: yeast RNA, tilorone, immunomodulator, lymphocytic cells, phagocytosis

Introduction. Many years of experience in clinical use of interferon (IFN) drugs of I type (α , β -IFN), which have antiviral, immunomodulatory and antiproliferative effects [3, 14], revealed their significant efficacy for the prevention and treatment of viral, bacterial and some cancer diseases. The same properties in varying degrees are found in some inducers compounds of IFN synthesis [5, 7, 12], in particular, tilorone [2, 8].

Previously, it was found that a perspective inducer of IFN of I type is a molecular complexes (MC), which are formed by the interaction of yeast RNA and tilorone [4]. Obtainment of complex preparations based on synthetic and natural compounds is a new, promising direction in the pharmaceutical field. Thus, yeast RNA is a natural compound, which the immune system has phylogenetic adaptation to. Artificial hapten (in this case – tilorone) has a targeted immunotropic action [2, 8, 11], being a xenobiotic for the human body against which protective responses are induced. In this paper, we aimed to investigate the effect of MC on immunocompetent cells in *in vitro* experiments.

Objects of research. In *in vivo* experiments the CBA and Balb/c mice were used. In *in vitro* experiments there was used blood of 0 (I) group of healthy volunteer donors. The components of MC were the marketable preparation of RNA yeast and synthetic preparation – 2,7-bis[2-(diethylamine-ethoxy)-fluorene]-9-on dihydrochloride (tilorone). MC is formed by the interaction of single-stranded yeast RNA with tilorone and is considered one of the most promising inducers of IFN- α/β of semi-natural origin due to the presence of ribose within its composition and formation of numerous double-stranded regions within the structure of single-stranded RNA under tilorone. Preparation of MC solutions of desired concentration was performed by direct mixing of appropriate solutions of tilorone and yeast RNA in buffer 0.01 M tris-HCl (pH 6.8) and 0.05 M NaCl at a ratio of 1:10 (M:M).

RNA, pure tilorone and well-known inducer of IFN- α/β of ribonucleic nature – rydostyn (double-stranded RNA of *Saccharomyces cerevisiae* yeast, RPA (Research and production association) "Vector", Russia were used as comparison preparations.

Research methods. To study the effect of MC on the immune system of experimental animals, the humoral immune response of the mice was modeled using a T-dependent antigen (AG) – sheep erythrocytes (SE) and T-independent AG – lipopolysaccharide (LPS *E.coli* 0111). The MC drug was intraperitoneally administered to mature CBA mice in doses of 1.25 and 12.5 mg/kg of body weight of animals. SE was intraperitoneally administered to

animals in optimal dose of 4×10^8 in 0.2 ml of normal saline, and LPS was subcutaneously administered in a dose of 0.3 mg. Antigens were injected once. Animals injected with equal volumes of SE and LPS according to their groups served as a control value. Mice were sacrificed by cervical dislocation under light ether anesthesia.

During the research there were determined the values of formation of humoral immune response – the content of antigen-producing cells (APC) in the spleen and IgG titers in spleen blood serum as of the 5th, 7th and 14th day after immunization in 7 animals from each group. Number of APC in the spleen of mice was determined by direct hemolysis by Yerne. Antibody levels in blood serum were determined by the method of passive hemagglutination by Boyden.

Assessment of direct effects of MC on the functional activity of the cells of immune protection was conducted through *in vitro* tests. The functional state of neutrophils and monocytes of blood were characterized by their ability to absorb latex particles ($d = 1,0 - 1,3 \text{ } \mu\text{m}$) with calculating percent of phagocytosis (PP) – percentage of phagocytic cells and phagocytic number (PN) – an average of their activity [17] and the intensity of their oxygen-dependent metabolism through NBTR (Nitro Blue Tetrazolium Reduction) test according to the method [9]. The assessments of peroxidase activity was conducted by means of cytochemical coefficient (CCC). Cytotoxic activity of killer cells was determined by non radiometric method based on spectrophotometric count of hemoglobin released from the red blood target cells destroyed by the killers (SE) during their joint incubation [6]. Rosette forming cells (RFC) was defined through the rosette formation method with application of particles coated with monoclonal antibodies [10].

Results and discussions. A characteristic feature of immunomodulator substances is their potential impact on the formation of humoral and cellular immune responses in the body of experimental animals. Therefore, to determine the presence of immunomodulatory activity of MC, at the first stage of our research, we determined its influence on the immune response: humoral immune response to thymus dependent and thymus independent antigens.

Important indicator of the humoral immune system which is changed under the influence of substances with immunomodulatory properties, is the ability of Lph of the spleen to antibody genesis. This is reflected in the increasing number of antibody-producing cells (APC) and antibody production to T-dependent antigen. The results of this determination are shown in Table. 1.

Table 1. Effect of MC on antibody-producing cells content (M ± m; n = 7) in the spleen of CBA mice during immune responses to SE

Administered drug	Number of antibody-producing cells		
	5 th day	7 th day	14 th day
Control (SE)	112,0 ± 3,3	84,0 ± 2,3	33,0 ± 0,8
MK 12,5 mg / kg	44,6 ± 1,9*	155,0 ± 4,7*	22,0 ± 1,0*
MK 1,25 mg / kg	190,0 ± 4,0*	137,1 ± 4,1*	38,6 ± 1,7*
Yeast RNA	134,2 ± 1,8	98,6 ± 3,5	31,2 ± 1,4
Tilorone	83,0 ± 1,9**	68,4 ± 2,7**	29,1 ± 2,1
Rydostyn	92,0 ± 4,1**	79,0 ± 1,5*	39,0 ± 2,7*

Notes.

1. # – The difference in comparison with the initial figure is accurate (p < 0,05).
2. • – The figure difference in comparison with the corresponding figure in the control group (SE) is accurate (p < 0,05).
3. * – The figure difference in comparison with the corresponding figure in the group of animals treated with 12.5 mg / kg of MC is accurate (p < 0,05).

The analysis of these data revealed the following patterns: MC being administered to animals of the research groups has led to the increase of APC in the spleen, but the use of this drug in doses of 1.25 mg / kg caused an earlier – the 5th day of the study (190,0 ± 4,0, P < 0.05), more expressive and longer effect. The RNA drug also increased the content of APC in the spleen on the 5th days of the study, unlike tilorone, which reduced this figure in some extent. Rydostyn's significant effect on the number of APC in comparison with control values has not been revealed.

In general, the obtained results are consistent with the references, since tilorone and yeast RNA as themselves, depending on the dose, can enhance antibody production, while rydostyn practically does not increase the number of APC in the spleen. Therefore, we assume that MC activates processes of APC increase in the spleen due to the presence of the RNA in it.

To determine changes in functional activity of B cells in the dynamics of the immune response to SE and determine the impact of MC drug and comparison preparations on it, the serum hemagglutinin titers were determined. It was found that the MC at a dose of 1.25 mg/kg versus rydostyn exhibits greater ability to induction of antibody synthesis. This may be indicative of its high immunomodulatory activity in these experiments.

To activate the T-independent immune response and study the influence of MC on the formation of the immune response of animals, they were immunized with T-independent antigen – LPS *E. coli*.

To assess the functional activity of APC and quantitative changes in the dynamics of the immune response to LPS there were determined the contents of these cells in the spleen and titers of specific antibodies in blood serum. At that, the maximum content of APC in mice of the control group was observed on 5th day of the study, after which it decreased, and as of 14th day after administration of LPS, this figure has decreased by almost 2.5 times. In mice treated with MC of 12.5 mg/kg, the reduced number of APC in the spleen relative to controls occurred on 5th day of the study, thus as of 7th and 14th day the figure reached control values. In the case of yeast RNA, tilorone and rydostyn, the content of APC was lower than control values, with the lowest figures recorded in animals that were injected with tilorone simultaneously with LPS.

Content analysis of anti-LPS-specific antibodies in experimental animals within the formation of an immune response to LPS has showed reduced titers of anti-LPS

antibodies in the blood serum, which is caused by both MC and its components. The only exception is a MC dose of 12.5 mg/kg.

Thus, analysis of APC content changes in the spleen and serum titers of anti-LPS antibodies in experimental animals has showed no significant effect of MC dose of 1.25 mg/kg on the processes of antibody formation in the immune response of CBA mice to thymus dependent antigen, the presence of moderate stimulating effect of this drug if it is administered at a dose of 12.5 mg/kg and the inhibitory effect of the comparison preparations.

An important criterion for assessing the biological impact of any agent in the body's immune system is its expression at the cell level. Therefore, a study of immunomodulatory properties of MC was carried out *in vitro*, using lymphoid blood cells of healthy donors: lymphocytes (Lph), neutrophil granulocytes (NG), monocytes (MN), and natural killer cells (NK cells).

For us it was interesting to investigate the functional activity of phagocytic cells of both NG and Mn under different doses of MC and known interferonogens as a potential immunomodulatory effect on the phagocytic activity of blood cells is one of the necessary tests on the presence of immunomodulatory effect [13].

To investigate the functional activity of phagocytes in the first phase of the research we conducted the study of absorbance ability of NG by means of latex test.

Figure 1 presents data on the impact of MC on phagocytosis of NG, expressed in percent change in the phagocytes percent (PP) (percentage of cells that have captured the latex particles) (Fig. 1a) and phagocytic number (PN) (average number of particles that were swallowed by the phagocytic cell) (Fig. 1b) compared to the same parameters for the individual components of the MC as well as the standard inducer of IFN of I type – rydostyn.

As shown in Figure 1, none of the drugs in studied concentrations had virtually any effect on the level of PP of studied cells. MC at a concentration of 12.5 mg/ml slightly reduced both the index of PP and PN (26.4% vs. 32.6% and 5.8 c.u. vs. 6.5 c.u. respectively). MC at a concentration of 1.25 mg/ml significantly increased both the index of PP and PN (38.7% vs. 32.6% and 7.5 c.u. vs. 6.5 c.u. USD respectively). RNA and rydostyn also significantly reduced both parameters. Tilorone was the only exception, which in the studied concentration could potentially influence the process of phagocytosis due to its direct action on cellular nucleic acids.

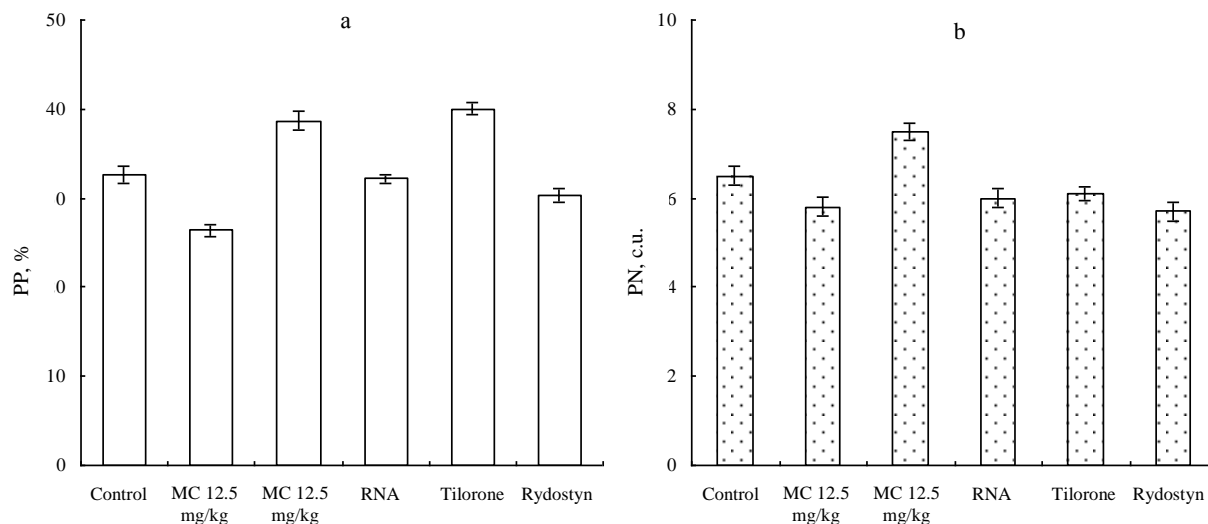


Figure 1. Effect of MC and comparison preparations on the performance of phagocytosis of NG

Thus, during normal phagocytic activity of cells ($32,6 \pm 0,9\%$) of NG, PP values before and after incubation with the studied drugs differed a little from each other. As for PN, this figure remained virtually unchanged.

The second stage of this research was to study the digestive capacity of NG in NBTR-test. Results of change in activity of oxygen dependent metabolism after interaction of NG with study drugs and comparison preparations are shown in Figure 2. Definition of oxygen dependent metabolism of NG was performed by evaluating the percentage of NBTR-positive cells (Fig. 2.a) and

cytochemical coefficient (CCC) (Fig. 2.b).

Data from this test indicate that all the studied drugs also did not significantly influence both the number of NBTR-positive cells and their functional activity (Fig. 2). The exception is a MC at a concentration of 12.5 mg/ml, which significantly suppressed the number of NBTR-positive cells by 36% and CCC by 31%. This may suggest that the high concentration of MC has a negative impact on functional activity of NG and on the activity of oxygen dependent metabolism of NG.

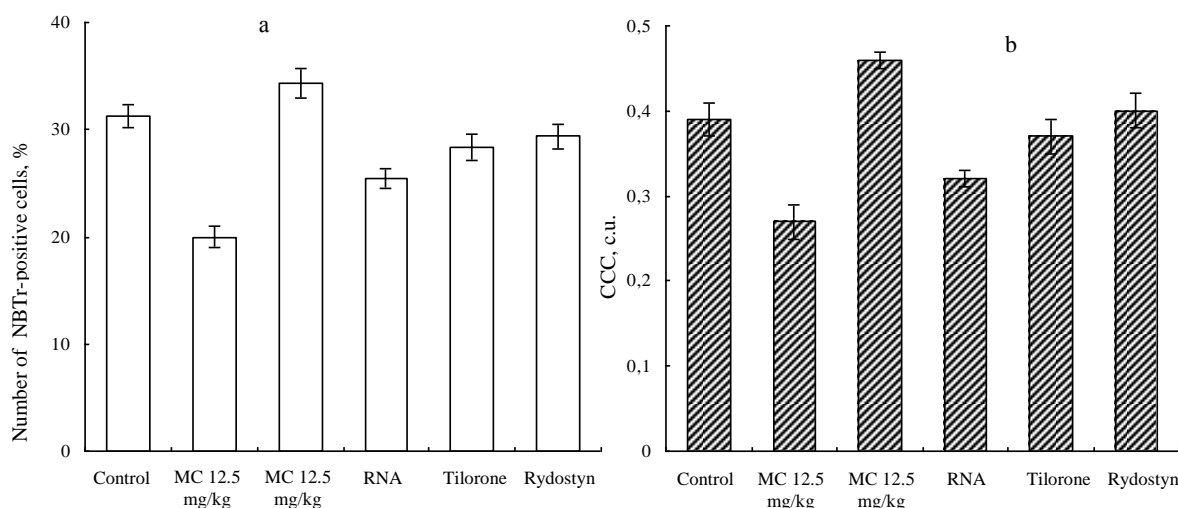


Figure 2. Effect of MC and comparison preparations on the performance of spontaneous NBTR-test of NG

Similar studies on the effect of MC on functional activity of phagocytic cells was performed on a model of MN. First, the absorbance capacity of MN was also studied by means of latex test (Fig. 3).

The data presented in Figure 3a determine absorption activity of MN before and after interaction with the studied drugs and show that MC and rydostyn signifi-

cantly increase the phagocytic activity of MN both absorption and digesting one, unlike the NG.

Thus, the MC at a concentration of 12.5 mg/ml increased the PP by 3.5 times (Fig. 3a) and PN almost by 2 times (Fig. 3b). When using the MC at a concentration of 1.25 mg/ml, there was an increase of PF by 2.5 times, while SF increased slightly by up to 27%. During the

incubation of target cells with Monocytes with RNA and rydostyn there was also observed a significant increase in PP (2.9 times and 3.2 times, respectively), but PN remained at control values. The least stimulating effect on

the number of active cells that absorb latex is observed when adding tilorone (PP increased by 2 times). The average number of particles absorbed by a phagocytosing cell (PN) increased by 1.5 times.

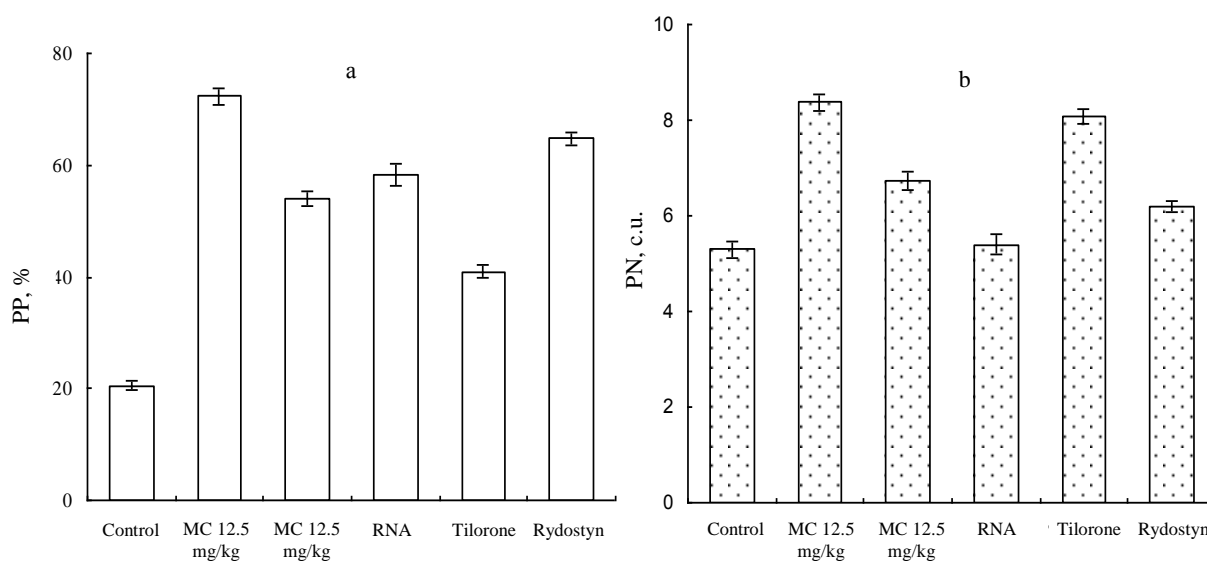


Figure 3. Effect of MC and comparison preparations on the performance of Monocytes phagocytosis

Thus, Monocytes cells were more sensitive to activation by study drug. In this case, based on the results, we can assume that a stimulating effect on Monocytes cell was produced by MC due to the presence of RNA in its structure.

Definition of oxygen dependent metabolism of Monocytes was performed by evaluating percent of NBTR-positive cells and cytochemical coefficient (CCC). The results reflecting the impact of the studied drugs on the metabolic activity of oxygen dependent Monocytes are shown in Figure 4. Their analysis showed that the percentage of NBTR-positive MN as well as an indicator of CCC, under CC has increased in some extent. At the same time, these figures decreased slightly under tilorone

and rydostyn. The latter may indicate that the MC due to its specific physical and chemical properties, can act as an activator of certain redox reactions in MN cells.

Thus, *in vitro* experiments have shown the immunomodulatory effects of MC on functional activity of NG and MN of peripheral blood of healthy donors. Our study also showed that MC has a distinct effect on the physiology of these phagocytosing cells, causing intensification of monocyte-macrophage system function. Since hydrogen peroxide and oxygen radicals are the most effective bactericidal phagocytes system, it allows us to consider MC as a very effective factor of increase (MN) and inhibition (NG) of phagocytic immunity activity.

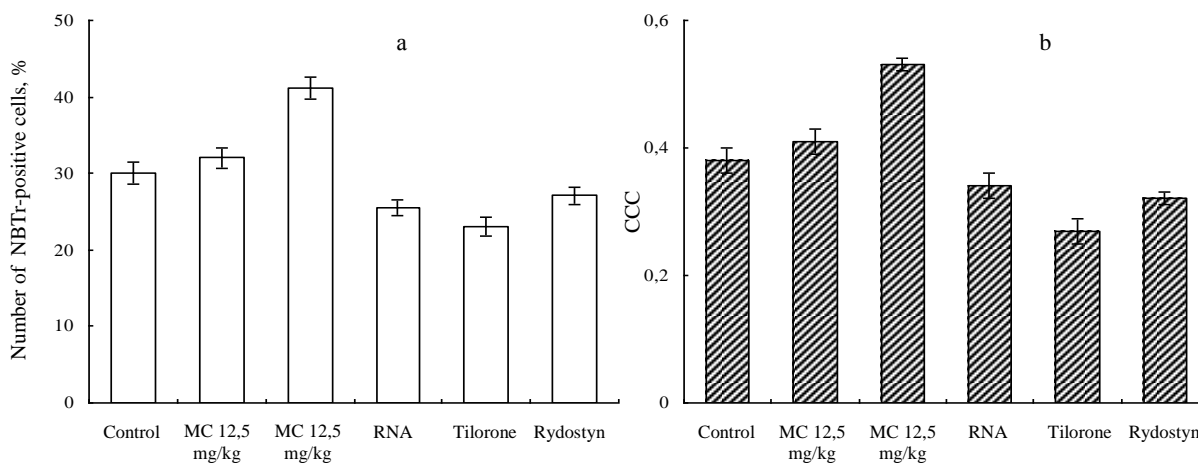


Figure 4. Effect of MC and comparison preparations on the performance of spontaneous NBTR-test of Monocytes

One of the important characteristics that occur under the influence of potential immunomodulators on nonspecific immunity is the cytotoxic activity of NK cells. Given that, we examined the effects of MC on NK cells and possible change of their cytotoxic and antibody-mediated cytotoxicity that occurs in this case. In this regard, the parameters such as spontaneous cytotoxicity (SC) and antibody-cell cytotoxicity (ABCC) of NK cells under MC have been determined. The results of these studies are shown in Figure 5.

As can be seen from the data (Fig. 5), cytotoxic activity of NK cells and cells responsible for antibody-dependent cytotoxic activity increases proportionally with increasing concentrations of MC. Thus, at low concentrations of MC, there is a decrease in the activity of NK cells by 5 times, but at a concentration of MC of 1.25 mg/ml the SC and ABCC values reach control values, while at a

concentration of 12.5 mg/ml there is an increase in the activity of NK cells by 2 times.

Since it is known that the manifestation of NK cells activity in the microorganism is usually preceded by infection with viruses, the formation of inflammatory and tumor-forming process, and in experimental conditions – the introduction of interferons and their inducers (and, in particular, s-RNA), NKC activation occurs due to the production of IFN- α/β , and IL(Interleukin)-12, and can increase the activity of NKC by almost 100 times [18]. Therefore, our experimental data are consistent with the references, since it is known that IFN of I type inducers such as poly I:C and tilorone increase NKC cell activity and responses to target cells by inducing perforin and TRAIL-dependent cytotoxicity [16], but without changing the specificity of target cells [1, 15].

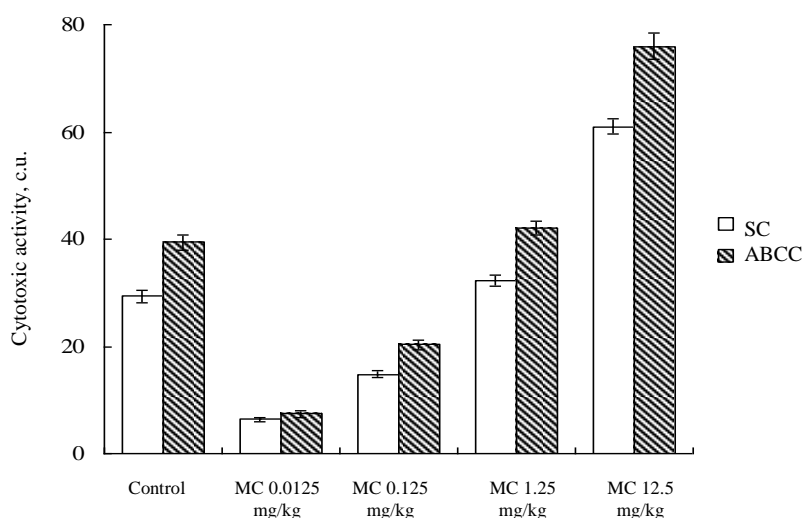


Figure 5. Effect of MC on spontaneous and antibody-dependent cytotoxicity of NK cells

One of the current methods for assessing the impact of a potential immunomodulator for cellular immunity status is to determine the ratio of Lph subpopulations of peripheral blood and phenotypic markers that characterize the change in the functional state of the cell. The presence of monoclonal antibodies virtually to all receptors that provide differentiation and maturation of Lph, allows them to reveal the mechanisms of various pathological conditions of the human body. Therefore, it was considered logical to study the effect of MC on the level of receptor expression on Lph of peripheral blood: on T-Lph (CD3+), B-Lph (CD22+), as well as their individual subpopulations (CD4+ and CD8+). For this purpose, the method of rosetting of Lph with particles covered with monoclonal antibodies against CD3+ (T-Lph), CD4+ (T-helper) and CD8+ (T-cytotoxic / effector Lph) was used. To determine the density of receptors on B-Lph there were used erythrocytes coated with mAb (monoclonal antibodies) against CD22+ after treatment of Lph with various concentrations of MC. The results of these studies are shown in Figure 6.

In the study on the impact of MC on cell responses, we had found a dose-dependent effect of MC on the reaction of T-rosetting. As seen in Figure 6a, when added MC at a

concentration of 0.0125, 0.125 and 12.5 mg/ml, the number of receptors for CD3+ cells remained at the same level, slightly below the control level of cells (by 17%, 13% and 21 %, $p < 0,05$). When Lph were incubated with MC at a concentration of 1.25 mg/ml, the number of receptors for CD+ cells increased by 19%. In the case of the analysis of receptors for CD22+ cells there was observed a slight significant increase in the number of receptors when Lph were incubated with MC at concentrations of 0.0125, 0.125 and 12.5 mg/ml (by 26%, 11% and 19%). When using the MC at a concentration of 1.25 mg/ml, the number of receptors for CD22+ is reduced by 44%. This suggests that MC affects the ability of rosetting both of T-Lph and B-Lph and effectiveness of receptor expression depends on the concentration of MC.

Due to the fact that in this case the expression of receptors both for T-Lph and B-Lph increases, we can assume that MC's immunomodulatory effect on Lph, which we have found, is associated with the effect of this complex both on the T- and B-chain of the immune system of the body. Therefore, in our further research, we aimed to investigate the subpopulation of T-Lph, namely CD4+ (T-helper) and CD8+ (T- cytotoxic / effector Lph), which have different functions.

Performing their helper function, CD4+ Lph help, at first, B-Lph to turn into antibody-producing plasma cells, CD8+ Lph – into mature cytotoxic T cell, and thirdly, help macrophages to perform delayed-type hypersensitivity effects. These functions of T-Lph-helpers are realized due to the fact that they, in their turn, are divided into two subpopulations that perform various helper functions through the production of various cytokines. CD8+ Lph implement specific cellular immune responses – that is the main effector cell of cell-mediated immunity, which carries lysis of targets, providing genetic constancy of internal environment.

Results receptor's expression changes to SE, coated with monoclonal antibodies up to CD4+ and CD8+ after incubation of Lph with MC solutions of different concentrations are shown in Figure 6b. In our experiments, under the influence of MC on the process of rosetting of subpopulation of T-Lph, there is observed a possible reduction of subpopulation of CD4+ when administering cells with low concentrations of MC, namely 0.0125 and 0.125 mg/ml (14% and 27%, respectively, $P < 0.05$) and increase of their number by 23% and 14%, respectively, at higher concentrations of 1.25 and 12.5 mg/ml ($P < 0.5$).

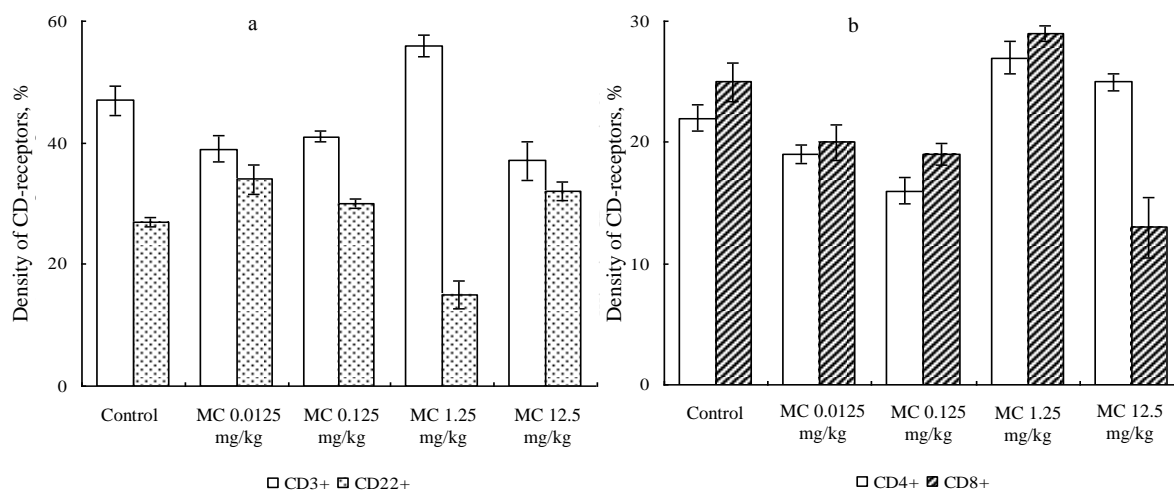


Figure 6. Effect of MC on the expression of CD-receptor for blood lymphocytes

While determining CD8+ (T-cytotoxic / effector Lph) we noted depressing effect of MC when applied at low concentrations (0.0125 mg/ml and 0.125 mg/ml) by 20% and 24%, and at a concentration of 12.5 mg/ml even by 48% ($P < 0.05$). Only when administering MC into Lph at a concentration of 1.25 mg/ml, an increase in expression of the receptor CD8+ Lph by 16% ($P < 0.5$) was observed. Immunoregulatory index, however, remains within the normal range of 0.9 to 2.0.

Consequently, MC had distinct accurate effects on the expression of receptors both for CD4+ and CD8+ Lph, and the effectiveness of its application depended on the concentration.

Conclusion. Summarizing the results obtained, we can state that a direct effect of MC on cell phagocytes and Lph has been proved. This is confirmed by the increasing number of phagocytosing cells of monocyte-macrophage population, increased cytotoxic activity of NK cells and cells responsible for antibody-dependent cytotoxic activity and changing the expression of receptors for Lph under the influence of different concentrations of MC. So MC shows *in vitro* its immunomodulatory properties. It shows the prospectivity of further studies of its effects on the level of macroorganism.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRASLITERATED)

1. Fernandez N.C., Treiner E., Vance R.E., Jamieson A.M., Lemieux S., Raulet D.H. A subset of natural killer cells achieves self-tolerance without expressing inhibitory receptors specific for self-MHC molecules // *Blood* – 2005. – Vol. 105. – P. 4416-4423.
2. Gaforio J.J., Ortega, E., Algarra I., Serrano M.J., Alvarez de Cienfuegos G. NK cells mediate increase of phagocytic activity but not of proinflammatory cytokine (interleukin-6 [IL-6], tumor necrosis factor alpha, and IL-12) production elicited in splenic macrophages by tilorone treatment of mice during acute systemic candidiasis // *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* – 2002. – Vol. 9. – P. 1282-1294.
3. Goodbourn S., Didcock L., Randall R.E. Interferons: Cell signaling, immune modulation, antiviral responses and virus countermeasures // *J. Gen. Virol.* – 2000. – Vol. 81, №10. – P. 2341-2364.
4. Карпов А.В., Жолобак Н.М. Изучение интерферогенных свойств комплексов дрожжевая РНК – тилорон в культуре клеток // *Антибиотики и химиотерапия.* – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 20-23.
5. Карпов А.В., Жолобак Н.М. The study of the properties of complexes interferogenic yeast RNA – tilorone in cell culture // *Antibiotics and chemotherapy.* – 1995. – Vol. 40, № 5. – P. 20-23.
6. Хаитов Р.М., Пинегин Б.В. Иммуномодуляторы: механизм действия и клиническое применение // *Иммунол.* – 2003. – № 4. – С. 196 – 203.
7. Хаитов Р.М., Пинегин Б.В. *Immunomodulators: mechanism of action and clinical application* // *Immunol.* - 2003. - № 4. - P. 196 – 203.
8. Круглова И.Ф. Естественные киллеры и методы их исследования // *Лабораторная диагностика.* – 1998. – № 2 (4). – С. 32-35.

- Kruglova I.F. *Natural killer cells and methods for their research laboratory diagnosis*. – 1998. – № 2 (4). – P. 32-35.
7. Leyssen P., Drosten C., Paning M., Charlier N., Paeshuysse J., De Clercq E., Neyts J. Interferons, interferon inducers, and interferon-ribavirin in treatment of flavivirus-induced encephalitis in mice // *Antimicrob. Agents Chemother.* – 2003. – Vol. 47. – P. 777-782.
8. Mayer G.D., Krueger R.F. Tilorone hydrochloride and related molecules. In D.A. Stringfellow (ed.) *Interferon and interferon inducers: clinical applications*. Marcel Dekker, New York, N.Y. – 1980. – P. 187-221.
9. Нагоев Б.С. Модификация цитохимического метода восстановления нитросинего тетразолия // *Лаб. дело*. – 1986. – № 8. – С. 7-11.
- Nagoev B.S. *Modification cytochemical method nitroblue tetrazolium* // *Lab. business*. – 1986. – № 8. – P. 7-11.
10. Новиков Д.К., Новиков П.Д. Метод определения Т- и В-лимфоцитов диагностикумами на основе моноклональных антител // *Иммунол.* – 2000. – № 2. – С. 31-33.
- Novikov D.K., Novikov P.D. *Method for determination of T- and B-lymphocytes diagnosticums based on monoclonal antibodies* // *Immunol.* – 2000. – № 2. – P. 31-33.
11. Ortega E., Algarra I., Serrano M.J., de Pablo M.A., Alvarez de Cienfuegos G., Gaforio J.J. Enhanced resistance to experimental systemic candidiasis in tilorone-treated mice // *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* – 2000. – Vol. 28. – P. 283-289.
12. Padalko E., Nuyens D., De Palma A., Verbeke E., Aerts J.L., De Clercq E., Carmeliet P., Neyts J. The interferon inducer amplitigen [poly(I)-poly(C₁₂U)] markedly protects mice against coxsackie B3 virus-induced myocarditis // *Antimicrob. Agents Chemother.* – 2004. – Vol. 48. – P. 267-274.
13. Доклінічні дослідження лікарських засобів: Метод рекомендації / За ред. О.В. Стефанова. Вивчення імуноотоксичної дії лікарських засобів. – К.: МОЗ України, 2001. – С. 102-113.
- Preclinical studies of drugs: Method. recommendations* / Ed. Stefanova A.V. *Study immunotoxic action of drugs*. – K.: Ministry of Health of Ukraine, 2001 – P. 102-113.
14. Randall R.E., Goodbourn S. Interferons and viruses: an interplay between induction, signalling, antiviral responses and virus countermeasures // *J.Gen.Virol.* – 2008. – Vol. 89. – P. 1-47.
15. Salcedo M., Andersson M., Lemieux S., Van Kaer L., Chambers B.J., Ljunggren H.C. Fine tuning of natural killer cell specificity and maintenance in MHC class I-deficient mice // *Eur. J. Immunol.* – 1998. – Vol. 28 – P. 1315-1321.
16. Sato K., Hida S., Takayanagi H. Antiviral response by natural killer cells through TRAIL gene induction by IFN-alpha/beta // *Eur. J. Immunol.* – 2001. – Vol. 31. – P. 3138-3146.
17. Унифицированные иммунологические методы обследования больных на стационарном и амбулаторном этапах лечения: Метод. рекомендации / Киевский НИИ фтизиатрии и пульмонологии. – К., 1998. – 18 с.
- Unified immunological methods of examination of patients on inpatient and outpatient treatment stages: Method. recommendations* / *Kyiv Research Institute of Tuberculosis and Pulmonology*. – K., 1998 – 18 p.
18. Ярилин А.А. Система цитокинов и принципы ее функционирования в норме и при патологии // *Иммунол.* – 1997. – № 5. – С. 7-14.
- Yarilin A.A. *System cytokines and principles of its functioning in normal and pathological conditions* // *Immunol.* – 1997. – № 5. – P. 7-14.

Лыч И.В., Волошина И.Н. Иммуномодулирующие свойства интерферониндуцирующего молекулярного комплекса

Аннотация. В экспериментах *in vitro* доказано непосредственное стимулирующее влияние молекулярного комплекса на моноцитарно-макрофагальную популяцию клеток через увеличение процента фагоцитоза (в 2,5–3,0 раза) и фагоцитарного числа (в 2 раза); МК также влияет на окислительно-восстановительный метаболизм клеток. Комплекс демонстрирует дозозависимое модулирующее влияние на показатели цитотоксической активности натуральных киллеров: низкие и средние концентрации МК влияют угнетающе, а высокие концентрации имеют стимулирующее действие их активности. Также показано, что МК имеет непосредственное влияние на уровень экспрессии рецепторов на лимфоцитах периферической крови. Таким образом МК можно отнести к потенциальным иммуномодуляторам с разным характером влияния на иммунную систему.

Ключевые слова: дрожжевая РНК, тилорон, иммуномодулятор, лимфатические клетки, фагоцитоз

Баличиева Д.В.

Медико-биологические критерии неблагоприятного действия физических факторов на репродуктивную систему

*Баличиева Деляра Велиевна, доктор биологических наук,
профессор кафедры биологии, экологии и БЖД*

РВУЗ „Крымский инженерно-педагогический университет”, г. Симферополь, Крым

Аннотация. В данной работе дается анализ биологических критериев неблагоприятного действия вибрации на репродуктивную систему мужского и женского организмов. Проведен комплекс гигиенических, социологических, клинических и экспериментальных исследований. Дана гигиеническая оценка условий труда рабочих виброопасных профессий по комплексной оценке трудовой деятельности с учётом всех факторов производственной среды. Рассчитан интегральный показатель комплексной оценки факторов производственной в виде статистического балла степени вредности каждого фактора ($B+Sn$), а сумма баллов по всем факторам характеризовала степень профессионального риска каждой профессиональной группы. Корреляционно-регрессионный анализ заболеваемости с ВУТ в зависимости от степени вредности комплекса факторов производства позволил получить ряд коэффициентов биологической активности. Так величина прироста заболеваемости на 1 балл степени вредности (интегральный показатель степени вредности всех факторов) по показателям болевших лиц у женщин выше, чем у мужчин в 4,5 раза, по случаям заболевания – 4,3 раза, по дням нетрудоспособности – 2,2 раза и по потерям дней нетрудоспособности в 2,1 раза. При этом биологический эквивалент женского пола как фактора риска оценивается от 2 до 5 баллов степени вредности. Установлено, что влияние вибрации рабочих мест на репродуктивную функцию опосредуется как через женский так и мужской организм. Критериями негативного фактора на женский организм является частота нарушений менструальной функции, самопроизвольных выкидышей, мертворождений, отклонения в антропометрических показателях новорождённых, заболевания детей в раннем возрасте; мужской организм – угнетение половой функции, достоверное увеличение частоты самопроизвольных выкидышей у их жён, не имевших контактов с вибрацией. Установлен аддитивный эффект по показателям частоты самопроизвольных выкидышей, мертворождений в случаях когда оба супруга работают в условиях воздействия вибрации. Вместе с тем виброопасная профессия супруга почти также сказывается как и его вредные привычки: курение и злоупотребление алкоголем. Всё это позволило рассчитать коэффициенты биологической эффективности вибрации при воздействии на репродуктивную функцию рабочих. Так, виброопасная профессия супругов повышает риск для потомства по показателям массы новорождённого, частоте мертворождений, младенческой смертности до 4 раз, а также при сочетании с вредными привычками (курение, употребление алкоголя) до 8 раз.

Ключевые слова: физические факторы, вибрация, виброопасная профессия, физиолого-гигиеническая паспортизация, ВУТ (временная утрата трудоспособности, репродуктивная система, функция, эмбриогенез, биологические критерии, интегральный показатель, вероятность, перемножение вероятностей, аддитивный эффект, самопроизвольные выкидыши, мертворождение, экономический ущерб, корреляция, регрессия

Постановка проблемы. Не затрагивая всей сложности и противоречивости проблем, возникающих в связи с технической революции в промышленности, следует лишь подчеркнуть неуклонный рост контингента лиц, непосредственно подвергающихся неблагоприятному воздействию таких производственных физических факторов, как вибрация, шум и др. [1, 2].

В настоящее время доказано, что реакции целостного организма на самые разнообразные физические раздражители, в значительной мере универсальны и стереотипны. Неблагоприятные эффекты вибрации на организм человека характеризуются локальным действием на ткани и заложены в них многочисленные экстеро- и интэрорецепторы (прямой микротравмирующий эффект), а также опосредованно через центральную нервную систему на различные органы и системы [3, 4].

Цель исследований. Анализ биологических критериев неблагоприятного действия вибрации на репродуктивную систему мужского и женского организмов.

Методы и объем исследований. В процессе проведения анализа оценивались условия труда операторов самоходных машин (машинист экскаватора, оператор бульдозера, оператор бурового станка) и вышивальщиц тамбурного цехов. Возраст обследованных колебался в пределах $36,5 \pm 0,7$ – $42,5 \pm 0,9$, стаж в профессии: $13,9 \pm 0,4$ – $17,0 \pm 0,9$ лет.

Фактическое состояние условий труда оценивалось по физиолого-гигиенической паспортизации профес-

сий и аттестации рабочих мест. Применена балльная оценка.

При подсчете баллов и оценке влияния изучаемого фактора на состояние организма учитывали уровень фактора, продолжительность его действия в течение рабочей смены. Баллы, установленные по степени вредности факторов, корректировали по формуле:

$$X_{\text{факт}} = X_{\text{ст}} \times T$$

где $X_{\text{ст}}$ – степень вредности фактора, установленная по гигиенической классификации труда; T – отношение фактического времени действия данного фактора (по результатам хронометражных наблюдений) к общему времени рабочей смены. Если время действия фактора составляет 50% рабочей смены, то $T=1$.

Для комплексной оценки неблагоприятных эффектов действия вибрации рабочих мест, выявления степени переносимости доминантного фактора, характера состояния физиологических систем, адекватных воздействию вибрации, установления нарушений репродуктивной функции мужчин и женщин, выявления особенностей осложнения течения, беременности, родов и послеродового периода, здоровье и развитие ребенка проведены социологические исследования. Анкетированием (по разработанным специализированным опросникам) охвачены 923 человека, в том числе 532 мужчин и 391 женщина, работающих в условиях воздействия вибрации различных категорий.

Анализ заболеваемости проводили по дням временной утраты трудоспособности (ВУТ).

Интегральный показатель комплексной оценки факторов производственной среды определяли с помощью статистического балла степени вредности каждого фактора по формуле $\bar{B} \pm S_n$ где: \bar{B} – средне-арифметическое значение показателя; S_n – средне-квадратическое отклонение.

Для статистической обработки полученных данных использовали пакет статистических программ «Statistica 6.0». Используя критерий Колмогорова-Смирнова, оценивали соответствие распределений нормальному закону. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Изложение основного материала. Проведен комплекс гигиенических, социологических, клинических и экспериментальных исследований.

Гигиеническая оценка условий труда рабочих виброопасных профессий основывалась на комплексной оценке трудовой деятельности с учётом всех факторов производственной среды. Рассчитан интегральный показатель комплексной оценки факторов производственной в виде статистического балла степени вредности каждого фактора $\bar{B} \pm S_n$, а сумма баллов по всем факторам характеризовала степень профессионального риска каждой профессиональной группы [5, 6].

Для предотвращения и прогнозирования социально-экономического ущерба, как показали проведённые исследования, учитывалось формирование общей заболеваемости с ВУТ и зависимость её от факторов производственной среды. Корреляционно-регрессионный анализ заболеваемости с ВУТ в зависимости от степени вредности комплекса факторов производства позволил получить ряд коэффициентов биологической активности. Так величина прироста заболеваемости на 1 балл степени вредности (интегральный показатель степени вредности всех факторов) по показателям болевших лиц у женщин выше, чем у мужчин в 4,5 раза, по случаям заболевания – 4,3 раза, по дням нетрудоспособности – 2,2 раза и по потерям дней нетрудоспособности в 2,1 раза. При этом биологический эквивалент женского пола как фактора риска оценивается от 2 до 5 баллов степени вредности. Установлена величина прироста заболеваемости по дням нетрудоспособности на 1дБ скорректированного уровня вибрации у мужчин на 12,17, у женщин 36,3. Эти данные говорят о большой чувствительности женщин (в 2,8 раз) к неблагоприятным условиям труда и к вибрационному воздействию.

Количественный анализ изменений этих показателей в сопоставлении с уровнями вибрации свидетельствуют о том, что различия в уровнях вибрации, вызывающих одинаковые сдвиги (по показателям заболеваемости), составляют 8,4 дБ.

Исследования показали, что репродуктивная система чувствительна и адекватно реагирует на неблагоприятное действие общей вибрации.

Установлено, что влияние вибрации рабочих мест на репродуктивную функцию опосредуется как через женский так и мужской организм. Критериями негативного фактора на женский организм является частота нарушений менструальной функции, самопроизвольных выкидышей, мертворождений, отклонения в антропометрических показателях новорождённых, заболевания детей в раннем возрасте; мужской организм – угнетение половой функции, достоверное увеличение частоты самопроизвольных выкидышей у их жён, не имевших контактов с вибрацией.

Установлен аддитивный эффект по показателям частоты самопроизвольных выкидышей, мертворождений в случаях когда оба супруга работают в условиях воздействия вибрации. Вместе с тем виброопасная профессия супруга почти также сказывается как и его вредные привычки: курение и злоупотребление алкоголем. Всё это позволило рассчитать коэффициенты биологической эффективности вибрации при воздействии на репродуктивную функцию рабочих (табл.1.). Так, виброопасная профессия супругов повышает риск для потомства по показателям массы новорождённого, частоте мертворождений, младенческой смертности до 4 раз, а также при сочетании с вредными привычками (курение, употребление алкоголя) до 8 раз.

Анализ экспериментальных данных по изучению влияния вибрации на сперматогенез, оогенез и эмбриогенез, а также на развитие потомства позволил рассчитать ряд коэффициентов биологической эффективности вибрации на репродуктивную функцию животных (табл. 2.).

Установлено, что критерием неблагоприятного воздействия общей синусоидальной вертикальной вибрации для самок является период дробления оплодотворённой яйцеклетки и васкуляризация плаценты, а для самцов – пролиферирующие сперматогонии, сперматоциты и ранние сперматиды, обуславливающие резкое увеличение антифертильного эффекта сперматозоидов.

Таблица 1. Коэффициенты биологической эффективности вибрации при воздействии на репродуктивную функцию рабочих

Показатели (относительно контроля)	Значение коэффициентов		
	мужчин	женщин	раз
Величина прироста заболеваемости с ВУТ на 1 балл степени вредности (интегральный показатель степени вредности всех факторов):			
- по болевшим лицам	1,23	5,61	4,5
- по случаям заболевания	2,70	11,69	4,3
- по дням нетрудоспособности	37,46	81,32	2,2
- по потерям дней нетрудоспособности	0,11	0,22	2,1
Биологический эквивалент женского пола, как фактора риска, в баллах степени вредности		2-5	
Величина прироста заболеваемости с ВУТ на 1дБ скорректированного уровня вибрации:			
- по дням нетрудоспособности	12,67	36,3	2,8
Виброопасная профессия супругов повышает риск для потомства (по показателям: малая масса новорождённого, частота мертворождений, младенческая смертность до года) в раз по абсолютным величинам риска		4,0	
То же в сочетании с вредными привычками (курение, употребление алкоголя), раз		8,0	

Таблица 2. Коэффициенты биологической эффективности вибрации при воздействии на репродуктивную функцию экспериментальных животных

Показатели относительно контроля	Значение коэффициентов		
	самцы	самки	Перемножение вероятностей
Цикличность половой функции (в разгах)			
- ритмичность (удлинение его продолжительности)		1,3+2,4	
- увеличение периода покоя (фаз диэструс и метаэструс)		2,0+3,8	
- сокращение количества циклов в месяц		2,4	
Гибель эмбрионов (выше в разгах):			
- общая	3,5	4,8	
- до имплантации (фаз диэструс и метаэструс)	7,3	7,1	
- сокращение количества циклов в месяц	1,3	3,4	
Вероятность выживаемости эмбрионов (ниже по абсолютным величинам вероятностей):			
- общая	0,75	0,29	0,21
- до имплантации	0,32	0,21	0,07
- после имплантации	0,14	0,14	0,02
Вероятность рождения и выживаемости потомства (ниже по абсолютным величинам вероятности):			
Чувствительность к вибрации (выше в разгах)			
При перемножении вероятностей (в разгах):			
- вероятность рождения потомства	0,6	0,29	5,5
- вероятность выживаемости потомства	1,7	3,5	14,3

В таблице 2 представлен ряд коэффициентов биологической эффективности вибрации ярко демонстрирующих большую чувствительность самок к её воздействию по показателям общей и после имплантационной гибели эмбрионов. Отмечена более низкая выживаемость эмбрионов, особенно по показателям общей и доимплантационной их гибели, а также вероятностей рождения и выживаемости потомства. Получены интересные данные, в подтверждение социологических исследований, по снижению вероятностей рождения и выживаемости потомства в 5,5 и 14,3 раз при аддитивности эффекта вибровоздействия на родителей.

Анализ биологических эффектов вибрации, по специфическим и интегральным показателям, позволил установить порог вредного действия вибрации, на уровне 83 дБ (по ускорению $0,01\text{м/с}^2$), на репродуктивную, нервную и эндокринную системы, что даёт возможность обоснованно судить о тех уровнях фактора, которые оградят женщин (их потомство) от неблагоприятного влияния вибрации в производстве. Материалы могут быть использованы при пересмотре ПДУ для технологических вибраций.

Таким образом, комплексное исследование условий труда и изучение влияния их на организм рабочих, позволил установить качественно-количественные соотношения вклада вибрации и сопутствующих факторов (шум, локальная вибрация, неблагоприятный микроклимат, загрязнения воздушной среды, физические и нервные нагрузки и др.) в формирование заболеваемости с ВУТ, нарушения в специфических функциях мужского и женского организма.

Выводы. Воздействие вибрации рабочих мест на репродуктивную систему опосредуется как через женский, так и мужской организм.

Установлен аддитивный эффект по показателям частоты самопроизвольных выкидышей, мертворождений в случаях когда оба супруга работают в условиях воздействия вибрации.

Виброопасная профессия супругов повышает риск для потомства по показателям массы новорожденного, частоте мертворождений, младенческой смертности до 4 раз, а при сочетании с вредными привычками (курение, злоупотребление алкоголем) до 8 раз.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Суворов Г.А. Гигиеническое нормирование общей вибрации (Г.А.Суворов). - Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1984.- №10 – С.9-13.
Suvorov G.A. Hygienical setting of norms of general vibration [Gigienicheskoe normirovanie obshhej vibratsii (G.A.Suvorov)]. - Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya, 1984.- №10 – S.9-13.
- Баличиева Д.В. Сравнительная биологическая оценка вибрационно-шумового воздействия в зависимости от дозы вибрации в эксперименте (Д.В. Баличиева, Э.И. Денисов).- Медицинский журнал Узбекистана, 1979 ,№12, С 50-53
Balichieva D.V. Comparative biological estimation of noise-vibrating influence depending on the dose of vibration in an experiment [Sravnitel'naya biologicheskaya otsenka vibratsionno-shumovogo vozdejstviya v zavisimosti ot dozy vibratsii v ehksperimente (D.V.Balichieva, E.H.I.Denisov)].- Meditsinskij zhurnal Uzbekistana, 1979 ,№12, S 50-53
- Баличиева Д.В. К эмбриотропному действию общей вибрации (Д.В. Баличиева).- Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 5, 2004.- (Симферополь: НИЦ КИПУ).- С.64-68.
Balichieva D.V. To the embryotrophical action of general vibration [K ehmbriotroponu dejstviyu obshhej vibratsii (D.V. Balichieva).]- Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Vypusk 5, 2004.- (Simferopol': NITS. KIPU).- S.64-68.
- Баличиева Д.В. Возможные механизмы формирования нарушения репродуктивной функции экспериментальных животных при вибрационном воздействии и их экстраполяция на человека (Д.В. Баличиева) Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 9 ,2007.- (Симферополь: НИЦ.КИПУ).- С.17-22
Balichieva D.V. The possible mechanisms of forming of violation of genital function of experimental animals at oscillation influence and their extrapolation on a man [Vozmozhnye mekhanizmy formirovaniya narusheniya reprduktivnoj funktsii ehksperimental'nykh zhivotnykh pri vibratsionnom vozdejstvii i ikh ehkstrapolyatsiya na cheloveka] (D.V. Balichieva) Uchenye

zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Vypusk 9, 2007.- (Simferopol': NITS.KIPU).- S.17-22

5. Баличиева Д.В. К механизму биологического действия вибрации на сперматогенез (Д.В. Баличиева).- Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Том. 20(59), №4. Биология, Химия, Симферополь, 2012. *Balichieva D.V. To the mechanism of biological action of vibration on spermatogenesis [K mekhanizmu 'iologicheskogo dejstviya vibratsii na spermatogenez] (D.V.Balichieva).- Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Tom. 20(59), №4. Biologiya, KHimiya, Simferopol', 2012.*

6. Баличиева Д.В. Медико-биологические критерии неблагоприятного действия общей вибрации на репродуктивную

систему (Д.В. Баличиева, П.В. Шинкаревский).- Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Том. 26 (65), №2. Биология, Химия, Симферополь. 2013.

Balichieva D.V. Medicobiological criteria of unfavorable action of general vibration on the genital system [Mediko-biologicheskie kriterii neblagopriyatnogo dejstviya obshhej vibratsii na reproductivnyu sistemu] (D.V.Balichieva, P.V. SHinkarevskij).- Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo, Tom. 26 (65), №2. Biologiya, KHimiya, Simferopol'. 2013.

Balichieva D.V. Medicobiological criteria of unfavorable action of physical factors on the genital system

Abstract. The analysis of biological criteria of unfavorable action of vibration on the genital system of masculine and female organisms is given in this work. The complex of hygienically, sociological, clinical and experimental researches is conducted in the article. The hygienical estimation of terms of labour of workings vibrodangerous professions is given by complex estimation of labour activity taking into account all factors of production environment. The integral index of complex estimation of factors of production as a statistical mark of degree harmfulness of every factor ($V+sn$) is expected, and the sum of balls on all factors characterized the degree of occupational take of every professional group.

It is set that influence of vibration of workplaces on a genital function will mediate as both female and masculine organism. The criteria of negative factor on a female organism is frequency of violations of menstrual function, spontaneous abortions, stillborn, rejection in the anthropometric indexes of new-born, diseases of children in early age; a masculine organism is oppressing of sexual function, reliable increase of frequency of spontaneous abortions of their wives, not having contacts with a vibration.

Correlated and regressive analysis of morbidity with temporal loss of ability to work depending on the degree of harmfulness of complex of factors of production allowed to get the row of coefficients of biological activity. So size of increase of morbidity on a 1 mark of degree of harmfulness (integral index of degree of harmfulness of all factors) on the indexes of being ill persons for women higher, than for men in 4,5 time, on the cases of disease is 4,3 time, on the days of disability are 2,2 time and on the losses of days of disability in 2,1 time. Thus biological equivalent of sex of women as a risk factor estimated from 2 to to 5 marks of degree of harmfulness.

An additive effect is set on the indexes of frequency of spontaneous abortions, stillborn in cases when both spouses work in the conditions of influence of vibration. At the same time the vibrodangerous profession of spouse almost also tells as well as his harmful habits: smoking and abuse of alcohol. All of it allowed to expect the coefficients of biological efficiency of vibration at affecting genital function of workers. So, the vibrodangerous profession of the married couples promotes a risk for posterity on the indexes of mass new-born, to frequency of stillborn, to the infantile death rate to 4 times, and also at combination with harmful habits (smoking, use of alcohol) to 8 times.

Keywords: physical factors, vibration, a vibrodangerous profession, genital system, biological criteria, integral index, probability, additive effect, spontaneous abortions, stillborn

CHEMISTRY

Брем В.В., Кожухарь В.Я., Дмитренко И.В., Буга С.П.
Технологические особенности получения влагостойких флюсов

*Брем Владимир Викторович, кандидат химических наук, доцент,
 декан химико-технологического факультета*

Кожухарь Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Дмитренко Инна Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель

Буга Светлана Петровна, старший преподаватель

Одесский национальный политехнический университет, г.Одесса, Украина

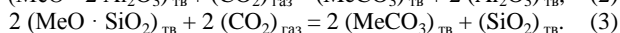
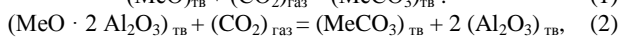
Анотация. Существующая технология изготовления флюсов приводит к образованию различных кристаллических оксидных фаз, которые химически активны по отношению к влаге воздуха. При хранении флюсы поглощают влагу воздуха и как следствие этого гидратируются с содержанием воды до 0,5 масс. %. Для устранения указанного недостатка предложен метод повышения влагостойкости фторидно-оксидных флюсов в котором технологическим совмещен процесс их карбонизации и грануляции. Проведенный термодинамический расчет метода и анализ полученных термодинамических данных позволил заключить, что проведение процесса карбонизации ($P_{CO_2} = 0,101325$ МПа) в исследованном интервале температур возможно не для всех рассмотренных реакций. Оптимальные условия проведения карбонизации многокомпонентных производственных флюсов необходимо корректировать с учетом многообразия их фактического фазового состава. Проведены промышленные испытания способа получения флюсов, обеспечивающего повышение их влагостойкости при открытом хранении на воздухе на Никопольском заводе ферросплавов. Для реализации способа предложен новый вариант расположения трубы-сборника и корзины-приемника в системе технологического оборудования. Это позволило совместить процесс карбонизации с сухой грануляцией. Испытания показали эффективность способа применительно к производству фторидно-оксидных флюсов повышенной влагостойкости.

Ключевые слова: фторидно-оксидные флюсы, карбонизация, грануляция, гидратация, влагостойкость

Вступление. Известные флюсы при хранении поглощают влагу воздуха, в результате чего содержание в них воды может достигать 0,2...0,5 масс. %. В процессе изготовления флюса происходит образование различных кристаллических оксидных фаз, по большей части химически активных по отношению к влаге воздуха и как следствие этого флюсы гидратируются [1].

Цель работы. Разработка таких методов получения флюсов, которые обеспечивали бы повышение их влагостойкости при открытом хранении на воздухе. Для реализации цели работы необходимо разработать принципиальные основы возможных вариантов решения поставленной задачи.

Термодинамический анализ процесса. Принципиальный анализ предложенного метода показывает, что он позволяет вести обработку флюсов углекислым газом одновременно с их грануляцией и последующим охлаждением. Возможна так же обработка флюсов углекислым газом в смеси с инертными газами при различных давлениях. Рабочая атмосфера при проведении процесса может быть проточной, непроточной или циркуляционной. Снижение влагопоглотительной способности флюсов, полученных указанным путем, связано с поверхностной карбонизацией кристаллических фаз оксидов флюсов, алюминатов и силикатов по схемам



Полученные при этом карбонатные пленки не образуют кристаллогидратов (не гидратируются на воздухе) и предотвращают взаимодействие заключенных в них оксидов, алюминатов и силикатов с влагой воздуха.

Так как грануляция при температурах 1100 °С и ниже, то для этого необходимо было располагать значениями стандартных изменений Гиббса ΔG_T^0 в вы-

бранном интервале температур (573...1373 К) для указанных выше взаимодействий. Значения ΔG_T^0 вычислялись с помощью уравнений типа

$$\Delta G_T^0 = A + BT, \quad (4)$$

где A и B – коэффициенты, определенные с привлечением различных литературных данных [2].

Вычисленные значения коэффициентов A и B для процесса карбонизации по реакциям типа (1)...(3) позволили из соотношения

$$K_p = 1/P_{CO_2}^n, \quad (5)$$

где n – показатель степени, равный значению коэффициента в данном уравнении, определить значения P_{CO_2} для рассматриваемого интервала температур (573...1373 К).

Анализ полученных термодинамических данных позволил заключить, что проведение процесса карбонизации ($P_{CO_2} = 0,101325$ МПа) в исследованном интервале температур возможно не для всех рассмотренных реакций, а лишь для тех в составе которых есть соединения: $MgO \cdot 2Al_2O_3$, $2CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$, $CaO \cdot 2Al_2O_3$, $3CaO \cdot 2SiO_2$. Реакции карбонизации по другим схемам в указанных условиях не протекают. Реакция с $3CaO \cdot Al_2O_3$ при $P_{CO_2} = 0,101325$ МПа идет только в интервале температур 573...973 К. Полученные результаты позволяют заключить, что некоторые реакции целесообразно проводить при повышенных давлениях, возможно даже при $P_{CO_2} = 0,101325$ МПа. Очевидно, что и карбонизацию флюсов с целью понижения их влагопоглотительной способности, возможно, проводить как при повышенных давлениях, так и при давлении диоксида углерода меньше 0,101325 МПа. В целом же оптимальные условия проведения карбонизации многокомпонентных производственных флюсов необходимо корректировать с учетом многообразия их фактического фазового состава.

Экспериментальные данные и их обработка. Эти задачи, как, оказалось, возможно, решить только с помощью дополнительных лабораторных исследований, используя для этих целей различные марки флюсов промышленного производства. Для изучения процессов разработаны лабораторные установки, которые позволяли проводить обработку флюсов диоксидом углерода как при $P_{CO_2} = 0,101325$ МПа, так и при повышенных давлениях [3,4].

Исследовано влияние высокотемпературной обработки в диоксиде углерода на влагопоглощательную способность флюсов (f). С целью определения оптимальных условий проведения обработки карбонизацию вели при 473...1273 К и различных временных выдержках.

Анализ зависимости влагопоглощательных способностей флюсов, составы которых представлены в табл. 1, от температур и времени их обработки в осушенном CO_2 позволил заключить, что наибольшему снижению влагопоглощательной способности способствует карбонизация флюсов в интервале 673...873 К. Для эффективного проведения карбонизации флюсов в указанном интервале температур достаточно 300 с выдержки в токе CO_2 . Полученные прокаливанием в диоксиде углерода при 873 К и при такой же температуре прокаливании в аргоне пробы флюсов выдерживались на воздухе. Оказалось, что обработка флюсов диоксидом углерода значительно снижает их влагопоглощательную способность (для исследованных флюсов 1,5...2,0 раза).

Таблица 1. Марки и содержание основных компонентов флюсов

Марки флюсов	Содержание основных компонентов, масс. %				
	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
АНФ-6	Основа	≤ 8,0	–	23-31	≤ 2,5
АНФ-25	50-60	10-15	10-15	12-20	2-7
АНФ-29	37-45	24-30	2-0	13-17	11-15
АН-291	10-20	20-28	17-27	35-45	≤ 2,5
БР-1*	33,3	33,3	–	–	33,3
БР-2*	33,3	33,3	–	33,3	–
БР-3*	40	10	5 CaCl ₂	10 LiF	25
БР-4*	–	50	10 CaCl ₂	5 LiF	35

* – опытные флюсы

Таблица 2. Пределы предварительной гидратации ($O_{гидр}$) и снижения влагопоглощательной способности (f) флюсов в зависимости от вида их обработки

Марка флюса	Газовая фаза	Давление, Па	$Q_{гидр}$, см ³ /100 г				f , %
			Для параллельных опытов		Среднее		
АНФ-6	Ar	101325	55,3	55,1	55,2	55,2	–
		101325	36,5	36,8	36,2	36,5	34,2
	CO ₂	1013250	34,2	33,6	33,8	33,9	41,3
		2026500	–	–	–	–	–
АНФ-25	Ar	101325	57,7	57,9	57,6	57,8	–
		101325	31,2	32,1	30,6	31,3	45,9
	CO ₂	1013250	27,9	29,6	28,9	28,8	50,2
		2026500	–	–	–	–	–
АНФ-29	Ar	101325	29,5	26,4	–	27,9	–
		101325	19,7	21,6	–	20,7	45,9
	CO ₂	1013250	9,9	8,7	8,9	9,3	66,6
		2026500	34,9	28,8	36,2	33,3	77,6
АН-291	Ar	101325	20,0	22,1	–	22,1	–
		101325	15,7	11,4	–	13,6	35,5
	CO ₂	1013250	8,7	8,6	–	8,65	59,5
		2026500	8,6	6,4	–	7,5	64,5
БР-1	Ar	101325	24,7	26,0	24,9	25,2	–
		101325	12,9	18,2	15,8	15,6	38,1
	CO ₂	1013250	12,8	10,0	16,2	13,0	48,4
		2026500	25,7	26,6	28,1	26,8	–
БР-2	Ar	101325	30,2	31,1	28,7	30,0	–
		101325	22,1	19,3	–	20,7	31,1
	CO ₂	1013250	16,2	13,8	–	15,0	50,0
		2026500	13,7	12,3	12,5	12,8	57,2
БР-3	Ar	101325	27,3	27,1	27,2	27,2	–
		101325	18,3	17,9	17,1	17,8	34,7
	CO ₂	1013250	12,1	8,9	–	10,5	61,4
		2026500	12,0	7,8	–	9,9	63,6
БР-4	Ar	101325	25,8	25,1	24,6	25,2	–
		101325	17,4	17,2	16,7	17,1	32,3
	CO ₂	1013250	13,3	13,2	12,2	12,9	48,8
		2026500	8,8	7,8	–	8,3	67,1

Карбонизация при повышенном давлении углекислого газа существенно изменяет пределы предварительной гидратации флюсов. В табл. 2 приведены результаты исследований влияния карбонизации, проведенной при различных давлениях, на влагопоглотительную способность (f) некоторых стандартных и опытных флюсов.

Так, для флюса АН-291 карбонизация при 101325 Па CO_2 снижает влагопоглотительную способность на 35,5 %, а при 1013250 Па CO_2 – на 59,7 %. При дальнейшем повышении P_{CO_2} до 2026500 Па величина хотя существенно и не меняется, но остается очень высокой (64,5 %). Менее однозначным являются результаты по флюсам АНФ-29 и БР-1, хотя переход от $P_{\text{CO}_2} = 101325$ Па характеризуется изменением понижения влагопоглотительной способности соответственно от 25,7 до 66,7 % и от 38,1 до 48,4 %. Аналогичная картина наблюдается для флюсов АНФ-6 и АНФ-25, хотя с более меньшим снижением их влагопоглотительной способности. Влагопоглотительная способность опытных флюсов БР-2, БР-3 и БР-4, которые имеют малую водородопроницаемость [3,4], примерно одинаковая. Уменьшение влагопоглотительной способности флюсов можно объяснить содержанием основных компонентов, а именно уменьшением содержания основных оксидов. Что касается очень низких значений при переходе к карбонизации при 2026500 Па, то для их осмысления и объяснения необходимо привлечение методов физико-химического анализа для уточнения фазового состава образцов карбонизированных флюсов. В целом, как показали результаты анализов, кар-

бонизацию флюсов, как при повышенных давлениях, так и при давлении диоксида углерода 101325 Па, следует признать эффективным путем снижения их влагопоглотительной способности.

В производственных условиях Никопольского завода ферросплавов проведены промышленные испытания способа получения флюсов, обеспечивающего повышение их влагостойкости при открытом хранении на воздухе. В качестве объектов исследования были выбраны флюсы АНФ-6, АНФ-29 и АНФ-25, содержащие в своем составе до 30 % оксидов кальция и магния. Выплавка флюсов производилась в трехфазных печах СКБ-6063 мощностью 2,5 МВт. Расплавленный флюс гранулировали потоком сжатых газов. Для использования остаточного тепла массы гранулированного флюса карбонизацию осуществляли в некотором ограниченном объеме корзины-приемника с помощью специальной трубы-сборника, которая представляет собой стальную трубу, заканчивающуюся в верхней части стальной воронкой, способствующей лучшему попаданию гранул внутрь. В нижней части трубы-сборника вварена газоподводящая трубка с серией мелких отверстий, обращенных к днищу во избежание их забивания. Схема расположения трубы-сборника и корзины-приемника в системе технологического оборудования изображена на рисунке. Подача диоксида углерода в трубу-сборник и в днище корзины-приемника сквозь перфорированные отверстия начиналась перед выпуском флюса с целью предварительного вымывания воздуха и продолжалась в течение нескольких часов до полного охлаждения всей массы гранул.

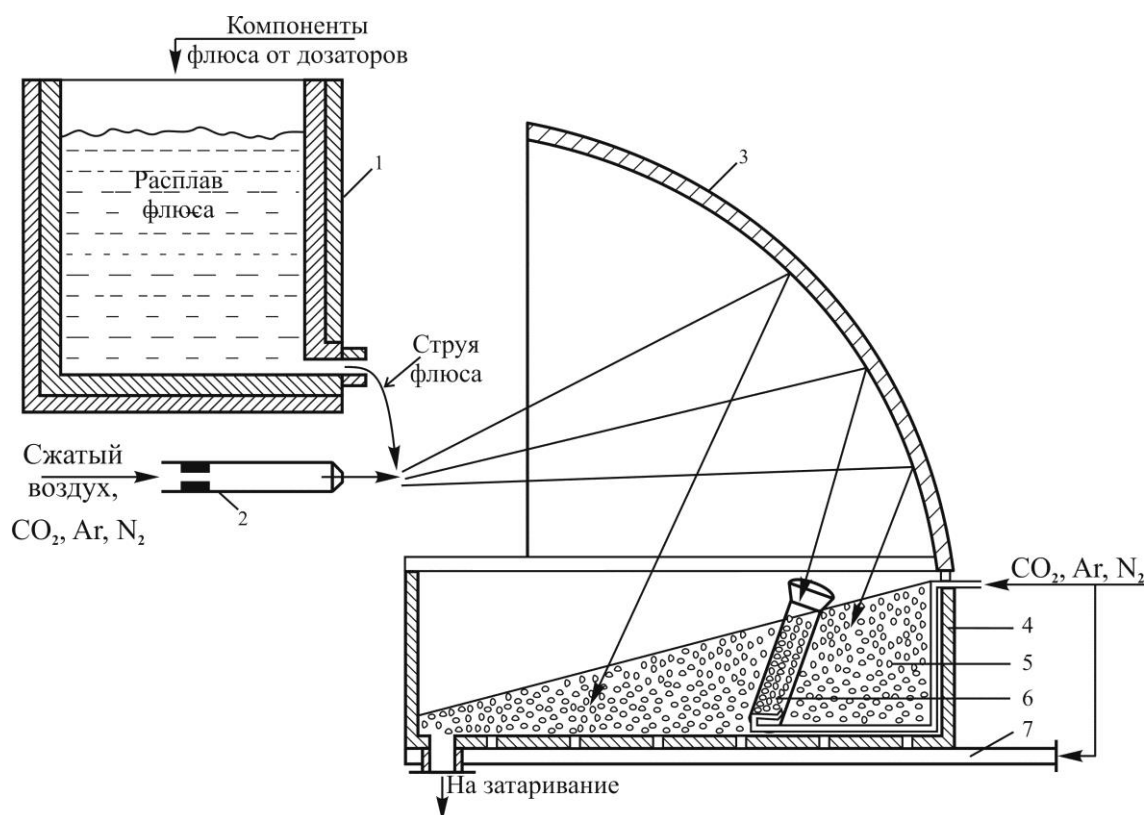


Рисунок. Схема расположения трубы-сборника в системе технологического оборудования и перфорированных отверстий в днище корзины-приемника: 1 – трехфазная печь; 2 – форсунка; 3 – экран; 4 – корзина-приемник; 5 – слой гранулированного флюса; 6 – труба-сборник; 7 – подача газов в днище корзины-приемника сквозь перфорированные отверстия

Отбор проб осуществляли в трех точках: из струи расплава, из слоя флюса в корзине-приемнике и из трубы-сборника. Это давало возможность сопоставить данные о содержании водорода в гидратированных пробах после проведения карбонизации с водородосодержанием гидратированных, но предварительно не карбонизированных частей флюса той же плавки и с исходными значениями (H) в жидком флюсе. Из струи расплава отбор производился с помощью специального механического пробоотборника, обеспечивающего получение застеклованных негидратирующихся проб в виде пластинок. Пробы застеклованных флюсов до анализа хранились в специальном герметичном эксикаторе. Пробы гранулированных флюсов (для обеспечения протекания процесса гидратации) хранились на воздухе в течение двух недель. В табл. 3 приведен состав шихты некоторых промышленных флюсов для проведения плавки и грануляции флюса. Температура струи жидкого флюса в момент

его выпуска составляла 1853...1823 К. Результаты анализа проб, взятых в различных плавках, на содержании водорода и снижение влагопоглощательной способности (f) гранулированных флюсов после их гидратации представлены в табл. 4. Как следует, гранулированные флюсы подвергались гидратации, в результате чего содержание водорода в них увеличилось по сравнению с исходным содержанием.

Исследовано в лабораторных условиях влияние высокотемпературной обработки в диоксиде углерода на влагопоглощательную способность флюсов (f). С целью определения оптимальных условий проведения обработки карбонизацию вели при 473...1273 К и различных временных выдержках. Оказалось, что обработка стандартных промышленных и опытных флюсов диоксидом углерода значительно снижает их влагопоглощательную способность (для исследованных флюсов 1,5...2,0 раза).

Таблица 3. Состав шихты промышленных флюсов

Марка флюса	Состав шихты флюсов, кг				
	Флюоритовый концентрат	Глинозем	Негашеная известь	Магнезит каустический	Кварцевый песок
АНФ-25	2100	400	170	400	70
АНФ-6	1800	900	400	–	60
АНФ-29	1400	400	700	80	320

Прежде чем приступить к обсуждению полученных данных, следует принять во внимание и результаты анализа части тех проб гранулированного, но не карбонизированного в цеховых условиях флюса (отобранных из корзины-приемника), которые затем подвергались карбонизации в лабораторных условиях при 873 К и атмосферном давлении CO_2 . Их анализу предшествовала также выдержка на воздухе. С учетом данных о существенном снижении влагопоглощательной спо-

собности этих же флюсов после их карбонизации в лабораторных условиях представлены в табл. 4. В таблице 5 представлены результаты промышленных испытаний. Основной причиной отсутствия высокого положительного результата карбонизации в цеховых условиях по флюсу АНФ-29 и незначительного эффекта по флюсу АНФ-25 и АНФ-6, может быть объяснена, прежде всего, низкой температурой гранул, омываемых диоксидом углерода в трубе-сборнике.

Таблица 4. Содержание водорода (H) и снижение влагопоглощательной способности f флюсов в зависимости от вида их обработки в лабораторных условиях

Марка флюса	Газовая фаза	Значения (H), $cm^3/100\text{ г}$			
		Данные параллельных опытов		Средние	Δf , %
АНФ-6	Ar	55,1	55,2	55,2	–
	CO_2	36,8	36,2	36,5	34,2
АНФ-25	Ar	58,0	57,6	57,8	–
	CO_2	32,1	30,6	31,3	45,9
АНФ-29	Ar	35,1	33,4	34,3	–
	CO_2	7,5	7,9	7,7	77,6

Согласно замерам, проведенным в этом сборнике с помощью хромель-алюмелевых термопар на различных уровнях, максимальная температура там не превышала 523 К и в течение 180 с после заполнения флюсом снижалась до 323 К.

Поскольку предварительные лабораторные исследования и термодинамический анализ указывали на необходимость проведения карбонизации в условиях достаточно высоких температур, была предпринята попытка совместить процесс карбонизации с сухой грануляцией. Для исследований были использованы флюсы АНФ-6 и АНФ-25. Оказалось, что процесс их карбонизации в трубе-сборнике протекал, очевидно, более интенсивно. Влагопоглощательная способность

флюса АНФ-6 в результате карбонизации (процесс осуществлялся в трубе-сборнике) была снижена на АНФ-25 на 16,4 %, АНФ-6 на 24,1 % а АНФ-29 на 31,5 %. Определенную роль сыграла температура в трубе-сборнике, которая, оставалась в течение $36 \cdot 10^2$ с в пределах 873...573 К. Низкие результаты совместного процесса карбонизации и грануляции можно, очевидно, объяснить двумя факторами: очень высокой температурой расплава и недостаточным количеством содержащегося в смеси углекислого газа. В целом же экспериментально подтверждена эффективность способа применительно к производству флюсов АНФ-6, АНФ-25 и АНФ-29.

Таблица 5. Содержание водорода (H) и снижение влагопоглощительной способности f флюсов в зависимости от условий их получения

Марка флюса	Условия получения	Значения (H), см ³ /100 г			
		Данные параллельных опытов	Средние	Δf , %	
АНФ-6	Застеклованные	17,9	17,7	17,8	–
	Не карбонизированные	54,9	53,9	54,5	–
	Карбонизация в трубе-сборнике	41,8	40,8	41,3	24,1
	Грануляция-карбонизация смесью воздуха и CO ₂	56,2	55,1	55,7	–
АНФ-25	Застеклованные	27,3	27,1	27,2	–
	Не карбонизированные	53,8	54,6	54,2	–
	Карбонизация в трубе-сборнике	45,4	45,2	45,3	16,4
	Грануляция-карбонизация смесью воздуха и CO ₂	54,3	58,2	56,3	–
АНФ-29	Застеклованные	35,1	33,4	34,3	–
	Не карбонизированные	45,3	43,5	44,4	–
	Карбонизация в трубе-сборнике	30,3	29,9	30,1	31,5
	Грануляция-карбонизация смесью воздуха и CO ₂	45,7	43,4	44,5	–

Выводы. Предложен метод повышения влагостойкости фторидно-оксидных флюсов в котором технологическим совмещен процесс их карбонизации и грануляции. Проведенный термодинамический расчет и анализ полученных термодинамических данных позволил заключить, что проведение процесса карбонизации ($P_{CO_2} = 0,101325$ МПа) в исследованном интервале температур возможно не для всех рассмотренных реакций. Оптимальные условия проведения карбонизации многокомпонентных производственных флюсов необходимо корректировать с учетом многообразия их факти-

ческого фазового состава. Проведены промышленные испытания способа получения флюсов, обеспечивающего повышение их влагостойкости при открытом хранении на воздухе на Никопольском заводе ферросплавов. Для реализации способа предложен новый вариант расположения трубы-сборника и корзины-приемника в системе технологического оборудования. Это позволило совместить процесс карбонизации с сухой грануляцией. Испытания показали эффективность способа применительно к производству фторидно-оксидных флюсов повышенной влагостойкости.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Новохатский И.А. Водород в процессах электрошлакового переплава сталей: [монография] / И.А. Новохатский, В.Я. Кожухарь, О.Н. Романов, В.В. Брем – Одесса: Астропринт, 1997. – 212 с.
Novohatskiy I.A. Vodород v protsessah elektroshlakovogo pereplava staley: [monografiya] / I.A. Novohatskiy, V.Ya. Kozhukhar, O.N. Romanov, V.V. Brem – Odessa: Astroprint, 1997. – 212 s.
- Термохимические свойства неорганических веществ: справочник. – М.: Атомиздат, 1965. – 460 с.
Termohimicheskie svoystva neorganicheskikh veschestv: spravochnik [Thermochemical properties of inorganic substances: a handbook]. – M.: Atomizdat, 1965. – 460 s.
- Брем В.В. Повышение влагостойкости фторидно-оксидных флюсов / В.В. Брем, В.Я. Кожухарь, И.В. Дмитренко // Труды Одес. политехн. ун-та. – 2009. – Вып. 2(32). – С. 197- 204.
Brem V.V. Povyishenie vlagostoykosti ftoridno-oksидnykh flyusov [Increased moisture resistance fluoride oxide fluxes] / V.V. Brem, V.Ya. Kozhukhar, I.V. Dmitrenko // Trudyi Odes. politehn. un-ta. – 2009. – Vyip. 2(32). – S. 197- 204.
- Брем В.В. Разработка технологии получения флюсов повышенной влагостойкости / В.В. Брем, В.Я. Кожухарь, И.В. Дмитренко // Вісник Нац. техн. унів-ту «ХПІ». Збірник наукових праць. «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – №40. – С. 162-168.
Brem V.V. Razrabotka tehnologii polucheniya flyusov povyishennoy vlagostoykosti [Development of technology for increased moisture resistance fluxes] / V.V. Brem, V.Ya. Kozhukhar, I.V. Dmitrenko // Visnik Nats. tehn. univ-tu «HPI». Zbirnik naukovih prats. «Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya». – Harkiv: NTU «HPI». – 2009. – #40. – S. 162-168.

Brem V.V., Kozhukhar V.Ya, Dmitrenko I.V., Buga S.P. Technological features of production of moisture fluxes

Abstract. The existing technology of manufacturing fluxes leads to the formation of various crystalline oxide phases which are chemically active towards the moisture of air. When storing fluxes absorb moisture of air and as a consequence hydrate with water content up to 0.5 mass. %.

To eliminate this drawback the method of increase of water-resistance of fluoride-oxide fluxes in which technologically combined the processes of carbonization and granulation was proposed. Conducted thermodynamic calculation of the method and the analysis of the obtained thermodynamic data allowed to conclude that the holding of the carbonization process ($P_{CO_2} = 0,101325$ МПа) in the investigated temperature range is possible not for all considered reactions. Optimal conditions for carbonization of multicomponent production fluxes must be adapted to the diversity of their actual phase composition.

Conducted industrial tests of the method of obtaining of fluxes, providing the increase of their water-resistance with open storage on the air at the Nikopol ferroalloys plant. To implement the method was proposed a new variant of layout of the pipe-collector and basket-receiver in the system of technological equipment. This enabled to combine the process of carbonization with dry granulation. Tests have shown the efficiency of a method in application to the manufacture of fluoride-oxide fluxes of increased water-resistance.

Keywords: fluoride-oxide fluxes, carbonization, granulation, hydration, water-resistance

Кунишенко Б.В., Гайдаржи И.И., Кунишенко Б.Б., Мотняк Л.А.
Взаимодействие перхлорпиридинкарбоновых кислот с SF₄ в среде безводного HF

Кунишенко Борис Васильевич доктор химических наук, профессор,
 Гайдаржи Иван Иванович, аспирант,
 Кунишенко Борис Борисович, магистр,

Мотняк Лидия Анатольевна, кандидат химических наук, доцент,
 Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина

Аннотация. При взаимодействии перхлорпиридинкарбоновых кислот с SF₄ в растворе безводного HF в мягких условиях с высокими выходами были получены α-, β- и γ-трифторметилперхлорпиридины, в которых при высоких температурах под действием SF₄ в растворе безводного HF протекают реакции нуклеофильного замещения атомов хлора на фтор с образованием трифторметильных производных хлорфторпиридинов, содержащих от одного до трех атомов фтора в пиридиновом кольце.

Ключевые слова: четырехфтористая сера, фтористый водород, электрофильное и нуклеофильное замещение

Введение

Четырехфтористая сера является уникальным селективным фторирующим агентом для замены на фтор карбонильного кислорода в альдегидах, кетонах, карбоновых кислотах и их производных, а также гидроксильных групп в кислых спиртах. Одним из важнейших достижений в химии четырехфтористой серы, значительно расширяющим возможности ее применения в органическом синтезе, является проведение реакций фторирования в растворе безводного фтористого водорода [1].

Краткий обзор публикаций по теме

Ранее [2] нами было показано, что комплексная смесь реагентов SF₄-HF-HI_{g2} помимо фторирования кислородсодержащих органических соединений может участвовать в реакциях электрофильного галогенирования ароматических углеводородов. Четырехфтористая сера в растворе безводного фтористого водорода образует реакционноспособный сульфониевый ион ⁺SF₃. Сульфониевый ион ⁺SF₃, как кислота Льюиса, способствует поляризации молекулы галогенирующего агента, увеличивает концентрацию позитивированных атомов хлора или брома в реакционной среде и выводит из сферы реакции галоген-анионы. (Схема 1):

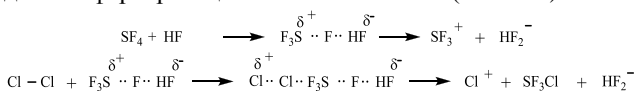
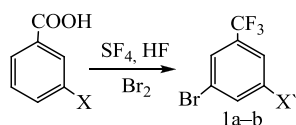


Схема 1. Взаимодействие SF₄ с хлором в среде HF

Для подтверждения электрофильных свойств SF₄-HF-HI_{g2} нами были изучены реакции бензола и его производных с этой комплексной смесью реагентов и показано, что все реакции галогенирования ароматических соединений SF₄-HF-HI_{g2} подчиняются правилам ориентации в бензольном кольце для электрофильного замещения (Схема 2):



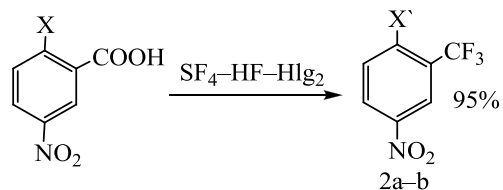
1a: X=X'=H; **1b:** X=COOH; X'=CF₃.

Схема 2. Взаимодействие ароматических карбоновых кислот с SF₄-HF-Br₂

Увеличение количества электроноакцепторных заместителей в бензольном кольце затрудняет реакции

замещения водорода в бензольном кольце на галоген, как и должно быть при электрофильном процессе, а введение нитрогруппы в молекулу бензойной и фталевой кислот полностью препятствует реакциям электрофильного галогенирования даже в жестких условиях (Схема 3).

С другой стороны, при взаимодействии SF₄-HF-Cl₂ с насыщенными органическими соединениями, в зависимости от электронной природы заместителей у реакционного центра происходит либо электрофильное замещение атома водорода на хлор, либо нуклеофильное замещение водорода фтором.



2a: X=X'=H; t= 160 °C; **2b:** X=COOH; X'=CF₃; t= 200 °C.

Схема 3. Взаимодействие нитропроизводных ароматических карбоновых кислот с SF₄-HF-HI_{g2}

Мы показали, что при взаимодействии комплексной смеси реагентов SF₄-HF-HI_{g2} с предельными углеводородами на первой стадии происходит электрофильная атака sp³-гибризованного атома углерода галоген-катионом с образованием пентакоординированного карбониевого иона (А) [3].

Стабилизация иона (А) может протекать двояко: либо происходит реакция электрофильного замещения атома водорода галогеном (путь а), либо в результате переноса гидрид-иона на окислитель и отщепления хлористого водорода образуется карбениевый ион (Б), который присоединяет анион фтора (путь б, Схема 4).

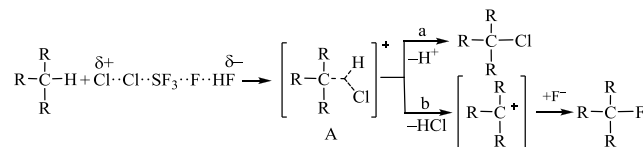


Схема 4. Образование и стабилизация пентакоординированного карбониевого иона

Однако, отщепление атома водорода с электронной парой под действием электрофильного реагента нельзя назвать элиминированием гидрид-иона, как считают авторы работ [4,5], поскольку атакующая электро-

фильная частица (Cl^+) обладает более сильными электроакцепторными свойствами, чем водород, а уходящей группой является молекула с электропозитивированным атомом водорода.

Реакционная смесь SF_4 в среде фтористого водорода также является источником анионов фтора. Наличие четырехфтористой серы в системе полностью исключает присутствие влаги в реакционной среде, что сильно увеличивает нуклеофильные свойства анионов фтора. При этом система $\text{SF}_4\text{-HF}$ способна реагировать по нуклеофильному механизму.

Цель

Интересно было изучить взаимодействие четырехфтористой серы в среде безводного фтористого водорода с перхлорпиридиновой, перхлорникотиновой и перхлоризоникотиновой кислотами, для которых невозможны реакции электрофильного замещения и на примере которых возможно изучить реакции нуклеофильного замещения хлора на фтор в пиридиновом кольце.

Материалы и методы

Четырехфтористая сера была получена по методике [6]. Перхлорпиридинкарбоновые кислоты получены кислотным гидролизом перхлорцианпиридинов [7].

Спектры ЯМР ^{19}F записаны на спектрометре Tesla BS-497 с частотой 94.075 МГц относительно внешнего стандарта- CF_3COOH в растворе d_6 – ацетона. Спектры ЯМР ^{13}C записаны на спектрометре Bruker AM-400 с частотой 100 МГц относительно внутреннего стандарта ГМДС в растворе d_6 – ацетона. Газо-жидкостная хроматография проводилась на хроматографе «Chrom-31», детектор – катарометр, газ-носитель – гелий, стальная колонка (6,3 м × 6мм) с 15% силикона FS-1265 на носителе Chromosorb W(AW-DMCS) 60-80 меш. Смесь соединений 3а-3б и 4а-4б разделяли методом препаративной ГЖХ на хроматографе «ПАХВ - 07», стальная колонка (5м × 10 мм) с 20% Carbowax 20 М на хромосорбе WAW. Газ-носитель – гелий. Температура разделения – 120°C.

Взаимодействие перхлорпиридинкарбоновых кислот с системой $\text{SF}_4\text{-HF}$

Получение α -, β - и γ -трифторметилперхлорпиридинов
Перхлорпиридинкарбоновую кислоту (1а-с) в количестве 5г, 10 г SF_4 и 10 мл безводного HF нагревали в автоклаве из нержавеющей стали емкостью 100 мл при температуре 50 °С в течение 7 часов. Автоклав охлаждали до комнатной температуры и удаляли газообразные продукты реакции. Реакционную массу выливали на лед, промывали водой, нейтрализовали карбонатом натрия и перегоняли с водяным паром. Продукт реакции экстрагировали эфиром, сушили Na_2SO_4 , эфир отгоняли, трифторметилперхлорпиридины перегоняли под вакуумом.

Получение α - и β -трифторметилфторхлорпиридинов
Перхлорпиридинкарбоновую кислоту (1а, 1б) в количестве 5г, 10г SF_4 и 10 мл безводного HF нагревали в автоклаве из нержавеющей стали емкостью 100 мл при различных температурах (100 °С и 150 °С для 1а, 100 °С, 160°C и 200°C для 1б) в течение 10 часов. Автоклав охлаждали до комнатной температуры и уда-

ляли газообразные продукты реакции. Реакционную массу выливали на лед, промывали водой, нейтрализовали карбонатом натрия и перегоняли с водяным паром. Продукт реакции экстрагировали эфиром, сушили Na_2SO_4 , эфир отгоняли, продукт перегоняли под вакуумом.

2,3,4,5-тетрахлор-6-(трифторметил)пиридин 4а

Выход 5.19 г (95%), $t_{\text{пл}}$ 36-37 °С. ^{13}C ЯМР δ 123.12 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 262.25$ Hz, CF_3), δ 134.74 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 6.91$ Hz, C4), δ 137.00 (с., C2), δ 143.47 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 6.94$ Hz, C5), δ 148.77 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 3.75$ Hz, C3), δ 148,84 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 3.75$ Hz, C1). ^{19}F ЯМР δ 10.90 (с., 3F, CF_3). Элем. анализ расч. $\text{C}_6\text{Cl}_4\text{F}_3\text{N}$: Cl, 49.83; F, 20.00; найдено: Cl, 49.70; F, 19.77. $t_{\text{кип}}$

2,3,4,6-тетрахлор-5-(трифторметил)пиридин 4б

Выход 5.35 г (98%), $t_{\text{пл}}$ 31-32 °С. ^{13}C ЯМР δ 119.45 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 262.27$ Hz, CF_3), δ 130.09 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 27.19$ Hz, C-4), δ 130.18 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 4.00$ Hz, C-2), δ 142.69 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 7.12$ Hz, C-3), δ 147.10 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 7.16$ Hz, C-5), δ 153.63 (с., C-1). ^{19}F ЯМР δ 20.30 (с., 3F, CF_3). Элем. анализ расч. $\text{C}_6\text{Cl}_4\text{F}_3\text{N}$: Cl, 49.83; F, 20.00; найдено: Cl, 49.68; F, 19.83.

2,3,5,6-тетрахлор-4-(трифторметил)пиридин 4с

Выход 5.19 г (95%), $t_{\text{кип}}$ 132-134 °С (30 мм), n_D^{20} 1.5450. ^{13}C ЯМР δ 121.69 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 262.03$ Hz, CF_3), δ 131.68 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 6.92$ Hz, C2, C4), δ 149.36 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 26.69$ Hz, C3), δ 151.97 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 3.75$ Hz, C1, C5). ^{19}F ЯМР δ 19.30 (с., 3F, CF_3). Элем. анализ расч. $\text{C}_6\text{Cl}_4\text{F}_3\text{N}$: Cl, 49.83; F, 20.00; найдено: Cl, 49.80; F, 19.95.

3,4,5-трихлор-2-фтор-6-(трифторметил)пиридин 5а

Выход 4.63 г (90%), $t_{\text{кип}}$ 196-199°C (760 мм), n_D^{24} 1.4860. ^{13}C ЯМР δ 119.69 (д, $^1J_{\text{CF}} = 27.19$ Hz, C-2), δ 123.13 (кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 262.03$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 4.02$ Hz, CF_3), δ 130.74 (кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 7.12$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 3.89$ Hz, C4), δ 144.13 (кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 27.17$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 7.12$ Hz, C5), δ 149.83 (кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 7.97$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 4.02$ Hz, C3), δ 159.41 (кв.д, $^1J_{\text{CF}} = 8.03$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 3.75$ Hz, C1). ^{19}F ЯМР δ 10.36 (с., 1F), δ 10.90 (с., 3F, CF_3). Элем. анализ расч. $\text{C}_6\text{Cl}_3\text{F}_4\text{N}$: Cl, 39.67; F, 28.31; найдено: Cl, 39.51; F, 28.24.

2,3,5- трихлор -4-фтор-6-(трифторметил)пиридин 5б

Выход 4.63 г (90%), $t_{\text{кип}}$ 193-197°C (760 мм), n_D^{24} 1.4857. ^{13}C ЯМР δ 123.12 (кв.д, $^1J_{\text{CF}} = 262.03$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 4.02$ Hz, CF_3), δ 123.54 (кв.д, $^1J_{\text{CF}} = 27.19$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 7.16$ Hz, C4), δ 125.60 (кв., $^1J_{\text{CF}} = 27.19$ Hz, C2), δ 142.49 (кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 26.70$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 6.67$ Hz, C5), δ 148.00 (д. кв., $^1J_{\text{CF}} = 7.97$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 4.02$ Hz, C1), δ 169.70 (д. кв., $^1J_{\text{CF}} = 3.77$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 8.03$ Hz, C3). ^{19}F ЯМР δ -28.42 (с., 1F), δ 10.90 (с., 3F, CF_3). Элем. анализ расч. $\text{C}_6\text{Cl}_3\text{F}_4\text{N}$: Cl, 39.67; F, 28.31; найдено: Cl, 39.55; F, 28.85.

3,5-дихлор-2,4-дифтор-6-(трифторметил)пиридин 5с

Выход 4.59 г (95%), $t_{\text{кип}}$ 180-183°C (760 мм), n_D^{24} 1.4590. ^{13}C ЯМР δ 108.63 (д.д, $^1J_{\text{CF}} = ^2J_{\text{CF}} = 26.94$ Hz, C2), δ 119.14 (д. кв. д, $^1J_{\text{CF}} = 20.88$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 6.89$ Hz, $^3J_{\text{CF}} = 4.17$ Hz C4), δ 123.12 (кв. д. д, $^1J_{\text{CF}} = 261.78$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = ^3J_{\text{CF}} = 3.77$ Hz, CF_3), δ 142.54 (кв. д. д, $^1J_{\text{CF}} = 27.19$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = ^3J_{\text{CF}} = 7.16$ Hz, C5), δ 158.85 (д. д. кв., $^1J_{\text{CF}} = 262$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 7.47$ Hz, $^3J_{\text{CF}} = 3.8$, C1), δ 169.53 (д. д. кв., $^1J_{\text{CF}} = 262$ Hz, $^2J_{\text{CF}} = 7.44$ Hz, $^3J_{\text{CF}} = 3.8$, C3). ^{19}F

ЯМР δ -28.42 (с., 1F, C3-F), δ 10.36 (с., 1F, C1-F), δ 10.90 (с., 3F, CF₃). Элем. анализ расч. C₆Cl₂F₅N: Cl, 28.18; F, 37.7; найдено: Cl, 28.01; F, 38.5.

2,4,5-трихлор-6-фтор-3-(трифторметил)пиридин 6a
Выход 5.14 г (100%) $t_{\text{кип}}$ 81-85°C (7 мм), n_D^{24} 1.4930. ¹³C ЯМР δ 113.42 (дкв., ¹J_{CF} = 11.78 Hz, ²J_{CF} = 4.00 Hz, C2), δ 119.45 (кв., ¹J_{CF} = 262.27 Hz, CF₃), δ 125.73 (кв. д., ¹J_{CF} = 27.19 Hz, ²J_{CF} = 4.25 Hz, C4), δ 144.60 (д. кв., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 7.14 Hz, C3), δ 145.17 (д. кв., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 7.12 Hz, C5), δ 164.65 (д., ¹J_{CF} = 261.78 Hz, C1). ¹⁹F ЯМР δ -65.36 (с., 1F, C3-F), δ 28.31 (с., 3F, CF₃). Элем. анализ расч. C₆Cl₃F₄N: Cl, 49.83; F, 20.00; найдено: Cl, 49.72; F, 28.08.

2,3,6-трихлор-4-фтор-5-(трифторметил)пиридин 6b
Выход 5.14 г (100%), $t_{\text{кип}}$ 198-200°C (760 мм), n_D^{24} 1.4828. ¹³C ЯМР δ 116.58 (д. кв., ¹J_{CF} = 53.88 Hz, ²J_{CF} = 26.94 Hz, C4), δ 118.70 (д. кв., ¹J_{CF} = 8.03 Hz, ²J_{CF} = 3.75 Hz, C2), δ 123.85 (кв. д., ¹J_{CF} = 262.02 Hz, ²J_{CF} = 6.91 Hz, CF₃), δ 147.55 (д. кв., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 7.14 Hz, C5), δ 154.47 (д., ¹J_{CF} = 6.66 Hz, C1), δ 165.02 (д. кв., ¹J_{CF} = 20.97 Hz, ²J_{CF} = 7.14 Hz, C3). ¹⁹F ЯМР δ -65.63 (с., 1F, C3-F), δ 28.31 (с., 3F, CF₃). Элем. анализ расч. C₆Cl₃F₄N: Cl, 49.83; F, 20.00; найдено: Cl, 49.65; F, 28.15.

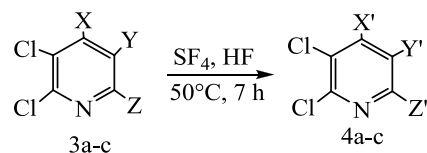
2,5-дихлор-4,6-дифтор-3-(трифторметил)пиридин 6c
Выход г (98%), $t_{\text{кип}}$ 191-193°C (760 мм), n_D^{24} 1.4400. ¹³C ЯМР δ 104.20 (д.д. кв., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 26.70 Hz, ³J_{CF} = 3.80 Hz, C2), δ 112.26 (д. кв. д., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 27.00 Hz, ³J_{CF} = 3.8 Hz, C4), δ 123.85 (кв.д., ¹J_{CF} = 262.02 Hz, ²J_{CF} = 6.91 Hz, CF₃), δ 145.90 (д. д. кв., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = ³J_{CF} = 7.14 Hz, C5), δ 164.81 (д. д. кв., ¹J_{CF} = 262.00 Hz, ²J_{CF} = ³J_{CF} = 7.1, C3), δ 165.12 (д. д., ¹J_{CF} = 262.03 Hz, ²J_{CF} = 6.91 Hz, C1). ¹⁹F ЯМР δ -65.63 (с., 1F, C3-F), δ 10.36 (с., 1F, C1-F), δ 28.31 (с., 3F, CF₃). Элем. анализ расч. C₆Cl₂F₅N: Cl, 28.18; F, 37.70; найдено: Cl, 28.02; F, 37.90.

3-хлор-2,4,6-трифтор-5-(трифторметил)пиридин 6d
Выход 4.06 г (90%), $t_{\text{кип}}$ 128-130 °C (760 мм), n_D^{24} 1.4090. ¹³C ЯМР δ 97.39 (д. д., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 26.94 Hz, C2), δ 97.57 (кв. д. д., ¹J_{CF} = ²J_{CF} = 27.18 Hz, ³J_{CF} = 4.26 Hz, C5), δ 119.61 (кв. д. д., ¹J_{CF} = 261.78 Hz, ²J_{CF} = ³J_{CF} = 6.67 Hz, CF₃), δ 157.29 (д. м., ¹J_{CF} = 261.78 Hz, C5), δ 162.40 (д. м., ¹J_{CF} = 261.81 Hz, C3), δ 163.38 (д., ¹J_{CF} = 262.78 Hz, C1). ¹⁹F ЯМР δ -65.61 (с., 1F, C3-F), δ 7.27 (с., 1F, C1-F), δ 28.31 (с., 3F, CF₃), δ 37.72 (с., 1F, C5-F). Элем. анализ расч. C₆ClF₆N: Cl, 15.07; F, 48.41; найдено: Cl, 14.98; F, 48.37.

Результаты и обсуждение

Трифторметилфторхлорпиридины являются базовыми веществами для синтеза различных производных, которые обладают высокой биологической активностью и проявляют себя как эффективные гербициды, фунгициды, нематоциды и бактерициды [8].

Нами изучено взаимодействие перхлорпиридинкарбоновых кислот с четырехфтористой серой в среде безводного фтористого водорода и показано, что в мягких условиях с выходами, близкими к количественным, образуются α - β - и γ -трифторметилперхлорпиридины:



3a, 4a: X=X'=Y=Y'=Cl; Z=COOH; Z'=CF₃; **3b, 4b:** X=X'=Z=Z'=Cl; Y=COOH; Y'=CF₃;

3c, 4c: X=COOH; X'=CF₃; Y=Y'=Z=Z'=Cl.

Схема 5. Взаимодействие перхлорпиридинкарбоновых кислот с SF₄-HF

Увеличение температуры реакции перхлорпиридинкарбоновых кислот с SF₄ в среде безводного фтористого водорода приводит к тому, что наряду с превращением карбоксильной группы в трифторметильную начинают протекать реакции нуклеофильного замещения атомов хлора в ядре пиридина на фтор. Наличие электроноакцепторной трифторметильной группы и атома азота в пиридиновом кольце способствует протеканию этих реакций. При этом увеличение температуры реакции до 100 °C позволяет получать α - и β -трифторметилполихлорфторпиридины, у которых нуклеофильно замещается только один атом хлора на фтор. Проведение реакции перхлорпиколиновой кислоты с SF₄-HF при температуре 150 °C приводит к образованию с высоким выходом 2-трифторметил-4,6-дифтор-3,5-дихлорпиридина (Схема 6):

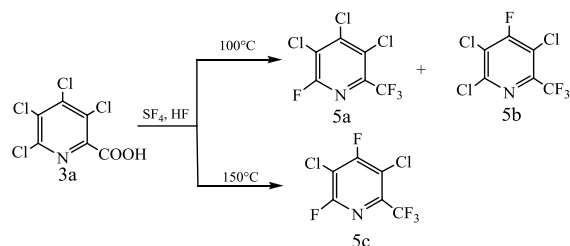


Схема 6. Взаимодействие перхлорпиколиновой кислоты с SF₄-HF

Перхлорникотиновая кислота под действием SF₄-HF при 100 °C превращается в смесь изомеров, содержащих фтор в четвертом или шестом положениях пиридинового ядра, а при 160 °C - в 3-трифторметил-4,6-дифтор-2,5-дихлорпиридин (6c). Следует отметить, что в отличие от перхлорпиколиновой кислоты, в которой нуклеофильно удается заместить только два атома хлора в перхлорникотиновой кислоте при 200 °C происходит замещение трех атомов хлора на фтор с образованием 3-трифторметил-2,4,6- трифтор-5-хлорпиридина (Схема 7):

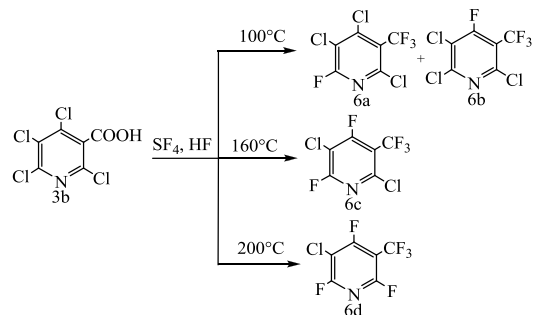


Схема 7 Взаимодействие перхлорникотиновой кислоты с SF₄-HF

При нагревании перхлорпиридинкарбоновых кислот только с HF в отсутствие SF₄ реакции нуклеофильного замещения хлора на фтор не происходят, а реакционная смесь сильно осмолается.

Выводы

Таким образом, комплексная смесь реагентов SF₄-HF-Cl₂ обладает как электрофильными, так и нуклеофильными свойствами. Геометрическая структура четырехфтористой серы обуславливает двойственный характер ее поведения. Наличие свободной электронной пары в молекуле SF₄ является причиной проявления ею основных свойств. В то же время, четырехфтористая сера может выступать как акцептор электронной пары, т.е. проявлять кислые свойства, т.к. возможно увеличение координационного числа серы до шести.

Положительная роль четырехфтористой серы в реакциях органических соединений с комплексной сме-

сью реагентов SF₄ - HF- Hlg₂ обусловлена несколькими факторами.

Во первых, наличие SF₄ в реакционной смеси увеличивает концентрацию позитивированного галогениона, что способствует реакции электрофильного галогенирования и приводит к выводу из сферы реакции хлор- или броманионов.

Во вторых, SF₄ в растворе безводного фтористого водорода образует чрезвычайно реакционноспособный сульфониевый ион SF₃⁺ и ион HF₂⁻, последний из которых является источником анионов фтора [2]. Наличие четырехфтористой серы в реакционной среде полностью исключает присутствие даже следов влаги и увеличивает нуклеофильные свойства анионов фтора за счет получения не содержащего сольватной оболочки так называемого «голового» фторид-иона.

ЛИТЕРАТУРА

1. L.S. Zemskov, S.V. German (Eds.), New Fluorinating Agents in Organic Synthesis, Springer-Verlag, Berlin, 1989.
2. B.V. Kunshenko, V.O. Omarov, N.N. Muratov, S.M. Mikhailovskii, L.M. Yagupolskii, Zh. Org. Khim. 27(1) (1991) 125-129; Chem. Abstr. 115 (1991) 158595a.
3. L.M. Yagupolskii, B.V. Kunshenko, Book of Abstracts of the German-Russian-Ukrainian symposium on Fluorine chemistry, Novosibirsk, 1995, P. 85-88.
4. A.M. Aleksandrov, V.P. Kukhar, G.I. Danilenko, A.P. Krasnoshchek, Zh. Org. Khim. 13(8) (1977) 1629-1634; Chem. Abstr. 87 (1977) 184066b.
5. A.P. Khardin, A.D. Popov, P.A. Protopopov, Zh. Org. Khim. 11(9) (1975) 1982; Chem. Abstr. 84 (1976) 58736v.
6. F.S. Fawcett, C.M. Tullock, Inorg. Synth., 7 (1963) 119.
7. A.M. Sipyagin, O.V. Dobrokhotova, S.G. Alemaskin, S.A. Ek-sanov, V.G. Kartsev, USSR Patent 1684281; Otkrytiya, Izobret., Prom. Obraztsy 38 (1991).
8. F.E. Torba, US Patent 3787420 (1974); Chem. Abstr. 80 (1974) 82674.

Kunshenko B.V., Gaydarzhi I.I., Kunshenko B.B., Motnyak L.A. Interaction of perchloropyridinecarboxylic acids with SF₄ in anhydrous HF

Abstract. α -, β - and γ - trifluoromethylperchloropyridines were obtained by SF₄/ anhydrous HF treatment of perchloropyridinecarboxylic acids in mild conditions. These compounds when treated by SF₄/ anhydrous HF at high temperatures enter into nucleophilic substitution reactions of the chlorine atoms by fluorine to form trifluoromethylchlorofluoropyridine derivatives containing from one to three fluorine atoms on the pyridine ring.

Keywords: sulfur tetrafluoride, hydrogen fluoride, electrophilic and nucleophilic substitution

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Borkach E.I., Ivanitsky V.P., Kovtunenکو V.S. **Order and disorder in the aggregate states of the substance**

Borkach E.I., CSc in Physics, associated professor, vice-rector

II. Rákóczi Ferenc Transcarpathian Hungarian Institute, Beregovo, Ukraine

Ivanitsky V.P., Dr. Science in Physics, Prof., Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

Kovtunenکو V.S., CSc in Physics, associated professor, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. It is justified that in the material science the term 'disorder' must have the only meaning that the microscopic state of the system of many particles is assigned by a set of random quantities calculated on the basis of the probabilistic laws. At that point we must take the geometrical (topological) parameters of the ideal spatial linkage of the atoms as basis of division of the solids into the crystalline and amorphous ones. We also suggest calling the ideal structurally ordered substances the substances, in which fully determined functional dependence between the topological parameters of atomic network is observed. This stipulates the existence of determined short-range order, which, by virtue of their determined character, ensure the formation of large-range order as well. We shall call the ideal totally structurally disordered systems the systems, in which there is no correlation in the location of the structural particles in the space. We also suggest calling the structurally disordered (unordered) substances the substances, in which only the probabilistic correlation relation between the topological parameters of atomic network is observed. This stipulates the existence of the correlation short-range order and correlation medium-range order of the ideal atomic network, which, by virtue of their probabilistic nature, result in the loss of large-range order. Besides the topologic ordering and disordering, a number of other types of ordering and disordering are realized in the substances. Certain of them are inherent in the crystals only, other – in the amorphous substances and liquids only, some of them are typical for any condensed medium.

Keywords: *amorphous materials, order, disorder*

Largely, this is due to the fact that, according to the general estimates, the information merit of the most of experimental methods for the amorphous substances is about 20 percent as compared with those carried out for the crystalline materials. In such conditions, one has to seek the ways of compensating the above significant loss of information. In turn, the successful use of this approach requires the solution of a series of tasks, i.e. clear physical and mathematical definition of the following terms: 'ordering', 'disordering', 'amorphous substance', 'short-range order (SRO)', 'long-range order (LRO)' and others, providing them with not only qualitative but also strict quantitative sense; clear definition of various scale levels of the amorphous material structure and studies of general regularities of structure formation at each of them.

The notions of order, disorder, ordering and disordering are decisive in relating the amorphous substances to a specific class of objects. While the clear physical sense of the the ratio of the average kinetic energy of the structural particles to the potential energy of their interaction makes classification of the substances over aggregate states clear and vivid [1], the problem of distinguishing the substances by the degree of their ordering is solved in more complicated and controversial way. The categories of ordering in the condensed state physics are used now with no clear quantitative gradation with insufficient disclosure of the essence of the boundary values of the absolute (ideal) order and disorder. Therefore there is a necessity of a distinct determination of the physical essence of these notions concerning the amorphous substances.

What do the notions of order and disorder mean, how could they be defined? On the intuitive level, we first address to the images of the spatial or geometric order and disorder. Such their application does not require a clear quantitative description.

An important method of studying the ordering in any state of the substance is its correlation with other one, studied previously, more common ore more transparent. To study the quantitative relations between different

states one has to establish a certain reference point. A certain reference system or benchmark should be taken as the reference point [2, 3]. The unordered state is easy to be described by finding its deviation from the specified ideal. The reference system must satisfy at least two conditions: the condition of ideality and the condition of the maximal correspondence to the relevant real systems by the most general attribute(s).

In crystals, the ideal spatial periodic lattices with the translation symmetry serve as the above benchmark. The condition of ideality in this case means the lack of any violations of the structural particle locations in the spatial lattice nodes. This means that all the particles are located strictly in the nodes, and no node is empty.

Thus, by definition, the ideal LRO in crystals describes a strong consistency in the structural particle locations in the space, which is repeated at the infinitely large distances with the formation of the infinite three-dimensional geometrically correct crystalline lattice. The presence of the translation symmetry of their structure is a necessary attribute of the above lattices. In the substances with LRO, the distance to any atom of the lattice can be set through its elementary cell parameters [4].

The condition of the maximal correspondence between the benchmark and the real systems means that the spatial lattices and the crystals under comparison must have the same symmetry group. For example, when describing the structure of the crystals of the monocline syngony it is inappropriate to use the spatial lattices of the cubic syngony.

The spatial periodic lattices are the simplest example of the ideal LRO, which does not exist in reality and is a convenient reference point only. In the real substances, the total LRO is inaccessible, and the region of the real crystals is located next to the total boundary order limit. In these crystals, disordering results from the thermal motion of the particles, the statistical character of the regularities of filling up the crystalline nodes by the structural particles, the fluctuation processes and so on. The above

processes result in the certain quantitative deviations from the total order attributes, but the substance is considered crystalline, if these deviations do not exceed some boundary limit at which LRO vanishes. Thus, the topological disordering of the structural particles locations is allowed in crystals provided it does not destroy LRO.

The ideal gas is the example of the absolute or total disorder benchmark. In any real substance, it is impossible to reach the total disorder. This is due to the interaction between the structural particles, which necessarily leads to a certain ordering in their locations. The character and the degree of ordering in the mutual locations of the structural particles depend on the type, value and character of the forces acting between the particles, as well as on the external conditions, which the particle is in. Dependent of the relation of these parameters the topological ordering will extend to the certain distances in the space.

The region of the ideal gases with almost random location of the structural particles lies near the total boundary disorder. Only in case of their mutual approaching the certain correlations of their location are revealed and the relevant structural ordering occurs. Therefore the real gases also have SRO, and the character of this order depends on what is considered their structural particle. Thus, the topological order and disorder in the substances are revealed in the spatial correlations between separate structural particles that form the substance, i.e. in the character of distribution of the atoms and in the local 'geometric' details of the above distribution.

As a result, the real substances lie in the wide region between the total order states (ideal crystal) and the total disorder (ideal gas) [5]. Some of these states are such close to the absolute order and disorder that they can be compared to the reference systems. In this case the boundary states of the total order and disorder and the real systems close to them allow quite rigorous and exact description of their structure.

At the same time, a great number of topological and configuration distributions of atoms exist among the real substances, which are quite far from the ideal reference systems of the total order and total disorder. The amorphous solids belong to them as well. In the amorphous systems, relation between the order and disorder remains an unsolved problem. Description of these intermediate states in a form of the non-crystalline solids faces considerable difficulties [6]. However, the lack of the spatial periodicity in the atomic locations does not exclude the existence of the specific atomic configurations in the amorphous materials, which join the groups of atoms due to the chemical interaction between them. The character and the degree of such local topological ordering depend strongly on the type of atoms, the method of production of the material as well as on the different kinds of its processing.

As follows from the above analysis, correlations between the structural particles that form a system make the basis of the order. The order always competes with the disorder, which is internally inherent in the macroscopic system. This competition results from the action of the average energy of internal or external force field and that of the disordered motion of the structural particles. Here both order and disorder act as mutually complementary values: the increase of a certain value leads to the decrease of another one. The only way leads to the order – more close

correlation between the separate elements of the system, up to combining them into the single entity (e.g., into the crystalline lattice). At the same time, the disorder may have various forms [7]. The viewpoint of the authors of Ref. [8] is close to the above statements. According to them, the disorder could be defined as any violation of the totally ordered system revealed in the lack of correlations of certain physical value that describes this system at the distances defining the disorder scale. At the same time, they call the total order the visible non-vanishing correlations of all physical values revealed at any distances within the limits of the system. Thus, in the single crystals those configurations of atoms are realized, which correspond to the minimum of casualty: the number of the structural particles with strictly correlated mutual locations is macroscopically large. In the gas, where disordering is maximal, significant are the correlations between several closest structural particles only. In the liquids and amorphous solids, the problem of the relation between the order and disorder are still being studied intensively [9].

In our opinion, the above definitions are physically confined and terminologically incorrect. This is due to the fact that they are based on the order of completely ordered system – the notion that itself requires rigorous definition. Furthermore, in case of introduction of violations in the total order the type of ordering of the system must not change. This means that the introduced disorder is inseparably related to the initial total order, which must be kept within the limits of the distances that set the scale of disorder and vanish at larger distances. Thus, the above definitions do not cover the systems, in which in case of disordering the total order is not simply violated, but also the character of ordering is changed drastically. Therefore, the above definitions are related only to the systems, in which the particular disordering at the certain scale coexists with the total order of the same type at other spatial scale: the defective crystals, ferromagnetics, real disperse systems etc. Most of real unordered substances with realized disorder that exists itself and does not result from 'violations' in the totally ordered system of the same order type, which existed earlier, go beyond the limits of the above definitions. This means that the differences between the order and disorder cover not only quantitative relations. One should also take into account the possibility of realization of qualitatively different types of correlations that correspond to the order and disorder.

Thus, classification of the amorphous substances as simply the disordered systems and their comparison with the ideal order or atomic disorder benchmarks is not reasonable and directs researchers to the wrong way [2]. Such approach requires the existence of the totally ordered boundary state and disorder in each system. For the most real systems, especially for the condensed substances, this is very difficult and, sometimes, impossible. The glasses from the wide vitrification regions in many binary and more complicated systems are a bright example of this. To define the disorder in each particular glass one has to have an infinite number of the boundary total order models, which correspond to the set of the chemical compositions of the glasses and different technological conditions of their formation.

One important question arises: must the studies of the general nature of unordered condensed substances be also

based on the relevant benchmark, for example, on the notion of the ideal disordered atomic matrix (or atomic network/atomic carcass)? Must the above network set the defect-free amorphous structure similarly to the crystals?

To find an answer to the above question we shall focus ourselves on some moments. First, in the above definitions of the order and disorder the notion of correlations is not used sufficiently explicitly. According to Ref. [10], the correlation is the probabilistic or the statistical dependence between the certain system parameters. In this relation, it acts as the contradiction of the functional dependence, at which the strict unambiguous relation between these parameters is specified. Correlation occurs when the relation between the parameters in the system is complicated by the presence of a number of random factors. In this case the total order must be described not by the correlation terms but by those of the functional dependence. Second, the notions of the order and disorder must be interrelated to one specific physical (or chemical) value or parameter only. Third, in the particular systems, the order and disorder may exist by several parameters simultaneously. In this case, along with the vanishing of the order by one parameter, the order by other physical parameters or values may persist in the system. Such system will be ordered by one physical parameter and disordered by other ones.

In our opinion, it is reasonable to use the following definitions. The system with the total order by the parameter P is any system with strict functional dependence between the values of the parameter P of all its structural elements. The system with the partial order (the system with the partial disorder, the system with the partial order, the disordered system) by the parameter P has only the correlation (statistical, probabilistic) dependence between the values of the parameter P and its structural elements. In the system with the total disorder by the parameter P , there is no (neither functional nor correlation) dependence between the values of the parameter P and its structural elements. In this context, the systems with the total order are simply ordered or are the systems with the long-range order by the parameter P , whereas the systems with the partial order or partial disorder are the unordered (disordered) systems by the parameter P . In case of the lack of any order in the system the latter is totally disordered or is the system with the total disordering by the parameter P . That is, provided the rigorous physical and mathematical consideration, the term 'disorder' must have the only meaning that the microscopic state of the system of many particles is assigned by a set of random quantities calculated on the

basis of the probabilistic laws [11, 12]. In case of the total order these quantities are completely determined.

When analyzing the structure of the substances, in general case, the terms 'order' and 'disorder' mean, first of all, the topological ordering in the location of the structural particles, i.e. the possibility to determine the direct correspondence between the spatial locations of all structural particles of the system [9]. Therefore, the radius-vector \vec{r}_i that defines the location of the relevant i -th atom of the substance in the space with respect to the preset coordinate frame is considered to be the main structural parameter of ordering P . Then the positions of all atoms can be defined for the crystal in a form of the unequivocal determined functions $\vec{r}_i = k_1\vec{a} + l_i\vec{b} + m_i\vec{c}$, where k_1, l_i, m_i is a set of integer numbers that define the positions of the crystalline lattice nodes, and \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} are the vectors of elementary translations of the basis cell in the relevant crystalline lattice. In this case the discrete diffraction pattern for the crystals is completely described by the representation of their atomic network over the determined set of translation vectors.

For the unordered substances the mutual location of all the structural particles is described by the specific correlation dependences. The main characteristics of these dependences are the correlation functions $Y(\vec{r}_i)$, i.e. the functions that define the probability of location of the structural particles at the distances \vec{r}_i in the preset coordinate frame [4]. The intensity distributions of radiation diffracted by the amorphous substances obey such probabilistic regularities. Therefore today one may consider conclusively proven that the correlation regularities describe the structure of the amorphous network of the amorphous substances and reliably reflect the character of its revelation in the diffractograms.

The binary radial correlation function (or the binary radial distribution functions) $W(r)$ occupies a special place among the correlation functions, because it may be determined experimentally using the electron, neutron and X-ray diffraction techniques. In case of the total topological disorder there are no correlations in the spatial location of the structural particles of the substance. This means [13] that the vector \vec{r}_i with the same unit probability takes any values (fig.1a). Certainly, one has to take here into account that the structural particles cannot approach each other at the distances less than their size d_a . The ideal gas is the model system with this total topological disorder. A lot of real gases are also close to it by their structure. The example of the radial distribution for these gases is shown in fig. 1b.

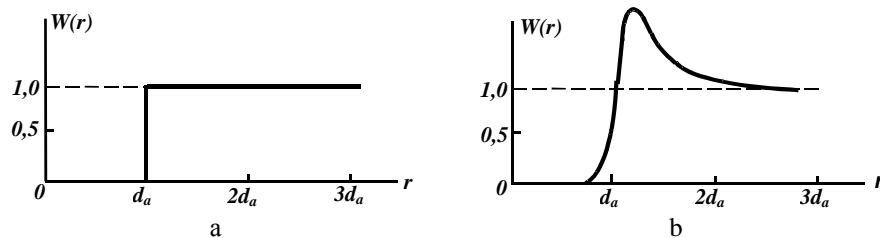


Fig. 1. Binary radial correlation function $W(r)$ for ideal (a) and real (b) monoatomic gas

Other order or disorder types will correspond to the other ordering parameters P as well, for example, the

chemical order or disorder, the order or disorder in the magnetic spin or dipole electric moment orientation of the

structural particles, the orientation order or disorder in the molecular substances. In this case the system may have the total order by one parameter and the total or the partial disorder by other parameters. The solid solutions are the example of such system with simultaneous realization of the topological order (the crystalline lattice is available) and the chemical disordering (i.e. there is no functional dependence in the distribution of the atoms of different chemical elements in the nodes of the above lattices). Examination of the disorder in the crystals is often non-separable from that of the phase transitions of the 'order-disorder' type, which result in the crystal transition from the state with the disorder by a certain parameter P to the state with the order by the same parameter P .

The above analysis testifies to the incorrectness of dividing the substances into structurally ordered and structurally disordered ones on the basis of the presence or the absence of LRO only. The latter is rather not a criterion of the above division but a partial manifestation of more general criterion that indeed makes a basis for dividing the substances into the ordered and disordered ones. The form of the dependence (i.e. functional or probabilistic) between the ordering parameters P of the structural particles can be such a criterion. In the topological relation, realization of a strict functional relation between the spatial locations of the structural particles leads to the topological LRO (both the short-range order and the intermediate-range order are realized automatically), while realization of the correlation dependence results in the LRO vanishing with the conservation of the topologic SRO (in some cases – the

topologic IRO as well, chart 2). The difference between the topologic SRO in the ordered and disordered substances is a significant consequence of the choice of the above criterion as the basic one. In the first case, we deal with the rigorous functional topological SRO, while in the second case – with the correlation probabilistic topological SRO. The first-type SRO being repeated along any direction results in the LRO realization, the second-type one – does not lead to the LRO formation.

Let us note also that different aggregate states of the substance have different character of the structural disordering. In the gases, this is purely dynamical disordering stipulated by the chaotic thermal motion of the structural particles. In the case of the condensed substances it is necessary to distinguish three different types of disordering. The first is the dynamic-static disordering, the value of which depends on the temperature of the system only and is equilibrium for it. This type of disordering is the most indicative for the liquids, where the disordered spatial distribution of the structural particles is combined with simultaneous dynamism of their spatial locations. In the solids, it is manifested in a form of the thermal oscillations of the atomic network. The second type is a purely statistical disordering determined by the disordered structure of the system and is typical for the amorphous solids, where the spatially unordered location of the structural particles is static and, in the limiting case is independent of time. The third type of disordering is related to the structural defects of the ideal system and is inherent in both crystals and amorphous solids.

Chart 2. Generalized diagram of the ordering degree variation in the aggregate states of the substance

The lack of any regularity in the spatial locations of the structural particles	There is a probabilistic correlation connection in the spatial locations of some closest structural particles	There is a probabilistic correlation connection in the spatial locations of rather large number of closest structural particles	There is a functional determined connection in the spatial locations of the most of structural particles of the substance	There is a functional determined connection in the spatial locations of all the structural particles of the substance
Ideal gas	Real gases	Liquids Amorphous solids	Real crystals	Ideal crystal
Total topological disorder				Total topological order

Of particular importance in the description of different condensed systems and phase relations is the degree of order or disorder in the system. In our notations, this parameter for the ordered (crystalline) and disordered (amorphous) substances must be different. Since the ideal lattice is a benchmark of the total order, then the degree of ordering in the real crystals will be determined by the measure of deviation of its structure from the above lattice. Such deviations are usually characterized by the type and concentration of different defects in the crystal. Occurrence of these defects distorts simultaneously the functional SRO and LRO in certain local sites of the crystal. In such defective areas, the correlation SRO and LRO arise. When the defect concentration exceeds a certain limit, the crystal transits from the ordered substances to the disordered ones. Disappearance of the functional dependences and appearance of the correlation

dependences in mutual locations of the atoms observed as the LRO vanishing is a criterion of the above transition. Thus, the degree of the crystal defectiveness can simultaneously serve the criterion of its ordering degree. Here this criterion describes the ordering degree of both SRO and LRO of the crystals.

In the non-crystalline substances, elucidation of disordering degree also requires introduction of relevant reference ideal systems but, as of today, there is no generally accepted benchmark. Therefore it is reasonable to speak about the ordering or disordering degrees in the amorphous substances in the qualitative sense only. To develop the strict quantitative criteria of the disordering degree in the amorphous substances one has to take into account the peculiarities of their structure. Figure 2 shows the generalized diagram that illustrates the character of ordering variation in different aggregate states of the substances.

The energy diagram of the substance is an important element in describing both order and disorder in the substances. In this context, especially principal in disordering analysis is that at correlation SRO several elements forming the macrosystem could be differently distributed between the predetermined set of a great number of the energy levels. As a result, the possibility of the existence of different microscopic states, which are almost identical from the viewpoint of the total energy of the system but differ by the methods of location of separate structural elements on the energy levels, i.e. in the different energy states, is provided. Therefore for any macroscopic system, which the substance is, the tendency to the internal disordering is always characteristic. This is explained by the fact that such macrosystem is related to a considerable number of microscopic states with almost equal energy, and they differ by the value of this energy.

Note that there are many partial notions of order and disorder in the disordered state theory related to a certain direction of their study or to different parameters P , which determine the order. Yu.N. Shunin and K.K. Schwarz [14] divide the disordered substances and the systems into four classes depending on the type of disorder.

1. The disorder in the regular lattices, when the physical properties of the elementary cells of the structural matrix vary randomly at the transition from one cell to another one. This disorder can be compositional due to the random fluctuations of the chemical composition of the cells. It is manifested as the substitution disorder in the alloys and solid solutions; the spin orientation disorder in the crystalline lattice nodes; the defect location disorder in the elementary cells and the diagonal disorder due to the local excitation parameter fluctuations in the lattice nodes. Other examples are the Anderson's disorder [15] – the one-dimensional distribution of regularly located potential wells of different depth and the spectral disorder that reflects the properties of the system in the reciprocal space and provides the statistically disordered set of harmonics. At the disorder of this type the total topological long-range order or the translation periodicity in the locations of the structural particles of the system may be kept. This class of disorder types relates also to the amorphous substances if one takes the ideal topologically disordered amorphous matrix as the initial structural unit.

2. The disorder in the irregular lattices with preserved topology characterized by a small shift of the lattice nodes with respect to the equilibrium positions. This results in the vanishing translation periodicity of the relevant parameters of the system and, respectively, this type of disorder is typical for different disordered systems. This includes the following types of disorder. The topological disorder in a form of deviations of the lengths and angles of chemical bonds as compared to the matrix of the ideal crystalline lattice. The positional disorder with random shifts of atoms with respect to the corresponding crystalline lattice nodes (hot solid body disorder). The Lifshitz's disorder [16] in the medium with irregularly located atoms having the same potential. The Gubanov's disorder (Gubanov's quasi-crystalline model) [17], at which the crystal topology is preserved, but due to the gradual bending and stretching the crystal becomes so deformed that orientation of the crystalline lattice planes at large distances is violated. The non-diagonal disorder due to the violation of the translation

symmetry of the interaction constants of the adjacent lattice nodes. The Kroning-Peny disorder [18], in which the total potential of the medium is a result of superposition of randomly located δ -like potentials. The media with these types of disorder could be brought to the total order by the continuous topological transformations.

3. The disorder in the irregular lattices with the broken topology is characterized by the irreversible structural changes, which may be accompanied by other violations of the local physical parameters. At this topological disorder the total order could not be restored by the continuous topological transformations. This includes [19] the polycrystalline disorder in the medium with the crystallite dimensions that greatly exceed the free path of electron or phonon. Dislocation disorder means violation of the polymer structure (polymer chain bending and intertangling). The gas-type disorder is an ideal topological disorder in the medium, where the structural particles are independently located in the volume. Bernal's disorder is a structure in a form of the randomly scattered spheres with no interaction within a certain space volume. In the most cases this type of disorder relates to the amorphous substances.

4. The disorder of inhomogeneous continuous medium based on the structureless concept of the substance as the permanent continuum. In such a medium, the distribution functions for the structural particles or their potential energies are of random and continuous character. In Ref. [20], the continuum disorder with the continuous unordered potential distribution; the Gauss's disorder in a form of a superposition of randomly located separate potentials and the Torp's disorder – a set of the 'hard' and 'soft' regions, which continuously transit from each to other – are pointed out.

The above classification is based on the geometrical and topological properties of the atomic lattices. In this case the spatial atomic structure (unordered or ordered) is superimposed by the certain-parameter disorder. Small distortions of the regular atomic structure, as a rule, preserve the topology of the regular object (e.g., the crystal). However, such irregular lattices are physically unstable and rapidly relax to the regular structure with the minimal energy. The irregular structures, which cannot be transformed to the regular analogs via the continuous topological transformations, are related to the higher degree of disorder. This requires essential energy consumption related to the bond rupture. In addition, the above lattices are quite stable and they could be considered the certain phase state of the substance. There are also the disorder models, which generally ignore the particular atomic structure and develop the concept of the continuous medium. They are based on the certain special random distributions (e.g., Gauss distributions) of the substance density or the energy potential. This approach is of general character and fails to provide the description of the particular structure of real substances.

Note also that classification of solids by two attributes – long-range order and short-range order – is rather schematic, because both order and disorder in the solids are never realized completely in a pure form. In the real bodies, the minor disorder elements appear against the main background of both short-range order and long-range order or vice versa the minor order elements appear against the main disorder background. In most cases one may neglect certain minor disorder/order elements in the ideal

system approximation, however in some cases the minor elements become the same essential as the basic structural background.

Summarizing the above analysis, one can make some important conclusions.

It is necessary to take the geometrical parameters of the ideal spatial linkage of the atoms as the basis of division of the solids into the crystalline and amorphous ones. We suggest calling such parameters of the atomic networks the topological ones and they are related to all scaling levels, i.e. SRO, IRO, mesoscopic ordering and LRO.

We also suggest calling the ideal structurally ordered substances the substances, in which fully determined functional dependence between the topological parameters of mutual location of the atoms in the space is observed. This stipulates the existence of determined SRO and determined IRO of the ideal atomic network, which, by virtue of their determined character, ensure the formation of LRO as well. We shall call the ideal totally structurally disordered systems the systems, in which

there is no correlation in the location of the structural particles in the space. We also suggest calling the structurally disordered (unordered) substances the substances, in which only the probabilistic correlation relation between the topological parameters of mutual location of the atoms in the space is observed. This stipulates the existence of the correlation SRO and correlation IRO of the ideal atomic network, which, by virtue of their probabilistic nature, result in the loss of LRO.

The general structure of the ordered and disordered substances is described mathematically by various objects. For the ordered substances this is the system of the translation vectors, while for the unordered ones – the correlation functions.

Besides the topologic ordering and disordering, a number of other types of ordering and disordering are realized in the substances. Certain of them are inherent in the crystals only, other – in the amorphous substances and liquids only, some of them are typical for any condensed medium.

REFERENCES

1. Borkach E.I., Ivanitsky V.P., Kovtunenکو V.S. Amorphous state in the substance hierarchy classification // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, II(3), Issue: 21, 2014. P. 55-58.
2. Закис Ю.П. Дефекты и флуктуации структуры в стеклообразных системах. – Физика и химия стекла. – 1989. – Т. 15. – №2. – С.289-292.
3. Tanaka K. Chalcogenide glasses // Encyclopedia of materials: science and technology (edited by K.H.J.Bushow).– Amsterdam: Elsevier Science Ltd, 2001. – V.2. – P.1123-1132.
4. Дутчак Я.И. Рентгенография жидких металлов. – Львов.: Из-во при ЛГУ «Вища школа», 1977.–162с.
5. Anthony R. West. Solid State Chemistry and its Applications. Department of Chemistry University of Aberdeen. John Wiley & Sons. Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore. 1988.
6. Fritzsche H. – Physics Today, October 1984, P.34.
7. Giorgio Careri Ordine E Disordine Nella Materia, Laterza, 1982.
8. Шпак А.П., Рубіш В.М. Склоутворення і властивості сплавів в халькогенідних системах на основі миш'яку та сурми – К.: ІМФ НАНУ, 2006.-120с.
9. Brodsky Mark H.: Combination dispersion of light in amorphous semiconductors in Light Scattering in Solids Ed. By Cardona. Springer-Verlag-Berlin-Heidelberg-New York, (1979).
10. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – 115 с.
11. Стишов С.М. Энтропия, беспорядок, плавление. – Успіхи фізических наук. – 1988. – Т.54. – №1. – С.93-122.
12. Jai Singh, Koichi Shimakawa. Advances in amorphous semiconductors.– Paris: Taylor and Francis, 2003. – V.5. – 336 p.
13. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. – М.-Л.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – 588 с.
14. Шунин Ю.Н., Шварц К.К. Кластерная модель и расчет электронной структуры ковалентных твердых тел // Журнал структурной химии. – 1986. – Т.27. – №6. – С. 146-150.
15. Mott N.F., Davis E.A. Electron Processes in Non-Crystalline Materials, V.2, Clarendon Press, Oxford, (1979).
16. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2 – Теория конденсированного состояния. – М.: Физматиз, 2004. – 496с.
17. Губанов А.И. Квантово-электронная теория аморфных полупроводников. – М.-Л.: Из-во АН СССР, 1963. – 250 с.
18. Kramer Bernhard, Weair Denis. In: Amorphous Semiconductors. / Ed. by M.H. Brodsky. Springer-Verlag-Berlin-Heidelberg-New York, (1979).
19. W.Heywang Amorphe und polykristalline Halbleiter, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New-york-Tokyo, (1984).
20. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. – М.: Металлургия, 1987. – 328с.

Боркач Е.И., Иваницкий В.П., Ковтуненко В.С. Порядок и беспорядок в агрегатных состояниях вещества

Аннотация. При анализе структуры веществ понятия порядок и беспорядок должны относиться лишь к одному конкретному физико-химическому параметру системы или к группе ее однотипных параметров. В частности, при разделении твердых тел на кристаллические и аморфные следует учитывать только геометрические параметры идеального пространственного уязывания атомов между собой – топологические параметры. Предлагается называть идеальными структурно упорядоченными те вещества, в которых реализуется полностью детерминированная, функциональная зависимость между топологическими параметрами атомной сетки. Это обуславливает существование в таких сетках детерминированных ближнего порядка и промежуточного (мезоскопического) порядков, которые в силу своей детерминированности обеспечивают образование в них и дальнего порядка. Идеальными полностью структурно разупорядоченными будут системы, в которых отсутствует любая взаимозависимость в размещении структурных частиц в пространстве. Для веществ этому условию соответствует только идеальный газ. Идеальными структурно разупорядоченными (неупорядоченными) предлагается называть такие вещества, в которых реализуется лишь вероятностная корреляционная зависимость между топологическими параметрами атомной сетки. Это обуславливает существование в них корреляционного ближнего порядка и корреляционного промежуточного порядка, которые в силу своей вероятностной природы ведут к потере дальнего порядка. Кроме этого, в реальных неупорядоченных веществах, так же как и в кристаллах, атомные сетки дополнительно разупорядочиваются тепловым движением структурных частиц, флуктуационными процессами и разными дефектами. Математически структура упорядоченных и разупорядоченных веществ описывается разными объектами. Для упорядоченных веществ это система векторов трансляций, а для неупорядоченных – корреляционные функции.

Ключевые слова: аморфные вещества, порядок, беспорядок

Dzyuba V.A., Steblyanko P.O.

Use of splines in the calculation of deflections for plates of variable thickness

Dzyuba Victoria, postgraduate student

Steblyanko Pavel, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Department of Mathematics and methods of teaching mathematics

Cherkasy National University named by Bohdan Khmelnytsky, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The paper presents new results to construct a method of calculating of the mechanical characteristics of plates and shells of variable thickness. It is focused on the need to develop a method of obtaining reliable results of high accuracy.

Keywords: iterative method, numerical solution, the stress-strain state (SSS), a plate of variable thickness

Introduction. During the design of machines it is necessary to calculate the stress-strain state (SSS) of thin-walled structural elements with the aim of rational choice of their size [1]. The high level of modern technology requires the preservation of reliability and durability of structural systems, which leads to the need of development of new theories and methods of calculation of shells and plates [1,2]. They should consider the different modes of operation, the actual material properties, loading conditions, technological, operational and other factors. .

Analysis of recent research and publications. Recently, the search for effective methods of calculation of cylindrical shells get great popularity among researchers. The substantial progress in this direction is impossible without the use of modern computers. In particular, new research results can be found in the works of G. Berikelashvili, O.T. Becker, A.T. Vasilenko, G.G. Vlaikov, Ya.M. Grigorenko, A.Ya. Grigorenko, P.A. Steblyanko etc.

Analysis of shell theory research indicates the need to develop a method of high accuracy for the calculation of thin-walled structures within a single species, as well as creating opportunities for a wide range of application of the method and summarize the results. There is a need to solve these problems in a spatial setting [5]. Therefore, to our mind, the methods of calculation of plates and shells of variable thickness require further researching.

Purpose. Development of numerical and analytical research method variant of mechanical characteristics of plates and shells of variable thickness increased accuracy.

Materials and researching methods. Quite often, when solving the specific problems, scholar faces with a problem of transition from three-dimensional elasticity problems to two-dimensional. There are, at present, methods of construction of two-dimensional theories that can be classified as follows: methods of making different hypotheses and methods of regular approximation to process within the solution of the three-dimensional problem of elasticity theory. Each theory has its own characteristics, it can be explained by the fact that different hypotheses concerning the deformation of membranes and changing metrics of shell thickness are used, which in turn calls into question the credibility of determining SSS membranes, since it leads to significant errors in the calculations.

We consider the displacement and stress-strain state of a thin-walled body (plate, shell) loaded on the surface of effort $-q_x, q_y, q_z$ in the middle surface. In the formulation it is assumed that the thickness of the body h can vary in both directions. The key unknowns of this problem are: u, v, w – displacement of the generating, directing and normal to the middle surface.

Introduce to consider differential equations of the theory of shells Mushtari-Donnell-Vlasov

$$\begin{aligned}
 & C_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + C_{66} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + (C_{12} + C_{66}) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial C_{11}}{\partial x} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial C_{66}}{\partial y} \cdot \frac{\partial u}{\partial y} + \\
 & \frac{\partial C_{66}}{\partial y} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial C_{12}}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{C_{11}}{R_1} + \frac{C_{12}}{R_2} \right) w + \left(\frac{C_{11}}{R_1} + \frac{C_{12}}{R_2} \right) \frac{\partial w}{\partial x} = q_x, \\
 & D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + (2D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + 2 \frac{\partial D_{11}}{\partial x} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + 2 \frac{\partial D_{22}}{\partial y} \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \\
 & \left(2 \frac{\partial D_{12}}{\partial y} + 4 \frac{\partial D_{66}}{\partial y} \right) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + \left(2 \frac{\partial D_{12}}{\partial x} + 4 \frac{\partial D_{66}}{\partial x} \right) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + \\
 & \left(\frac{\partial^2 D_{11}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{12}}{\partial y^2} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial^2 D_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{22}}{\partial y^2} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 4 \frac{\partial^2 D_{66}}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \\
 & \left(\frac{C_{11}}{R_1} + \frac{C_{12}}{R_2} \right) \frac{\partial u}{\partial x} + \left(\frac{C_{12}}{R_1} + \frac{C_{22}}{R_2} \right) \frac{\partial v}{\partial y} + \left(\frac{C_{11}}{R_1^2} + \frac{2C_{12}}{R_1 R_2} + \frac{C_{22}}{R_2^2} \right) w = q_z, \\
 & C_{66} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + C_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + (C_{12} + C_{66}) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial C_{22}}{\partial y} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + \\
 & \frac{\partial C_{66}}{\partial x} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial C_{66}}{\partial x} \cdot \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial C_{12}}{\partial y} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{C_{12}}{R_1} + \frac{C_{22}}{R_2} \right) w + \left(\frac{C_{12}}{R_1} + \frac{C_{22}}{R_2} \right) \frac{\partial w}{\partial y} = q_y,
 \end{aligned}$$

where x, y, z – the coordinates relative generating, directing and thickness of the shell, respectively, R_1, R_2 – the radii of curvature in the direction of the coordinate axes of shell x, y , and the notation are introduced

$$C_{11} = C_{22} = \frac{Eh}{1-\nu^2}, C_{12} = \frac{\nu Eh}{1-\nu^2}, C_{66} = Gh = \frac{Eh}{2(1+\nu)},$$

$$D_{11} = D_{22} = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}, D_{12} = \frac{\nu Eh^3}{12(1-\nu^2)}, D_{66} = \frac{Eh^3}{24(1+\nu)}.$$

In this case, E – Young modulus and ν – Poisson's coefficient.

In a closed form solving the following system of differential equations in partial derivatives is not possible. Usually when solving the following problems approximate methods are used.

In order to reduce the order of a complete system of equations the additional unknown quantities are introduced to the first one

$$u'(x, y) = \frac{\partial u(x, y)}{\partial x}, v'(x, y) = \frac{\partial v(x, y)}{\partial x}, w'(x, y) = \frac{\partial w(x, y)}{\partial x},$$

as well as

$$w''(x, y) = \frac{\partial w'(x, y)}{\partial x}, w'''(x, y) = \frac{\partial w''(x, y)}{\partial x}.$$

Based on this boundary value problem is formulated as

$$\frac{d\vec{Y}}{dx} = A(x) \cdot \vec{Y} + \vec{f}(x), \quad 0 \leq x \leq L, \quad \vec{Y}(0) = \vec{Y}_0, \quad \vec{Y}(L) = \vec{Y}_L. \quad (1)$$

Unknown quantities are the components of the vector

$$\vec{Y} = \{\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_8\}^T \equiv \left\{ \bar{u}, \bar{u}', \bar{v}, \bar{v}', \bar{w}, \bar{w}', \bar{w}'', \bar{w}''' \right\}^T, \quad \bar{y}_m = \{y_{m_0}, y_{m_2}, \dots, y_{m_N}\}^T, \quad (m = \bar{1}, \bar{8}).$$

Based on the conditions defined on the edges, we can formulate the boundary conditions for the system of equations (1). Consider the case where one end of shell (plate) is fixed rigidly, and the second one is fixed hinge, so that the boundary conditions take the form:

$$x = 0, u = v = w = 0, w' = \frac{\partial w}{\partial x} = 0; \quad x = L, u = v = w = 0, w'' = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0. \quad (2)$$

The matrix $A(x)$ $8N \times 8N$ has the form

$$A(x) = \left\| \begin{array}{cccccccc} 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & L_{24} & L_{25} & L_{26} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 \\ L_{41} & L_{42} & L_{43} & L_{44} & L_{45} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E \\ 0 & L_{82} & L_{83} & 0 & L_{85} & L_{86} & L_{87} & L_{88} \end{array} \right\| . \quad (3)$$

Here 0 i E are accordingly zero and single matrices $N \times N$, N – amount of knots in direction to a coordinate y . Through L_{ij} the auxiliary matrices $N \times N$ are marked, the elements of which are expressed through geometrical and mechanical characteristics. Except for it they depend a substantial rank on the method of approximation of derivatives from the basic unknown functions by a coordinate y .

We introduce a net by a coordinate y as follows

$$y_{i+1} = y_i + h_3; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad y_1 = 0; \quad y_{N+1} = 2\pi R.$$

Solution of boundary value problems for the system (1) is possible to find as interpolation expression, got with the use of stressed splines.

$$u(x, y) = \sum_{n=-2}^2 \alpha_n(t) \cdot u_{i+n}(x); \quad v(x, y) = \sum_{n=-2}^2 \alpha_n(t) \cdot v_{i+n}(x); \quad w(x, y) = \sum_{n=-2}^2 \alpha_n(t) \cdot w_{i+n}(x), \quad (4)$$

$$\text{де } t = \frac{1}{3h_2} [y - y_i], \quad y \in [y_i; y_{i+3}].$$

Coefficients $\alpha_n(t)$ from formulas (4) are resulted in process [4].

The expression (4) is used for description of solution of the system (1) and all derivatives on a coordinate Y. The part derivatives from the unknown functions u, v, w are determined on the basis of formulas (4) by direct differentiation of the proper expressions. As a result, the moving w is possible to write down for the first and the second derivatives as follows:

$$\frac{\partial w(x, y)}{\partial y} = \frac{1}{3h_2} \cdot \sum_{n=-2}^2 \alpha'_n(t) \cdot w_{i+n}(x), \quad \frac{\partial^2 w(x, y)}{\partial y^2} = \frac{1}{9h_2^2} \cdot \sum_{n=-2}^2 \alpha''_n(t) \cdot w_{i+n}(x).$$

By an analogical method the third and the fourth derivatives are determined from the normal moving

$$\frac{\partial^3 w(x, y)}{\partial y^3} = \frac{1}{27h_2^3} \cdot \sum_{n=-2}^2 \alpha'''_n(t) \cdot w_{i+n}(x), \quad \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial y^4} = \frac{1}{81h_2^4} \cdot \sum_{n=-2}^2 \alpha^{IV}_n(t) \cdot w_{i+n}(x).$$

Using formulas (4) we will write down the final expressions for the unknown functions and their derivatives by a circular coordinate in a point $y = y_i, t = 1/3$.

We will enter denotations

$$\begin{aligned} u(x, y_i) &\equiv u_i(x), \quad v(x, y_i) \equiv v_i(x), \quad w(x, y_i) \equiv w_i(x) \\ \frac{\partial u(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 u_{i-2}(x) - n_0 u_{i-1}(x) + n_0 u_{i+1}(x) - k_0 u_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial v(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 v_{i-2}(x) - n_0 v_{i-1}(x) + n_0 v_{i+1}(x) - k_0 v_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial w(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 w_{i-2}(x) - n_0 w_{i-1}(x) + n_0 w_{i+1}(x) - k_0 w_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial^2 u(x, y_i)}{\partial y^2} &\approx \frac{m_0}{h_2^2} \cdot [u_{i-1}(x) - 2u_i(x) + u_{i+1}(x)], \\ \frac{\partial^2 v(x, y_i)}{\partial y^2} &\approx \frac{m_0}{h_2^2} \cdot [v_{i-1}(x) - 2v_i(x) + v_{i+1}(x)], \\ \frac{\partial^2 w(x, y_i)}{\partial y^2} &\approx \frac{m_0}{h_2^2} \cdot [w_{i-1}(x) - 2w_i(x) + w_{i+1}(x)], \\ \frac{\partial^3 w(x, y_i)}{\partial y^3} &= \frac{m_1}{h_2^3} \cdot [-w_{i-2}(x) + 2w_{i-1}(x) - 2w_{i+1}(x) + w_{i+2}(x)]. \end{aligned} \tag{5}$$

High-quality new result consists in the fact that by stressed splines (4) it is possible to calculate the fourth derivative from w by direct differentiation, namely

$$\frac{\partial^4 w(x, y_i)}{\partial y^4} \approx \frac{m_2}{h_2^4} \cdot [w_{i-1}(x) - 2w_i(x) + w_{i+1}(x)] \tag{6}$$

Here

$$\begin{aligned} m_0 &= 0,982, \quad m_1 = 0,473, \quad m_2 = 0,218, \\ n_0 &= 7,9136, \quad k_0 = 0,95681, \quad k_1 = 11,2646, \quad k_2 = 18,4641, \\ k_3 &= 9,1344, \quad k_4 = 1,9349, \quad k_5 = 3,0870, \quad k_6 = 5,9787. \end{aligned}$$

By an analogical method it is possible to write down the expression for additional functions u', v', w' and their derivatives on a circular coordinate in a point $y = y_i, t = 1/3$.

$$u'(x, y_i) \equiv u'_i(x), \quad v'(x, y_i) \equiv v'_i(x), \quad w'(x, y_i) \equiv w'_i(x), \quad w''(x, y_i) \equiv w''_i(x), \quad w'''(x, y_i) \equiv w'''_i(x),$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u'(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 u'_{i-2}(x) - n_0 u'_{i-1}(x) + n_0 u'_{i+1}(x) - k_0 u'_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial v'(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 v'_{i-2}(x) - n_0 v'_{i-1}(x) + n_0 v'_{i+1}(x) - k_0 v'_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial w''(x, y_i)}{\partial y} &\approx \frac{1}{12h_2} \cdot [k_0 w''_{i-2}(x) - n_0 w''_{i-1}(x) + n_0 w''_{i+1}(x) - k_0 w''_{i+2}(x)], \\ \frac{\partial^2 w''(x, y_i)}{\partial y^2} &\approx \frac{m_0}{h_2^2} \cdot [w''_{i-1}(x) - 2w''_i(x) + w''_{i+1}(x)] \end{aligned} \tag{7}$$

The method of numeral decision consists in the fact that it is necessary to enter a net $x_{j+1} = x_j + h_j$; $j = 1, 2, \dots, M - 1$; $x_1 = 0$; $x_M = L$ on a coordinate x .

The eight auxiliary matrices $L_{22}, L_{25}, L_{26}, L_{44}, L_{45}, L_{46}, L_{82}, L_{88}$ have the most simple diagonal form, namely

$$\begin{aligned} L_{22} &= h' \cdot \|E\|, L_{25} = h' \cdot r' \cdot \|E\|, L_{26} = -r' \cdot \|E\|, L_{44} = h' \cdot \|E\|, \\ L_{45} &= \frac{h'r'}{h\nu} \cdot \|E\| - r'' \cdot \|E_{1n}\|, L_{82} = -\frac{12r'}{h^2} \cdot \|E\|, L_{88} = 6h' \cdot \|E\|, \end{aligned} \tag{8}$$

where the next denotations are entered

$$h' = -\frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial x}, h'' = -\frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial y}, r' = \frac{\nu}{R}, r'' = \frac{1}{\nu R}, r''' = -\frac{1}{h^2 R}.$$

The differential operators of different orders by a variable y from the unknown quantities enter into the complement of the other ten auxiliary matrices $L_{21}, L_{23}, L_{24}, L_{41}, L_{42}, L_{43}, L_{83}, L_{85}, L_{86}, L_{87}$ by a size $N \times N$. Approximation of these operators in knots y can be different depending on that, what interpolation expression for this purpose is used. Using expressions (5) – (7), we will get

$$L_{23} = -\frac{1}{C_{11}} \cdot \frac{\partial C_{12}}{\partial x} \cdot \|E_{1n}\|, L_{41} = -\frac{1}{C_{66}} \cdot \frac{\partial C_{66}}{\partial y} \cdot \|E_{1n}\|, L_{83} = -\frac{1}{D_{11}} \cdot \left(\frac{C_{12}}{R_1} + \frac{C_{22}}{R_2} \right) \cdot \|E_{1n}\|, \tag{9}$$

where

$$E_{1n} = \begin{pmatrix} 0 & n_0 & -k_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & k_0 & -n_0 \\ -n_0 & 0 & n_0 & -k_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & k_0 \\ k_0 & -n_0 & 0 & n_0 & -k_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & k_0 & -n_0 & 0 & n_0 & -k_0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & k_0 & -n_0 & 0 & n_0 & -k_0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & k_0 & -n_0 & 0 & n_0 & -k_0 \\ -k_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & k_0 & -n_0 & 0 & n_0 \\ n_0 & -k_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & k_0 & -n_0 & 0 \end{pmatrix},$$

In matrices $L_{21}, L_{24}, L_{42}, L_{43}, L_{86}, L_{87}$

$$L_{24} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 \\ -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_2 \\ \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 & -\alpha_2 \\ -\alpha_2 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 & 8\alpha_2 \\ 8\alpha_2 & -\alpha_2 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & -8\alpha_2 & \alpha_1 \end{pmatrix},$$

$$L_{42} = \begin{pmatrix} \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 \\ -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_4 \\ \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 & -\alpha_4 \\ -\alpha_4 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 & 8\alpha_4 \\ 8\alpha_4 & -\alpha_4 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_4 & -8\alpha_4 & \alpha_3 \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned}
 L_{21} &= \begin{pmatrix} -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_5 & \alpha_7 \\ \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_5 \\ \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 & -\alpha_5 \\ -\alpha_5 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 & \alpha_8 \\ \alpha_8 & -\alpha_5 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_5 & \alpha_7 & -2\alpha_6 \end{pmatrix}, \\
 L_{43} &= \begin{pmatrix} -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_9 & \beta_1 \\ \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha_9 \\ \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 & -\alpha_9 \\ -\alpha_9 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 & \beta_2 \\ \beta_2 & -\alpha_9 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha_9 & \beta_1 & -2\alpha_0 \end{pmatrix}, \\
 L_{86} &= \begin{pmatrix} -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 & 0 & \dots & 0 & 0 & \beta_3 & \beta_5 \\ \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 & 0 & \dots & 0 & 0 & \beta_3 \\ \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 & -\beta_3 \\ -\beta_3 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 & \beta_6 \\ \beta_6 & -\beta_3 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_3 & \beta_5 & -2\beta_4 \end{pmatrix}, \\
 L_{87} &= \begin{pmatrix} \beta_9 & \omega_2 & -\beta_7 & 0 & \dots & 0 & 0 & \beta_7 & \omega_1 \\ \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 & -\beta_7 & 0 & \dots & 0 & 0 & \beta_7 \\ \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 & -\beta_7 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 & -\beta_3 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 & -\beta_7 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 & -\beta_7 \\ -\beta_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 & \omega_2 \\ \omega_2 & -\beta_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_7 & \omega_1 & \beta_9 \end{pmatrix}, \tag{10}
 \end{aligned}$$

where for the thin-walled plate of variable thickness

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= -\frac{1}{C_{11}} \cdot \frac{\partial C_{66}}{\partial y}, \alpha_2 = -\frac{1}{C_{11}} \cdot (C_{12} + Gh) \cdot \frac{k_0}{12h_2}, \alpha_3 = -\frac{1}{C_{66}} \cdot \frac{\partial C_{12}}{\partial y}, \alpha_4 = -\frac{1}{C_{66}} \cdot (C_{12} + Gh) \cdot \frac{k_0}{12h_2}, \\
 \alpha_5 &= -\frac{k_0}{12h_2 C_{11}} \cdot \frac{\partial C_{66}}{\partial y}, \alpha_6 = -\frac{m_0 C_{66}}{h_2^2 C_{11}}, \alpha_7 = \alpha_6 + \frac{n_0}{12h_2 C_{11}} \cdot \frac{\partial C_{66}}{\partial y}, \alpha_8 = \alpha_6 - \frac{n_0}{12h_2 C_{11}} \cdot \frac{\partial C_{66}}{\partial y}, \\
 \alpha_0 &= -\frac{m_0}{h_2^2 C_{66}} \cdot C_{22}, \beta_1 = \alpha_0 + \frac{n_0}{12h_2 C_{66}} \cdot \frac{\partial C_{22}}{\partial y}, \beta_2 = \alpha_0 - \frac{n_0}{12h_2 C_{66}} \cdot \frac{\partial C_{22}}{\partial y}, \alpha_9 = -\frac{k_0}{12h_2 C_{66}} \cdot \frac{\partial C_{22}}{\partial y},
 \end{aligned}$$

$$\beta_4 = -\frac{2m_0}{h_2^2 D_{11}} \cdot \left(\frac{\partial D_{12}}{\partial x} + 2 \frac{\partial D_{66}}{\partial x} \right), \beta_5 = \beta_4 + \frac{n_0}{3h_2 D_{11}} \cdot \frac{\partial^2 D_{66}}{\partial x \partial y},$$

$$\beta_6 = \beta_4 - \frac{n_0}{3h_2 D_{11}} \cdot \frac{\partial^2 D_{66}}{\partial x \partial y}, \beta_5 = -\frac{k_0}{3h_2 D_{11}} \cdot \frac{\partial^2 D_{66}}{\partial x \partial y},$$

$$\beta_7 = -\frac{k_0}{6h_2 D_{11}} \cdot \left(\frac{\partial D_{12}}{\partial y} + 2 \frac{\partial D_{66}}{\partial y} \right), \beta_9 = -\frac{1}{D_{11}} \left[\frac{\partial^2 D_{11}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{12}}{\partial y^2} - \frac{4m_0}{h_2^2} (D_{12} + 2D_{66}) \right],$$

$$\omega_1 = -\frac{1}{h_2 D_{11}} \left[\frac{2m_0}{h_2} (D_{12} + 2D_{66}) - \frac{n_0}{6} \left(\frac{\partial D_{12}}{\partial y} + 2 \frac{\partial D_{66}}{\partial y} \right) \right],$$

$$\omega_2 = -\frac{1}{h_2 D_{11}} \left[\frac{2m_0}{h_2} (D_{12} + 2D_{66}) + \frac{n_0}{6} \left(\frac{\partial D_{12}}{\partial y} + 2 \frac{\partial D_{66}}{\partial y} \right) \right].$$

$$L_{85} = \begin{pmatrix} \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 \\ \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \omega_7 \\ \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} & \omega_7 \\ \omega_7 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 & \omega_{10} \\ \omega_{10} & \omega_7 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \omega_7 & \omega_9 & \omega_6 \end{pmatrix}. \tag{11}$$

Denotations are entered here

$$\omega_6 = \frac{2m_0}{D_{11} h_2^2} \cdot \left(\frac{\partial^2 D_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{22}}{\partial y^2} \right) - \frac{2m_2}{h_2^4} D_{22}, \omega_9 = -\frac{1}{D_{11} h_2^2} \left[m_0 \cdot \left(\frac{\partial^2 D_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{22}}{\partial y^2} \right) + \frac{4m_1}{h_2} \cdot \frac{\partial D_{22}}{\partial y} + D_{22} \frac{m_2}{h_2^2} \right],$$

$$\omega_{10} = -\frac{1}{D_{11} h_2^2} \left[m_0 \cdot \left(\frac{\partial^2 D_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_{22}}{\partial y^2} \right) - \frac{4m_1}{h_2} \cdot \frac{\partial D_{22}}{\partial y} + D_{22} \frac{m_2}{h_2^2} \right], \omega_7 = -\frac{2m_1}{D_{11} h_2^3} \cdot \frac{\partial D_{22}}{\partial y}, \omega_8 = \omega_7.$$

Zero values (zero iteration) are selected in quality of initial values of the basic unknown quantities. As maximum boundary conditions have the form (2), it is possible to write down

$$u_i(0)=0, v_i(0)=0, w_i(0)=0, w'(0)=0, i = 1, 2, 3, \dots, N.$$

Other unknowns $u'_i(0), v'_i(0), w''_i(0), w'''_i(0)$ are determined by the decision of the system of type (1), where

$$\vec{Y} = \begin{pmatrix} u' \\ v' \\ w'' \\ w''' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_2 \\ y_4 \\ y_7 \\ y_8 \end{pmatrix}, A(0) = \begin{pmatrix} h'E & L_{24} & 0 & 0 \\ L_{42} & h'E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E \\ \frac{12r'}{h^2} E & 0 & L_{87} & 6h'E \end{pmatrix}.$$

Results and their discussions. Searching for the solution of the system (1) can be carried out under the tridiagonal matrix algorithm. The calculations were made in two directions [2, 3] on every iteration in knots $x_{j+1} = x_j + h_1 ; j = 1, 2, \dots, M - 1; x_1 = 0; x_M = L$.

At first it was with the use of formulas

$$\vec{Y}_{k+1}(x_{i+1}) = \vec{Y}_k(x_i) + h_1 \left[(A(x_i) \cdot \vec{Y})_k + \vec{f}(x_i) \right], k = 0, 1, 2, \dots \tag{12}$$

for increasing values $j = 1, 2, \dots, M - 1$ and then in the opposite direction $j = M - 1, M - 2, \dots, 2, 1$.

Here

$$\bar{Y}_{k+1}(x_{i-1}) = \bar{Y}_k(x_i) + h_1 \left[A(x_i) \cdot \bar{Y}_k + \bar{f}(x_i) \right], \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (13)$$

Half the sum of values of unknown quantities in knots, got by formulas (12) and (13) allows to get solution on an iteration step.

Consider a numeral example, where plate, square in a plan, $x \in (0; L)$, $y \in (0; L)$ of variable thickness is locally loaded with normal surface effort $q_z - const$, $x \in \left(\frac{L}{2}; \frac{3L}{4}\right)$, $y \in \left(\frac{5L}{12}; \frac{7L}{12}\right)$. The thickness of plate changes after a law $h = h_0 \left[1 + \alpha(1 - 6x + 6x^2) \right]$ [1].

The figure 1 shows the typical results of numerical solutions for the dimensionless $(Ew/10^4 q_z)$ normal displacement of the middle surface of the plate.

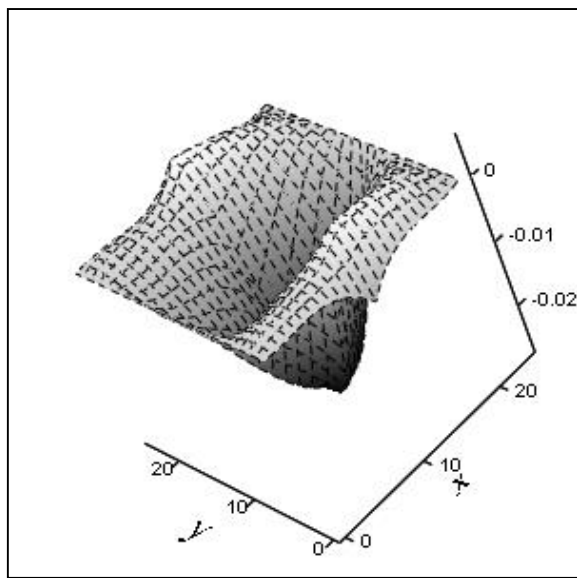


Fig.1

The basic unknowns are determined after numeral solution of the system (1). On the next stage it is possible directly by geometrical and physical relations to find according to deformation, curvatures, specific efforts and specific moments.

The method of calculation offered in the article opens new possibilities in the plan of solutions of problems in relation to optimization by the thickness of form of the thin-walled plates and shells.

Conclusions. The new effective iteration approach to the solution of problem of calculation of the thin-walled plates and shells of variable thickness is offered. The method of calculation of the stress-strain state of the thin-walled bodies of variable thickness is developed. The method of calculation is taken to the decision of SLAE (The System of Linear Algebraic Equations) with the use of iteration methods. The Seidel method is offered in this work to application. To improve the convergence of the Seidel method, that is required to reduce the required number of iterations the accuracy to the minimum proposed by the introduction of a specially developed derivative approximation, which provides a maximum diagonal coefficients in the original algebraic equations in comparison to neighboring elements [3, 5].

REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED

1. Grigorenko Ya.M., Vlaykov G.G., Grigorenko A.Ya. Numerically-analytical solution of problems of mechanics of shells on the basis of various models. – Kiev: Akadempriodika, 2006. – 472 p.
2. Godunov S.K. About the numerical solution of boundary value problems for systems of linear ordinary differential equations – 1961. – B.16. – Issue 3 (99). – P. 171 – 174.
3. Dzyuba V.A., V.A. Dzyuba, P.A. Steblyanko. The construction method of high accuracy solution of the problem for a cylindrical shell of variable thickness based on iterative methods // Zbirnyk naukovykh prats Dniprodzerzhynskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu / Dniprodzerzhynsk: DDTU. – 2014. – Issue 1 (24). – P. 216–221
4. Steblyanko P.A., Dzyuba A.P., Safronov O.O. Using of spline approximation for solving the problem of calculation of the cylindrical shell with variable stiffness // Problemy obchislyvalnoyi mekhaniky y mitsnosti konstruksiy. Zbirnyk naukovykh prats . – Issue 15. – Dnipropetrovsk , 2011. – P. 170–182.
5. Traub Dzh. Iterative methods for solving equations / Traub Dzh.; Transl. from English by I. A. Glinkin; under red. of A.G. Sukharev. – M.: Mir, 1985. – 264 p.

Дзюба В. А., Стеблянок П. А. Применение сплайнов при исчислении прогибов для пластины переменной толщины

Аннотация. В статье приведены новые результаты для построения метода расчета перемещений и напряженно-деформированного состояния пластины переменной толщины. Сосредоточено внимание на необходимости разработки метода повышенной точности получения достоверных результатов.

Ключевые слова: итерационный метод, численное решение, напряженно-деформированное состояние (НДС), тонкостенные тела переменной толщины

Сорокина М.М., Петрушин П.В., Макухин Р.А.

О τ -замкнутых n -кратно ω -центральных и n -кратно Ω -композиционных формациях конечных групп

Сорокина Марина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент
Петрушин Павел Викторович, студент магистратуры по направлению «Математика»
Макухин Руслан Александрович, студент магистратуры по направлению «Математика»
Брянский государственный университет имени И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

Аннотация. Рассматриваются формации конечных групп, т.е. классы конечных групп, замкнутые относительно взятия гомоморфных образов и подпрямых произведений. Пусть τ – подгрупповой функтор. Формация F называется τ -замкнутой, если со всякой своей группой G формация F содержит и все ее τ -подгруппы. В статье получено описание строения критических τ -замкнутых n -кратно ω -центральных и n -кратно Ω -композиционных формаций конечных групп.

Ключевые слова: конечная группа, формация групп, подгрупповой функтор, τ -замкнутая формация, ω -центральная формация, Ω -композиционная формация

В теории классов конечных групп центральное место занимают формации групп, введенные в рассмотрение В. Гашюцем в 1963 году [1]. Основные результаты о формациях конечных групп представлены в монографиях Л.А. Шеметкова [2], А.Н. Скибы [3]. При исследовании формаций важную роль играют функциональные методы. Так, например, в основе определения локальной формации, введенной в рассмотрение В. Гашюцем, лежит понятие экрана – отображения множества всех простых чисел во множество всех формаций групп, с помощью которого строится локальная формация. В дальнейшем такие функции стали называть спутниками формаций. В 1974 году Л.А. Шеметковым были введены в рассмотрение композиционные формации [4], спутниками которых являются отображения множества всех простых групп во множество всех формаций групп. В дальнейшем стали изучаться частично локальные (ω -локальные) и частично композиционные (Ω -композиционные) формации (см., например, [5-6]). В 1999 году В.А. Ведерниковым был предложен новый функциональный подход к изучению формаций, основанный на использовании для формаций новой функции – направления. В.А. Ведерниковым были введены в рассмотрение ω -веерные и Ω -расслоенные формации [7-8]. При этом ω -локальная формация представила собой один из видов ω -веерной формации, а Ω -композиционная формация – один из видов Ω -рас-слоенной формации. Еще одним важным видом ω -веерных формаций являются изучаемые в настоящей работе ω -центральные формации, направление которых коллинеарно направлению Ω -композиционной формации.

Теория подгрупповых функторов как самостоятельное направление в рамках теории групп берет свое начало в работах Р. Бэра [9] и Б.И. Плоткина [10]. Однако особенно интенсивно данная теория стала развиваться в последние годы в связи с обнаружением тесной связи между подгрупповыми функторами и классами групп. Так, например, А.Н. Скибой в монографии [3] метод подгрупповых функторов применен к изучению свойств локальных формаций, замкнутых относительно систем подгрупп, выделяемых подгрупповыми функторами. В [11] С.Ф. Каморниковым и М.В. Селькиным представлена классификация подгрупповых функторов и разработаны связи подгрупповых функторов с различными классами групп. В частности, инте-

рес в данном направлении представляют τ -замкнутые классы групп. Пусть τ – подгрупповой функтор. Класс групп F называется τ -замкнутым, если со всякой своей группой G класс F содержит и все τ -подгруппы группы G . Настоящая статья посвящена изучению критических τ -замкнутых n -кратно ω -центральных и критических τ -замкнутых n -кратно Ω -композиционных формаций конечных групп.

Рассматриваются только конечные группы. Основные определения и обозначения можно найти в [7–8, 11–13]. Приведем лишь некоторые из них. Пусть τ – отображение, ставящее в соответствие каждой группе G некоторую непустую систему $\tau(G)$ ее подгрупп. Говорят, что τ – подгрупповой функтор, если $\tau(G)^\varphi = \tau(G^\varphi)$ для любого изоморфизма φ каждой группы G . Подгрупповой функтор τ называется регулярным, если выполняются следующие два условия:

- 1) из того, что N – нормальная подгруппа группы G и $M \in \tau(G)$, следует $MN/N \in \tau(G/N)$;
- 2) из $M/N \in \tau(G/N)$ следует $M \in \tau(G)$ (см., например, [11]).

Формация F называется τ -замкнутой, если из $G \in F$ всегда следует, что $\tau(G) \subseteq F$ [11].

1. Критические τ -замкнутые n -кратно ω -центральные формации конечных групп

Пусть \mathbf{P} – множество всех простых чисел, $\omega \neq \emptyset \subseteq \mathbf{P}$, \mathbf{G}_ω – класс всех ω -групп, то есть таких групп G , что $\pi(G) \subseteq \omega$, где $\pi(G)$ – множество всех простых делителей порядка группы G ; $\mathbf{O}_\omega(G)$ – \mathbf{G}_ω -радикал группы G ; $\mathbf{G}_{q'}$ – класс всех q' -групп; \mathbf{S}_{ep} – класс всех групп, у которых каждый главный p -фактор централен; $f: \omega \cup \{\omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}$ и $\delta: \mathbf{P} \rightarrow \{\text{непустые формации Фиттинга}\}$ – соответственно ωF -функция и PFR -функция. Формация $\omega F(f, \delta) = (G: \mathbf{G}/\mathbf{O}_\omega(G) \in f(\omega') \text{ и } G/\mathbf{G}_{\delta(p)} \in f(p) \text{ для всех } p \in \omega \cap \pi(G))$ называется ω -веерной формацией с ω -спутником f и направлением δ [8]. Направление δ ω -веерной формации называется $b\omega$ -направлением, если оно является b -направлением, т.е. $\delta(q)\mathbf{N}_q = \delta(q)$ для любого $q \in \mathbf{P}$; и является p -направ-

лением, т.е. $G_q \delta(q) = \delta(q)$ для любого $q \in P$. Через δ_3 обозначается направление ω -центральной формации, то есть $\delta_3(p) = S_{cp}$ для всех $p \in P$ [8].

Пусть δ – некоторая PFR-функция. Подгрупповой функтор τ называется δ -радикальным, если для всякой группы G и для всякой $N \in \tau(G)$ справедливо равенство $G_{\delta(p)} \cap N = N_{\delta(p)}$, для всех $p \in P$. Пусть τ – подгрупповой функтор. ω -спутник f ω -веерной формации называется τ -замкнутым, если для любого $p \in \omega \cup \{\omega'\}$ формация $f(p)$ является τ -замкнутой.

Пусть δ – произвольная PFR-функция, $n \in N \cup \{0\}$. Всякую формацию считают 0-кратно ω -веерной с направлением δ . При $n \neq 0$ формация F называется n -кратно ω -веерной с направлением δ , если F имеет хотя бы один $\omega_{(n-1)}$ -спутник, то есть такой ω -спутник, все значения которого являются $(n-1)$ -кратно ω -веерными формациями с направлением δ . Отметим, что впервые данная концепция для формаций была предложена А.Н. Скибой, а именно, в 1987 году А.Н. Скиба ввел в рассмотрение понятие n -кратно локальной формации [14].

Через $\tau \omega F_n(X, \delta)$ обозначается τ -замкнутая n -кратно ω -веерная формация с направлением δ , порожденная множеством групп X , $\omega F_n^{\tau}(X, \delta)$ – n -кратно ω -веерная формация с направлением δ , обладающая хотя бы одним τ -замкнутым ω -спутником, порожденная множеством групп X . Формацию $\tau \omega F_n(X, \delta_3)$ обозначают через $\tau \omega Z_n(X)$.

Пусть δ – bp -направление ω -веерной формации, $\delta \leq \delta_3$, τ – регулярный δ -радикальный подгрупповой функтор, X – совокупность групп. Тогда, ввиду леммы 1 [15], справедливо равенство $\tau \omega F_n(X, \delta) = \omega F_n^{\tau}(X, \delta)$.

Пусть H – некоторый класс групп, $n \in N$. τ -замкнутая n -кратно ω -веерная формация F с направлением δ называется $H_{\tau \omega_n \delta}$ -критической формацией, если $F \not\subseteq H$, но все собственные τ -замкнутые n -кратно ω -веерные подформации с направлением δ из F в классе H содержатся. Общая проблема изучения H θ -критических формаций впервые была поставлена Л.А. Шеметковым в 1980 году [16]. Исследованием критических локальных, ω -локальных, n -кратно ω -локальных формаций занимались А.Н. Скиба и его ученики (см., например, [17]). Отметим, что в работе [15] содержатся результаты о критических τ -замкнутых ω -веерных формациях, а в работе [18] – результаты о критических τ -замкнутых Ω -расслоенных формациях. В следующей теореме изучается строение критических τ -замкнутых n -кратно ω -центральных формаций конечных групп.

Теорема 1. Пусть $n \in N$, τ – регулярный δ_3 -радикальный подгрупповой функтор, H – непустая τ -замкнутая ω -центральная формация с максимальным внутренним ω -спутником h , F – τ -замкнутая n -кратно ω -центральная формация с минимальным

τ -замкнутым $\omega_{(n-1)}$ -спутником f . Если формация F является $H_{\tau \omega_n \delta_3}$ -критической, то $F = \tau \omega Z_n(G)$, где G – монолитическая группа с монолитом $P = G^H$, причем если $\pi(P) \subseteq \omega$, то формация $f(p)$ является $h(p)_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критической для некоторого $p \in \pi(P)$, а если $\pi(P) \not\subseteq \omega$, то $f(\omega')$ является $h(\omega')_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критической формацией.

Доказательство. Пусть F – $H_{\tau \omega_n \delta_3}$ -критическая формация и G – группа наименьшего порядка из $F \setminus H$. Тогда G является монолитической группой с монолитом $P = G^H$ и $F = \tau \omega Z_n(G)$. По лемме 2 [19] $f(\omega') = \tau \omega Z_{(n-1)}(G/O_{\omega}(G))$, $f(p) = \tau \omega Z_{(n-1)}(G/G_{S_{cp}})$, для всех $p \in \omega \cap \pi(G)$ и $f(p) = \emptyset$, если $p \in \omega \setminus \pi(G)$. Согласно теореме 6 [13] $h(\omega') = H$ и для любого $p \in \omega$ справедливо $h(p) = N_p h(p) = N_p h_1(p)$, где h_1 – произвольный внутренний ω -спутник формации H . Ввиду доказательства леммы 1 [15], h является τ -замкнутым ω -спутником формации H .

Пусть $\pi(P) \subseteq \omega$. Если $f(q) \subseteq h(q)$ для любого $q \in \pi(P)$, то $G/G_{S_{cp}} \in f(q) \subseteq h(q)$ для всех $q \in \pi(P)$. Поскольку $G/P \in H$ и $P \subseteq O_{\omega}(G)$, то $G/O_{\omega}(G) \in H = h(\omega')$ и, согласно лемме 2 [13] $G \in H$, что невозможно. Поэтому $f(p) \not\subseteq h(p)$ для некоторого $p \in \pi(P)$.

Пусть $h(p) = \emptyset$. Тогда $p \notin \pi(H)$ и $Z_p \notin H$. Так как $p \in \omega \cap \pi(G)$, то $f(p) \neq \emptyset$ и по лемме 7 [13] $Z_p \in N_p f(p) \subseteq F$. Таким образом, $Z_p \in F \setminus H$, и поэтому $G = Z_p$. Кроме того, $Z_p = (Z_p)_{S_{cp}}$ и, значит, $f(p) = (1) - h(p)_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критическая формация.

Пусть $h(p) \neq \emptyset$ и M – собственная τ -замкнутая $(n-1)$ -кратно ω -центральная подформация из $f(p)$. Предположим, что $M \not\subseteq h(p)$ и M – группа минимального порядка из $M \setminus h(p)$. Тогда M – монолитическая группа с монолитом $R = M^{h(p)}$. Если $R \subseteq O_p(M)$, то $M \in N_p h(p) = h(p)$, что невозможно. Поэтому $O_p(M) = 1$ и по лемме 18.8 [20] существует точный неприводимый $F_p[M]$ -модуль K . Пусть $T = [K]M$. Тогда группа T монолитична с монолитом $K = C_{\tau}(K) = T_{S_{cp}}$. Ввиду леммы 7 [13], $T \in N_p M \subseteq N_p f(p) \subseteq F$, и значит, $\tau \omega Z_n(T) \subseteq F$. Если $\tau \omega Z_n(T) = F$, то $f(p) = \tau \omega Z_{(n-1)}(T/T_{S_{cp}}) = \tau \omega Z_{(n-1)}(M) \subseteq M$, что невозможно.

Поэтому $\tau \omega Z_n(T) \subset F$, и значит, $\tau \omega Z_n(T) \subseteq H$. Тогда $T/T_{S_{cp}} \in h(p)$ и $M \in h(p)$, что невозможно. Следовательно, $M \subseteq h(p)$ и формация $f(p)$ является $h(p)_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критической.

Пусть $\pi(P) \not\subseteq \omega$. Тогда $P \not\subseteq O_\omega(G)$ и $f(\omega') = \tau \omega Z_{(n-1)}(G) \not\subseteq H = h(\omega')$. Пусть M – собственная τ -замкнутая $(n-1)$ -кратно ω -центральная под-формация из $f(\omega')$ и $M_1 = \tau \omega Z_n(M)$. Тогда $M_1 \subseteq F$. Если $M_1 = F$, то $f(\omega') = \tau \omega Z_{(n-1)}(M/O_\omega(M): M \in M) \subseteq M \subset f(\omega')$. Противоречие. Следовательно, $M_1 \subset F$, и значит, $M_1 \subseteq H$. Поэтому $M \subseteq H = h(\omega')$ и формация $f(\omega')$ является $h(\omega')_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критической. Теорема доказана.

2. Критические τ -замкнутые n -кратно Ω -композиционные формации конечных групп

Пусть I – класс всех простых групп, Ω – непустой подкласс класса I , G_Ω – класс всех Ω -групп, то есть таких групп G , что $K(G) \subseteq \Omega$, где $K(G)$ – класс всех групп, изоморфных композиционным факторам группы G ; G_A – класс всех A' -групп; S_{Z_p} – класс всех групп, у которых каждый главный Z_p -фактор централен; $O_\Omega(G)$ – G_Ω -радикал группы G ; $f: \Omega \cup \{\Omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}$ и $\varphi: I \rightarrow \{\text{непустые формации Фиттинга}\}$ – соответственно ΩF -функция и FR -функция. Формация $\Omega F(f, \varphi) = (G: G/O_\Omega(G) \in f(\Omega')$ и $G/G_{\varphi(A)} \in f(A)$ для всех $A \in \Omega \cap K(G)$) называется Ω -расслоенной формацией с Ω -спутником f и направлением φ [7]. Направление φ Ω -расслоенной формации называется br -направлением, если оно является b -направлением, т.е. $\varphi(A)G_A = \varphi(A)$ для любой абелевой группы $A \in I$; и является r -направлением, т.е. $G_A \varphi(A) = \varphi(A)$ для любого $A \in I$. Через φ_3 обозначается направление Ω -композиционной формации, то есть $\varphi_3(A) = S_{cA}$ для всех $A \in I$ [7].

Определение φ -радикального подгруппового функтора, τ -замкнутого Ω -спутника Ω -расслоенной формации, n -кратно Ω -расслоенной формации, $H_{\tau \Omega_n \varphi}$ -критической формации формулируются аналогично соответствующим определениям из пункта 1. Отметим лишь, что τ -замкнутая n -кратно Ω -композиционная формация с направлением φ , порожденная множеством групп X , обозначается через $\tau \Omega C_n(X)$.

В следующей теореме описывается строение критических τ -замкнутых n -кратно Ω -композиционных формаций конечных групп.

Теорема 2. Пусть $n \in \mathbb{N}$, τ – регулярный φ_3 -радикальный подгрупповой функтор, H – непустая τ -замкнутая Ω -композиционная формация с максимальным внутренним Ω -спутником h , F – τ -замкнутая n -кратно Ω -композиционная формация с минимальным τ -замкнутым $\Omega_{(n-1)}$ -спутником f . Если формация F является $H_{\tau \Omega_n \varphi_3}$ -критической, то $F = \tau \Omega C_n(G)$, где G – монолитическая группа с монолитом $P = G^H$, причем если $K(P) \subseteq \Omega$, то формация $f(A)$ является $h(A)_{\tau \Omega_{(n-1)} \varphi_3}$ -критической для некото-

рого $A \in K(P)$, а если $K(P) \not\subseteq \Omega$, то $f(\Omega')$ является $h(\Omega')_{\tau \Omega_{(n-1)} \varphi_3}$ -критической формацией.

Доказательство. Пусть F – $H_{\tau \Omega_n \varphi_3}$ -критическая формация и G – группа наименьшего порядка из $F \setminus H$. Тогда G является монолитической группой с монолитом $P = G^H$ и $F = \tau \Omega C_n(G)$. Тогда $f(\Omega') = \tau \Omega C_{(n-1)}(G/O_\Omega(G))$, $f(A) = \tau \Omega C_{(n-1)}(G/G_{S_{cA}})$, для всех $A \in \Omega \cap K(G)$ и $f(A) = \emptyset$, если $A \in \Omega \setminus K(G)$. Согласно теореме 1 [12] $h(A) = H$ для любого $A \in \{\Omega'\} \cup (\Omega \setminus A)$ и для всех $A \in \Omega \cap A$ справедливо $h(A) = G_A h(A) = G_A h'(A)$, где h' – произвольный внутренний Ω -спутник формации H .

Пусть $K(P) \not\subseteq \Omega$. Тогда:

$$O_\Omega(G) = 1 \text{ и } f(\Omega') = \tau \Omega C_{(n-1)}(G) \not\subseteq H = h(\Omega').$$

Пусть M – собственная τ -замкнутая $(n-1)$ -кратно Ω -расслоенная подформация из $f(\Omega')$ и $M_1 = \tau \Omega C_n(M)$. Тогда $M_1 \subseteq F$. Если $M_1 = F$, то

$$f(\Omega') = \tau \Omega Z_{(n-1)}(M/O_\Omega(M): M \in M) \subseteq M \subset f(\Omega').$$

Противоречие. Следовательно, $M_1 \subset F$, и значит, $M_1 \subseteq H$. Поэтому $M \subseteq H = h(\Omega')$ и формация $f(\Omega')$ является $h(\Omega')_{\tau \Omega_{(n-1)} \varphi_3}$ -критической.

Пусть $K(P) \subseteq \Omega$ и $A \in K(P)$. Если $A \notin A$, то $f(A) = \tau \Omega C_{(n-1)}(G)$, $h(A) = H$ и поэтому $f(A) \not\subseteq h(A)$.

Как и выше, нетрудно проверить, что всякая собственная τ -замкнутая $(n-1)$ -кратно Ω -расслоенная подформация из $f(A)$ содержится в $h(A)$. Следовательно, в этом случае $f(A) = h(A)_{\tau \Omega_{(n-1)} \varphi_3}$ -критическая формация.

Пусть группа A изоморфна Z_p . Тогда $\Omega \cap A \neq \emptyset$. Пусть $\omega = \{q \in \mathbf{P} \mid Z_q \in \Omega\}$. Используя следствие 4.2 [13], получаем, что F – $H_{\tau \omega_n \delta_3}$ -критическая формация и по теореме 1 формация $f_1(p)$ является $h_1(p)_{\tau \omega_{(n-1)} \delta_3}$ -критической, где f_1 – минимальный τ -замкнутый $\omega_{(n-1)}$ -спутник формации F , h_1 – максимальный внутренний $\omega_{(n-1)}$ -спутник формации H . Отметим, что, согласно лемме 1 [15], $f_1(p) = \tau \omega Z_{(n-1)}(G/G_{S_{c\varphi}})$ и по теореме 1 [12] $h_1(p) = N_p h_1(p) = N_p h'_1(p)$, где h'_1 – произвольный внутренний ω -спутник формации H . Ввиду следствия 4.2 [13], $f_1(p) = f(Z_p)$ и $h_1(p) = h(Z_p)$.

Отсюда, снова используя следствие 4.2 [13], получаем, что формация $f(Z_p)$ является

$$h(Z_p)_{\tau \Omega_{(n-1)} \varphi_3}$$
-критической. Теорема доказана.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Gaschütz W. Zur Theorie der endlichen auflösbaren Gruppen. – Math. Z., 1963. Vol. 80, № 4. – S. 300-305.
2. Шеметков Л.А. Формации конечных групп. – М.: Наука, 1978. – 272 с.
Shemetkov L.A. Formatsii konechnykh grupp [Formations of finite groups]. – M.: Nauka, 1978. – 272s.
3. Скиба А.Н. Алгебра формаций. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 240 с.
Skiba A.N. Algebra formatsiy [Algebra of formations]. – Minsk: Belaruskaya navuka, 1997. – 240 s.
4. Шеметков Л.А. Ступенчатые формации групп // Матем. сб., 1974. Т. 94, № 4. – С. 628-648.
Shemetkov L.A. Stupenchatyye formatsii grupp [Graduated formations of groups] // Matem. sb., 1974. T. 94, № 4. – S. 628-648.
5. Скиба А.Н., Шеметков Л.А. Кратно ω -локальные формации и классы Фиттинга конечных групп // Матем. труды, 1999. Т. 2, № 1. – С. 1-34.
Skiba A.N., Shemetkov L.A. Kratno ω -lokal'nyye formatsii i klassy Fittinga konechnykh grupp [Multiply ω -local formations and Fitting classes of finite groups] // Matem. trudy, 1999. T. 2, № 1. – S. 1-34.
6. Ведерников В.А., Коптюх Д.Г. Частично композиционные формации групп // Препринт № 2. Брянск: БГПУ, 1999. – 28 с.
Vedernikov V.A., Koptyukh D.G. Chastichno kompozitsionnyye formatsii grupp [Partially composite formations of groups] // Preprint № 2. Bryansk: BGPU, 1999. – 28 s.
7. Ведерников В.А., Сорокина М.М. Ω -расслоенные формации и классы Фиттинга конечных групп // Дискретная математика, 2001. Т. 13. Вып. 3. – С. 125-144.
Vedernikov V.A., Sorokina M.M. Ω -rassloyennyye formatsii i klassy Fittinga konechnykh grupp [Ω -foliated formations and Fitting classes of finite groups] // Diskretnaya matematika, 2001. T. 13. Vyp. 3. – S. 125-144.
8. Ведерников В.А., Сорокина М.М. ω -веерные формации и классы Фиттинга конечных групп // Математические заметки, 2002. Т. 71. Вып. 1. – С. 43-60.
Vedernikov V.A., Sorokina M.M. ω -veyernyye formatsii i klassy Fittinga konechnykh grupp [ω -fibered formations and Fitting classes of finite groups] // Matematicheskiye zametki, 2002. T. 71. Vyp. 1. – S. 43-60.
9. Baer R. Classes of finite groups and their properties // Collog. Math., 1957. Vol. 1. – P. 115-187.
10. Плоткин Б.И. Радикалы в группах, операции на классах групп и радикальные классы // Избранные вопросы алгебры и логики: Сборник, посв. памяти А.И. Мальцева. – Новосибирск: Наука, 1973. – С. 205-244.
Plotkin B.I. Radikal'y v gruppakh, operatsii na klassakh grupp i radikal'nyye klassy [Radicals in groups, operations on classes of groups and radical classes] // Izbrannyye voprosy algebrы i logiki: Sbornik, posv. pamyati A.I. Mal'tseva. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – S. 205-244.
11. Каморников С.Ф., Селькин М.В. Подгрупповые функторы и классы конечных групп. – Минск: Беларуская навука, 2003. – 254 с.
Kamornikov S.F., Sel'kin M.V. Podgruppovyye funktory i klassy konechnykh grupp [Subgroup functor and classes of finite groups]. – Minsk: Belaruskaya navuka, 2003. – 254 s.
12. Vedernikov V.A. Maximal satellites of Ω -foliated formations and Fitting classes // Proc. Steklov Inst. Math., 2001. № 2. – P. 217-233.
13. Ведерников В.А. О новых типах ω -веерных формаций конечных групп // Укр. матем. конгресс. Алг. і теор. чисел. Праці, Киев, 2002. – С. 36-45.
Vedernikov V.A. O novykh tipakh ω -veyernykh formatsiy konechnykh grupp [On new types of ω -fibered formations of finite groups] // Ukr. matem. kongress. Alg. i teor. chisel. Pratsi, Kiyev, 2002. – S. 36-45.
14. Скиба А.Н. Характеризация конечных разрешимых групп заданной нильпотентной длины // Вопросы алгебры, Минск, 1987. Вып. 3. – С. 21-31.
Skiba A.N. Kharakterizatsiya konechnykh razreshimykh grupp zadannoy nil'potentnoy dliny [Characterization of finite soluble groups given nilpotent length] // Voprosy algebrы, Minsk, 1987. Vyp. 3. – S. 21-31.
15. Корпачева М.А., Сорокина М.М. Критические ω -веерные τ -замкнутые формации конечных групп // Дискретная математика, 2011. Т. 23. Вып. 1. – С. 94-101.
Korpacheva M.A., Sorokina M.M. Kriticheskiye ω -veyernyye τ -zamknutyeye formatsii konechnykh grupp [Critical ω -fibered τ -closed formations of finite groups] // Diskretnaya matematika, 2011. T. 23. Vyp. 1. – S. 94-101.
16. Шеметков Л.А. Экраны ступенчатых формаций // Тр. VI Всесоюз. Симпозиума по теории групп. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 37-50.
Shemetkov L.A. Ekrany stupenchatykh formatsiy [Screens of step formations] // Tr. VI Vsesoyuz. Simpoziuma po teorii grupp. – Kiyev: Naukova dumka, 1980. – S. 37-50.
17. Селькин В.М., Скиба А.Н. О H_{ω} -критических формациях // Вопросы алгебры. – Гомель: Изд-во Гомельского ун-та, 1999. Вып. 14. – С. 127-131.
Sel'kin V.M., Skiba A.N. O H_{ω} -kriticheskikh formatsiyakh [About H_{ω} -critical formations] // Voprosy algebrы. – Gomel': Izd-vo Gomel'skogo un-ta, 1999. Vyp. 14. – S. 127-131.
18. Сорокина М.М., Корпачева М.А. Критические Ω -расслоенные τ -замкнутые формации конечных групп // Вестник БГУ, Брянск, 2012. № 4 (2). – С. 75-79.
Sorokina M.M., Korpacheva M.A. Kriticheskiye Ω -rassloyennyye τ -zamknutyeye formatsii konechnykh grupp [Critical Ω -foliated τ -closed formations of finite groups] // Vestnik BGU, Bryansk, 2012. № 4 (2). – S. 75-79.
19. Сорокина М.М. Критические τ -замкнутые n -кратно ω -специальные формации конечных групп // Международный периодический научный журнал «Science and Education A New Dimension: Natural and Technical Science», 2013. Vol. 8 – С. 71-75.
Sorokina M.M. Kriticheskiye τ -zamknutyeye n-kratno ω -spetsial'nyye formatsii konechnykh grupp [Critical τ -closed n-multiply ω -specific formations of finite groups] // Mezhdunarodnyy periodicheskiy nauchnyy zhurnal «Science and Education A New Dimension: Natural and Technical Science», 2013. Vol. 8 – S. 71-75.
20. Шеметков Л.А., Скиба А.Н. Формации алгебраических систем. – М.: Наука, 1978. – 256 с.
Shemetkov L.A., Skiba A.N. Formatsii algebraicheskikh sistem [Formations of algebraic systems]. – M.: Nauka, 1978. – 256 s.

Sorokina M.M., Petrushin P.V., Makukhin R.A. On τ -closed n -multiply ω -central and n -multiply Ω -compositional formations of finite groups

Abstract. We consider the formations of finite groups, i.e. classes of finite groups closed under homomorphic images and subdirect products. Let τ - subgroup functor. A formation F is called τ -closed if the formation F with each of its group includes all of its τ -subgroups. In this paper a description of the structure of the critical τ -closed n -multiply ω -central and n -multiply Ω -compositional formations of finite groups.

Keywords: a finite group, a formation of groups, subgroup functor, a τ -closed formation, a ω -central formation, a Ω -compositional formation

Вотякова Л. А., Дьогтєва І. О.

Математична модель одноканальної системи масового обслуговування із зростаючим надходженням вимоги

Вотякова Леся Андріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Дьогтєва Ірина Оксентіївна, аспірант

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, Україна

Анотація. В роботі представлена математична модель одноканальної системи масового обслуговування, для якої час надходження вимоги складається з двох етапів.

Ключові слова: система масового обслуговування, ланцюг Маркова, перехідні ймовірності, показниковий розподіл

Вимоги практики вже майже півстоліття висувають перед теорією масового обслуговування велике число постановок задач [1]. Кожна нова постановка має за мету побудову математичної моделі, яка б відображала істинний характер досліджуваних явищ. Найбільш ефективним у цьому плані виявився інструментарій, розроблений в теорії випадкових процесів і особливо марковських [2].

Процеси, у яких переходи визначаються вкладеним ланцюгом Маркова, а час перебування у кожному стані показниково розподілена випадкова величина, виявились придатними для описання функціонування найрізноманітніших систем [1-5].

Новизна запропонованої тут математичної моделі у характері вхідного потоку [3-4]. Якщо стандартний підхід передбачає, що вхідний потік є рекурентний, то в нашій роботі час надходження вимоги складається з часу підготовки вимоги і часу власне надходження (транспортування) її, причому тривалість кожного стану є показниково розподілена випадкова величина.

Зрозуміло, що за цих умов функціонування такої системи описується марковським процесом, а тому при знаходженні основних ймовірнісних характеристик були використані методи теорії марковських процесів.

Нехай на обслуговуючий пристрій надходить рекурентний потік вимог. Час надходження вимоги має функцію розподілу

$$F(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t \leq 0, \\ 1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_1 t}, & \text{якщо } t > 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 > 0$ ($\lambda_1 \neq \lambda_2$). Якщо вимога надходить в момент, коли обслуговуючий пристрій вільний, то вона негайно потрапляє на обслуговування і обслуговується час η із функцією розподілу

$$G(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t \leq 0, \\ 1 - e^{-\mu t}, & \text{якщо } t > 0, \end{cases} \quad (2)$$

причому випадкова величина η не залежить від вхідного потоку. Якщо ж вимога надходить в момент, поки пристрій зайнятий, то вона втрачається.

Оскільки час надходження вимоги є сумою двох незалежних випадкових величин ξ_1 і ξ_2 , то будемо вважати, що ξ_1 – час підготовки вимоги до відправлення (має показниковий розподіл з параметром λ_1), ξ_2 – час надходження вимоги (має показниковий розподіл з параметром λ_2). У зв'язку з цим функціону-

вання системи можна описати у такий спосіб. Система може перебувати у станах:

e_1 – система вільна, йде підготовка до відправлення вимоги, перебуває у цьому стані час ξ_2 і переходить із ймовірністю одиниця в другий стан;

e_2 – система вільна, вимога обслуговується, перебуває у цьому стані час $\min(\xi_1, \eta)$ (вважаємо, що відправник дістає інформацію про прибуття вимоги і починає готувати наступну) і переходить в стан e_1 з ймовірністю

$$p_{31} = P(\eta < \xi_1) = \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \quad (3)$$

або у стан e_4 з ймовірністю

$$p_{34} = P(\xi_1 < \eta) = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu}; \quad (4)$$

e_4 – вимога продовжує обслуговуватись, перебуває у цьому стані час $\min(\xi_2, \eta)$ і переходить у стан e_2 з ймовірністю

$$p_{42} = P(\eta < \xi_2) = \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} \quad (5)$$

або у стан e_3 з ймовірністю

$$p_{43} = P(\xi_2 < \eta) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu}. \quad (6)$$

Час перебування системи у станах e_1, e_2, e_3, e_4 має показниковий розподіл відповідно з параметрами $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_1 + \mu, \lambda_2 + \mu$.

Таким чином, функціонування досліджуваної системи масового обслуговування описується марковським процесом $\xi(t)$, множиною станів якого є множина $\{e_1, e_2, e_3, e_4\}$, граф його можливих переходів має вигляд

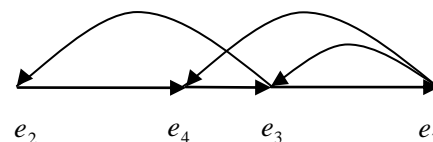


Рис. 1

Той факт, що в момент часу t процес перебуває у стані e_i ($i = \overline{1,4}$) будемо записувати так: $\xi(t) = i$, зокрема згідно з нашим припущенням $\xi(0) = 1$. Переходи здійснюються згідно з вкладеним ланцюгом Маркова, який задається такою матрицею:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} & 0 & 0 & \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu} \\ 0 & \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} & \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu} & 0 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Основними характеристиками процесу $\xi(t)$ є ймовірності того, що процес у момент часу t знаходиться у стані e_j за умови, що у початковий момент він знаходиться у стані e_i . Позначимо їх

$$P_{ij}(t) = P(\xi(t) = j | \xi(0) = i).$$

Скориставшись формулою повної ймовірності, складемо систему функціональних рівнянь

$$\begin{aligned} P_{11}(t + \Delta t) &= P_{11}(t)P(\xi_1 > \Delta t) + P_{13}(t)P(\eta < \Delta t)P(\xi_1 > \Delta t) + o(\Delta t), \\ P_{12}(t + \Delta t) &= P_{11}(t)P(\xi_1 < \Delta t) + P_{12}(t)P(\xi_2 > \Delta t) + P_{14}(t)P(\eta < \Delta t)P(\xi_2 > \Delta t) + o(\Delta t), \\ P_{13}(t + \Delta t) &= P_{12}(t)P(\xi_2 < \Delta t) + P_{13}(t)P(\eta > \Delta t)P(\xi_1 > \Delta t) + P_{14}(t)P(\eta > \Delta t)P(\xi_2 < \Delta t) + o(\Delta t), \\ P_{14}(t + \Delta t) &= P_{13}(t)P(\eta > \Delta t)P(\xi_1 < \Delta t) + P_{14}(t)P(\eta < \Delta t)P(\xi_2 < \Delta t) + o(\Delta t). \end{aligned} \quad (8)$$

Звідки дістанемо систему лінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} P_{11}'(t) = -\lambda_1 P_{11}(t) + \mu P_{13}(t), \\ P_{12}'(t) = \lambda_1 P_{11}(t) - \lambda_2 P_{12}(t) + \mu P_{14}(t), \\ P_{13}'(t) = \lambda_2 P_{12}(t) - (\lambda_1 + \mu) P_{13}(t) + \lambda_2 P_{14}(t), \\ P_{14}'(t) = \lambda_1 P_{13}(t) - (\lambda_2 + \mu) P_{14}(t). \end{cases} \quad (9)$$

Її характеристичне рівняння:

$$\begin{vmatrix} x + \lambda_1 & 0 & -\mu & 0 \\ -\lambda_1 & x + \lambda_2 & 0 & -\mu \\ 0 & -\lambda_2 & x + \lambda_2 + \mu & -\lambda_2 \\ 0 & 0 & -\lambda_1 & x + \lambda_2 + \mu \end{vmatrix} = x^4 + 2(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)x^3 +$$

$$+ ((\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)^2 + \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \mu + \lambda_2 \mu)x^2 + (\lambda_1^2 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_2^2 + 3\lambda_1 \lambda_2 \mu + \lambda_1^2 \mu + \lambda_1 \mu^2 + \lambda_2 \mu^2)x = 0.$$

Очевидно, що $x_1 = 0$, $x_2 = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)$ – корені цього рівняння. Ще два корені рівняння дістанемо з рівняння $x^2 + (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)x + \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \mu + \lambda_2 \mu = 0$,

$$\text{тобто } x_{3,4} = \frac{1}{2}(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu) \pm$$

$$\pm \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \mu^2 - 2\lambda_1 \lambda_2 - 2\lambda_1 \mu - 2\lambda_2 \mu}).$$

Тоді загальний розв'язок системи (9) подається у вигляді:

$$\begin{aligned} P_{11}(t) &= c_{11} + c_{12}e^{x_2 t} + c_{13}e^{x_3 t} + c_{14}e^{x_4 t}, \\ P_{12}(t) &= c_{21} + c_{22}e^{x_2 t} + c_{23}e^{x_3 t} + c_{24}e^{x_4 t}, \\ P_{13}(t) &= c_{31} + c_{32}e^{x_2 t} + c_{33}e^{x_3 t} + c_{34}e^{x_4 t}, \\ P_{14}(t) &= c_{41} + c_{42}e^{x_2 t} + c_{43}e^{x_3 t} + c_{44}e^{x_4 t}. \end{aligned} \quad (10)$$

Оскільки $\text{Re } x_k < 0$ для $k = 2, 3, 4$, то існують границі $\lim_{t \rightarrow +\infty} P_{1k}(t) = c_{k1}$ ($k = 1, 4$), які позначимо відповідно $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4$ (стаціонарні ймовірності).

Стаціонарні характеристики π_k ($k = 1, 4$) можна знайти за формулами:

$$\pi_k = \frac{p_k m_k}{p_1 m_1 + p_2 m_2 + p_3 m_3 + p_4 m_4}, \quad (11)$$

де p_1, p_2, p_3, p_4 – стаціонарні ймовірності вкладеного ланцюга Маркова, що задається матрицею (7),

$m_1 = \frac{1}{\lambda_1}, m_2 = \frac{1}{\lambda_2}, m_3 = \frac{1}{\lambda_3}, m_4 = \frac{1}{\lambda_4}$ – середній час, який процес $\xi(t)$ проводить відповідно у станах e_1, e_2, e_3, e_4 . Стаціонарні ймовірності вкладеного ланцюга Маркова є розв'язок системи:

$$\begin{cases} p_1 = p_3 \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu}, \\ p_2 = p_1 + p_4 \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu}, \\ p_3 = p_2 + p_4 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu}, \\ p_4 = p_3 \frac{\lambda}{\lambda_1 + \mu}, \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1, \end{cases} \quad (12)$$

яку розв'яжемо графо-аналітичним методом [6].

За графом переходів вкладеного ланцюга Маркова побудуємо нижні решітки кожної вершини і для них знайдемо індекси:

для першої вершини

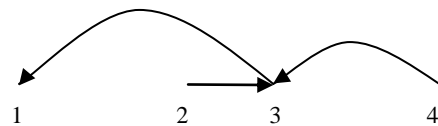


Рис. 2

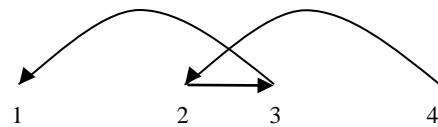


Рис. 3

$$I_1 = \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \cdot \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} = \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu}, \quad (13)$$

для другої вершини

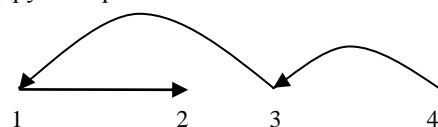


Рис. 4

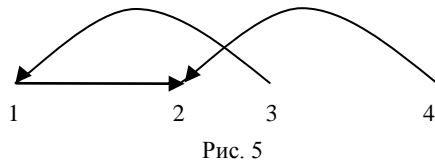


Рис. 5

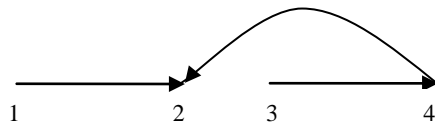


Рис. 6

$$I_2 = \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \cdot \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu} = \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu}$$

для третьей вершины

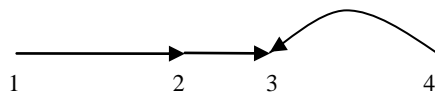


Рис. 7

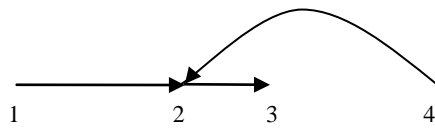


Рис. 8

$$I_3 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} = 1,$$

для четвертой вершины

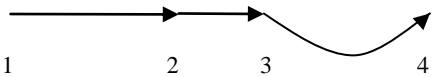


Рис. 9

$$I_4 = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu}.$$

Тоді $p_k = \frac{I_k}{I}$, де

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 2 + \frac{\mu}{\lambda_2 + \mu} + \frac{\mu}{\lambda_1 + \mu} + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu}, \quad (17)$$

точніше

$$p_1 = \frac{\lambda_2 \mu + \mu^2}{2\lambda_1 \lambda_2 + 3\lambda_1 \mu + 3\lambda_2 \mu + 3\mu^2},$$

$$p_2 = \frac{\lambda_1 \mu + \mu^2 + \lambda_2 \mu}{2\lambda_1 \lambda_2 + 3\lambda_1 \mu + 3\lambda_2 \mu + 3\mu^2}, \quad (18)$$

$$p_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \mu + \mu^2 + \lambda_2 \mu}{2\lambda_1 \lambda_2 + 3\lambda_1 \mu + 3\lambda_2 \mu + 3\mu^2},$$

$$p_4 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \mu}{2\lambda_1 \lambda_2 + 3\lambda_1 \mu + 3\lambda_2 \mu + 3\mu^2}.$$

Скориставшись формулою (11), маємо

$$\pi_1 = \frac{1}{\Lambda} (\lambda_2^2 \mu + \lambda_2 \mu^2),$$

$$\pi_2 = \frac{1}{\Lambda} (\lambda_1^2 \mu + \lambda_1 \mu^2 + \lambda_1 \lambda_2 \mu), \quad (19)$$

$$\pi_3 = \frac{1}{\Lambda} (\lambda_1 \lambda_2^2 + \lambda_1 \lambda_2 \mu), \pi_4 = \frac{1}{\Lambda} \lambda_1^2 \lambda_2,$$

де

$$\Lambda = \lambda_1^2 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_2^2 + 2\lambda_1 \lambda_2 \mu + \lambda_1 \mu^2 + \lambda_1^2 \mu + \lambda_2^2 \mu + \lambda_2 \mu^2.$$

Нарешті, врахувавши, що

$$P_{11}(0) = 1, P_{12}(0) = P_{13}(0) = P_{14}(0) = 0, P_{11}'(0) = -\lambda_1,$$

$$P_{12}'(0) = \lambda_1, P_{13}'(0) = P_{14}'(0) = 0, P_{11}''(0) = \lambda_1^2,$$

$$P_{12}''(0) = -\lambda_1^2 - \lambda_1 \lambda_2, P_{13}''(0) = \lambda_1 \lambda_2, P_{14}''(0) = 0,$$

маємо чотири системи для визначення

$$c_{ik} (i = 1, 4, k = 2, 3, 4)$$

$$\begin{cases} c_{12} + c_{13} + c_{14} = 1 - \pi_1, \\ x_2 c_{12} + x_3 c_{13} + x_4 c_{14} = -\lambda_1, \\ x_2^2 c_{12} + x_3^2 c_{13} + x_4^2 c_{14} = \lambda_1^2, \end{cases} \quad (20)$$

$$\begin{cases} c_{22} + c_{23} + c_{24} = -\pi_2, \\ x_2 c_{22} + x_3 c_{23} + x_4 c_{24} = \lambda_1, \\ x_2^2 c_{22} + x_3^2 c_{23} + x_4^2 c_{24} = -\lambda_1^2, \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} c_{32} + c_{33} + c_{34} = -\pi_3, \\ x_2 c_{32} + x_3 c_{33} + x_4 c_{34} = 0, \\ x_2^2 c_{32} + x_3^2 c_{33} + x_4^2 c_{34} = 0, \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} c_{42} + c_{43} + c_{44} = -\pi_4, \\ x_2 c_{42} + x_3 c_{43} + x_4 c_{44} = 0, \\ x_2^2 c_{42} + x_3^2 c_{43} + x_4^2 c_{44} = \lambda_1 \lambda_2. \end{cases} \quad (23)$$

Таким чином, побудовані перехідні ймовірнісні характеристики, які повністю описують функціонування одноканальної системи з двоетапним надходженням вимоги.

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И. Н. Введения в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1966. – 431с.
Gnedenko B.V., Kovalenko I. N. Vvedeniya v teoriyu massovogo obsluzhivaniya [Introduction to queuing theory]. – M.: Nauka, 1966. – 431 s.

2. Боровков А.А. Вероятностные методы в теории массового обслуживания. – М.: Наука, 1972. – 368с.
Borovkov A.A. Veroyatnostnyye metody v teorii massovogo obsluzhivaniya [Probabilistic methods in queuing theory]. – M.: Nauka, 1972. – 368 s.

3. Породников В.Д., Шаташвили А.Д. Об одной системе с изменяющимся входным потоком и групповым обслуживани-

ем // Тез. докл. XXI школы-коллоквиум по т. в. и м. ст.: Тбилиси, 1987. – с.37.
Porodnikov V.D., Shatashvili A.D. Ob odnoy sisteme s izmenyayushchimsya vkhodnym potokom i gruppovym obsluzhivaniyem [About one of a system with a variable input stream and group maintenance] // Tez. dokl. XXI shkoly-kollokvium po t. v. i m. st.: Tbilisi, 1987. – s. 37.

4. Породников В.Д., Шаташвили А.Д. Исследование систем массового обслуживания с переключаемым режимом работы, зависящий от длины очереди // В кн. Эргодическая теория марковских процессов. Всесоюзная школа-семинар, т. докладов Кедвел, 1987. – с. 44-45.

Porodnikov V.D., Shatashvili A.D. Issledovaniye sistem massovogo obsluzhivaniya s pereklyuchayemym rezhimom raboty, zavislyashchiy ot dliny ocheredi [A study of queuing systems with switched-mode, depending on the length of the queue] // V kn. Ergodicheskaya teoriya markovskikh protsessov. Vsesoyuznaya shkola-seminar, t. dokladov Kedvel, 1987. – s. 44-45.

5. Philippe Nain Basic elements of queuing theory. Application to the Modelling of Computer Systems. The University of Massachusetts, 1998. – 110 p.

6. Вотякова Л.А. Напівгрупи напівстохастичних матриць та їх застосування. Канд. дис. – К.: 2004. – 148.

Votyakova L.A. Napivhrupy napivstokhastychnykh matryts ta yikh zastosuvannya [Semigroups half of stochastic matrices and their applications]. Kand. dys. – K.: 2004. – 148.

Votiakova L.A., Dohtieva I.O.

A mathematical model of a single-channel queuing system with increasing intake of applications

Abstract. Mathematical model of queuing system with the receipt of requests consisting of two stages is constructed.

Keywords: queuing system, Markov chain, transition probabilities, exponent distribution

Вотякова Л.А., Дёгтева І.А.

Математическая модель одноканальной системы массового обслуживания с возрастающим поступлением заявок

Аннотация. В работе представлена математическая модель одноканальной системы массового обслуживания, для которой время поступления требования состоит из двух этапов.

Ключевые слова: система массового обслуживания, цепь Маркова, переходные вероятности, показательное распределение

Мартон А.¹, Голомб Р.¹, Міца В.*¹, Вереш М.³, Боркач Є.², Ріго І.¹
Раман спектри та порівняльний аналіз структури стекел розрізів
As₂S₃-GeS₂, As₂S₃-Ge₂S₃, As₂S₃-GeS

¹Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

²Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегово, Україна

³Центр фізичних досліджень Вігнера Угорської академії наук, м. Будапешт, Угорщина

Анотація. Приведені дослідження Раман спектрів стекел розрізів As₂S₃-GeS₂, As₂S₃-Ge₂S₃, As₂S₃-GeS та з використанням першопринципних розрахунків проведена їх структурна інтерпретація.

Ключові слова: Раман спектри, халькогенідні стекла, розрізи As₂S₃-GeS₂, As₂S₃-Ge₂S₃, As₂S₃-GeS, структура стекел

Вступ. Проблема структуроутворення некристалічних твердих тіл є фундаментальною в фізиці твердого тіла [1]. Обширна область склоутворення в потрійній системі Ge-As-S допускає неперервну зміну оптичних параметрів, що важливо при пошуку складів з суцільноу'язаною матрицею структури для створення променевостійких елементів оптики потужних лазерів, нелінійної та інтегральної оптики видимого та ІЧ діапазону, оптичних покриттів і плівкових поляризаторів [1-3]. В той же час дослідження локальної координації атомів в складних стеклах на сьогодні є не чисельними, що пов'язане як з експериментальними, так і з теоретичними складнощами їх вивчення та опису. Ускладнення складу обмежує об'єм структурних даних, що одержують дифракційними методами, і тому на перший план досліджень по схемі склад-структура-дисперсність-властивості виступає метод Раман спектроскопії. Метою даної роботи є дослідження Раман спектрів потрійних стекел системи Ge-As-S та їх структурної інтерпретації.

Методики досліджень. Синтез склоподібних матеріалів системи Ge-As-S здійснювався із елементарних компонент чистоти "ОСЧ" В-5 в кварцевих ампулах. Вихідні компоненти зважувались з точністю до 10⁻⁷ кг і насипались у відпалені кварцеві ампули, які попередньо оброблялись концентрованою азотною кислотою і промивались дистильованою водою. Наповнені шихтою ампули за допомогою газокисневого пальника прогрівались до температури 400-450 К для усунення парів води і запаювались під вакуумом порядку 10⁻⁴ торр. Синтез стекел As_xS_{100-x} проводився повільним нагріванням в трубчастій електричній печі до температури 900 °С та загартовуванням на повітрі до кімнатної температури. Всі зразки відпалювались з метою вилучення залишкових напруг, які виникають в них при загартуванні. Процес синтезу германіймістних потрійних стекел, був дещо складнішим. Спочатку ампула з шихтою нагрівалась з швидкістю 250 К/год до температури 800 К і витримувалась в такому стані протягом 5 годин. Це дозволило зменшити тиск парів сірки у ампулах і запобігти їх розриву в процесі синтезу. Потім температура синтезу підвищувалась до 1200 К з швидкістю порядку 100 К/год. Розплав при цій температурі витримувався протягом 10 год, а потім охолоджувався з швидкістю 1.5*10² К/с (охолодження у воді). Отримані зразки були однорідними і не містили включень кристалічної фази.

Для вимірювань високороздільних Раман спектрів використовувався Bruker IFS-66 інтерферометр з CCD-детектором приєднаний до Bruker FRA 106 Раман модуля. В якості джерела збудження використовувався Nd:YAG лазер з потужністю більше 500 мВт і довжиною хвилі λ₃₆=1064 нм (E₃₆=1.17 eВ). При дослідженнях Раман спектрів стекел вихідна потужність лазерного випромінювання складала 90 мВт. Вимірювання проводились при кімнатній температурі з використанням 180° конфігурації. Роздільна здатність спектрометра складала ~1 см⁻¹. Для вимірювання мікро-Раман в стеклах використовувались також система Renishaw System 1000. Для збудження розсіювання в цьому випадку використовувався діодний лазер з довжиною хвилі λ₃₆₁=785 нм., (відповідна енергія фотонів E₃₆₁=1.58 eВ).

З метою підвищення достовірності інтерпретації експериментальних даних, та для розуміння процесів, які відбуваються в халькогенідах при опроміненні, в роботі було використано серію першопринципних розрахунків таких характеристик кластерів (фрагментів структури) як оптимальна геометрія, частоти коливань (включаючи Раман-активності), стабільність, енергія утворення, значення енергетичної щільності тощо. Для розрахунків в основному використовувались такі пакети квантово-механічних програм як GAMESS (US) [4] та GAUSSIAN-03 [5]. В якості базисних наборів при розрахунках використовувались як відомі, так і модифіковані нами базисні набори.

Результати та їх обговорення. На рис. 1. представлені спектри Раман спектри скло-подібного c-As₄₀S₆₀(As₂S₃), зняті при різних довжинах хвиль лазерного збудження. Порівняння цих спектрів дає можливість виявити відмінності, які виникають в спектрах при збудженні Раман-сигналу різними енергіями фотонів. Вони наступні: 1) змінюється ширина смуг та їх положення; 2) відбувається перерозподіл інтенсивності смуг; 3) в спектрах знятих при E₃₆≥2.41 eВ помітно проявляється смуга біля 700 см⁻¹. В [3] була розглянута модель наногетероморфного склоутворення, згідно якої матрицю структури склоподібного дисульфиду германію можна розглядати як сукупність кластерів, що являють собою фрагменти всіх відомих в системі кристалів. Так, в системі As-S відомі молекулярні кристали низькотемпературної і високотемпературної фаз As₂S₃, відповідно орпімента та анорпімента, узоніту As₄S₅, диморфіту (d-As₄S₃) та різні модифікації As₄S₄ [1-3,6].

* corresponding author, e-mail: v.mitsa@gmail.com

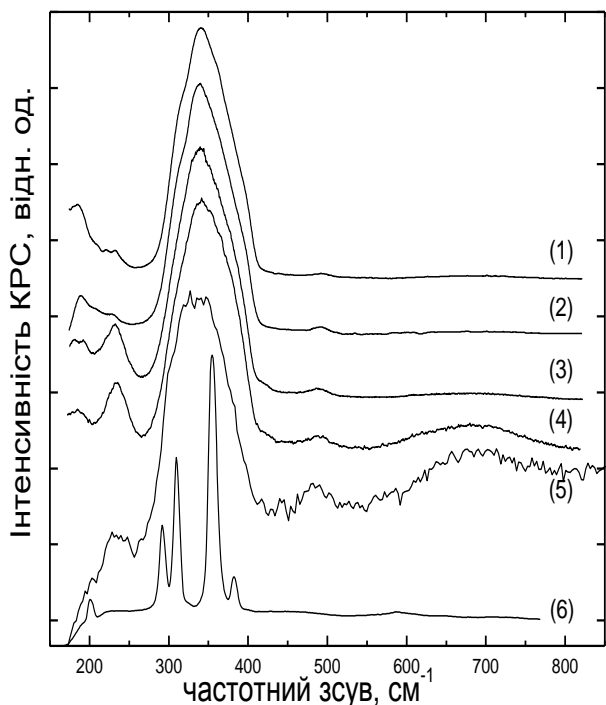


Рис. 1. Залежність Раман спектрів $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$ (As_2S_3) від довжини хвилі лазерного збудження

- 1) $\lambda_{36.1}=1064$ нм;
- 2) $\lambda_{36.2}=785$ нм; 3) $\lambda_{36.3}=632.8$ нм;
- 4) $\lambda_{36.4}=514.5$ нм;
- 5) $\lambda_{36.5}=488$ нм; 6) Раман спектр полікристалічного аурипігменту As_2S_3 .

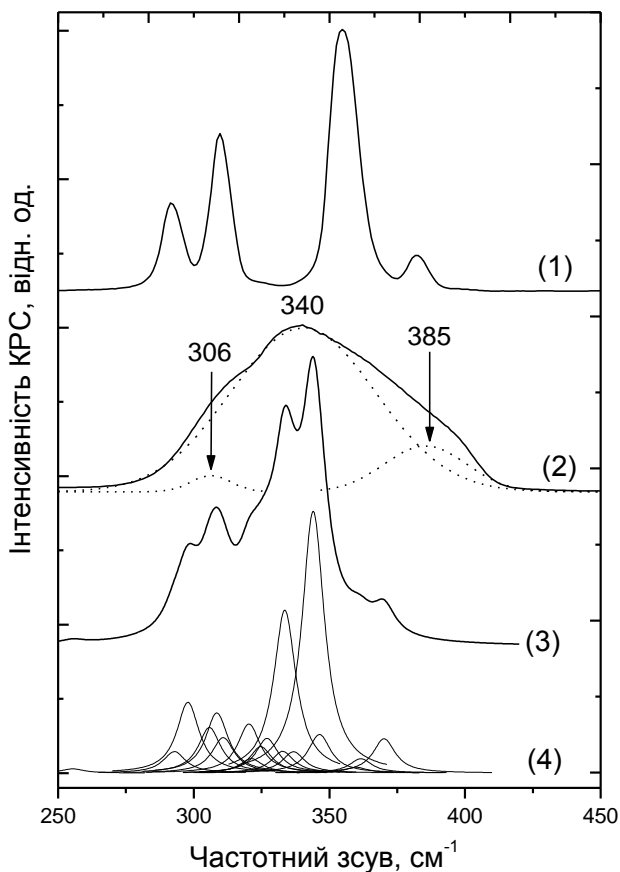


Рис. 2. Раман спектри полікристалічного аурипігменту As_2S_3 (1) та склоподібного As_2S_3 (2) та розрахований спектр кластеру орпімента As_6S_{12} : (3) – інтегральний спектр; (4) – спектр з окремих гаусіан.

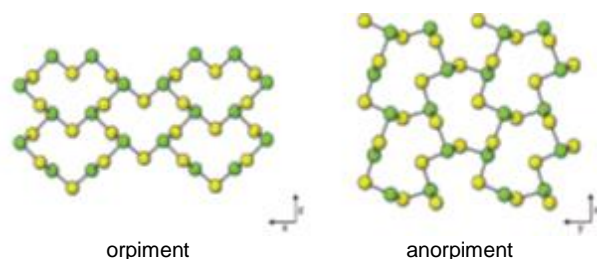


Рис. 3. Фрагменти кристалічної структури низькотемпературної (орпімента) та високотемпературної фаз (анорпімента) трисульфиду миш'яку (As_2S_3) [6].

Розпочнемо структурну інтерпретацію Раман спектру спектри стехіометричного складу $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$ ($c\text{-As}_2\text{S}_3$), знятого при $\lambda_{36.1}=1064$ нм (рис. 1, крива 1), в рамках найпростішого молекулярного наближення. Це наближення дає можливість зробити висновок, що складна смуга в Раман спектрі $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$ з максимумом при 340 cm^{-1} та перегином при 311 cm^{-1} відповідає симетричним та асиметричним валентним коливанням пірамід AsS_3 (рис. 1, крива 1) [2]. Розрахунки коливного спектру в рамках кластерного наближення приведені на рис.2, де зроблено порівняння розрахованого Раман спектру 12-членного кільця орпімента (рис. 3), сформованого із пірамід AsS_3 (кластер As_6S_{12}), типового як для анорпімента так і для кристалічного орпімента As_2S_3 , з експериментальними Раман спектрами полікристалічного орпімента та склоподібного As_2S_3 . Як видно, розрахований теоретично інтегральний спектр кластеру As_6S_{12} (рис. 2, крива 3) добре відтворює експериментальний спектр полікристалічного зразка окрім одного важливого виключення: положення основних смуг в полікристалічному зразку орпімента спостерігається при 310 і 355 cm^{-1} , тоді як розрахованому інтегральному смуги спостерігаються при 334 і 344 cm^{-1} . Відмітимо, що смуга при 330 cm^{-1} є найбільш інтенсивною в Раман спектрі недавно відкритого кристалу анорпімента [6]. Аналіз співіснування в матриці структури $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$ кластерів анорпімента і орпімента потребує подальшого вивчення, результати якого будуть приведені в наступних роботах.

Зосередимось далі на виявлених в Раман спектрі $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$, (рис. 1) слабоінтенсивних смуг при 187 , 222 cm^{-1} та перегиноу при 360 cm^{-1} та смуги при 233 cm^{-1} . Поєднання приведених в табл. 1 розрахованих даних частот коливань молекул реальгару та парареальгару спільно з аналізом Раман спектру (рис. 1) вказує на те, що в матриці структури $c\text{-As}_{40}\text{S}_{60}$ присутня невелика кількість нанофазних включень молекул реальгару $\beta\text{-As}_4\text{S}_4$ і парареальгару $\rho\text{-As}_4\text{S}_4$. Із зростанням енергії збудження Раман сигналу виявлено ряд ефектів вказаних вище, пов'язаних з можливою модифікацією молекул As_4S_4 . Оскільки зміни в Раман спектрах пов'язані в основному в області коливань кластерів As_4S_4 (див. табл. 1), то для пояснення процесів, які відбуваються, при опроміненні лазерним випромінюванням слід проводити аналіз коливних спектрів кристалічних модифікацій As_4S_4 . Якщо β - і $\alpha\text{-As}_4\text{S}_4$ кристалічні модифікації реальгару відрізняються тільки упаковкою однотипних молекул As_4S_4 в кристалічну ґратку, то в парареальгарі відмінною є також локальна структура молекул As_4S_4 [2].

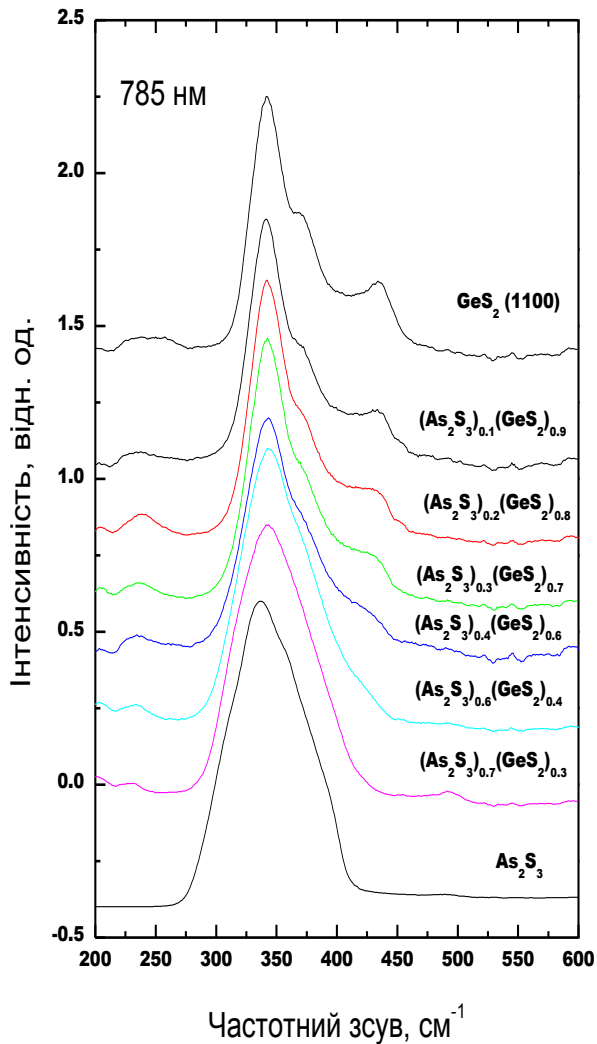


Рис. 4. Раман спектри стекел розрізу $(As_2S_3)_x(GeS_2)_{100-x}$ ($\lambda_{36,2}=785$ нм)

Таблиця 1. Частоти коливань (ν), інтенсивності КРС (I^{KPC}), силові постійні (f) КР-активних ($I^{KPC} > 3 \text{ \AA}^4/\text{a.o.m.}$) валентних та деформаційних мод $\alpha(\beta)$ - As_4S_4 і p - As_4S_4 , розраховані методом DFT (B3LYP/6-311 G*).

ν, cm^{-1}	$I^{KPC}, \text{\AA}^4/\text{a.o.m.}$	$f, \text{мДин/\AA}$	ВІДНЕСЕННЯ
$\alpha(\beta)$ - As_4S_4			
171/181*	7.1	1.2	$\nu_{\text{np}}(\text{As-As})$
178/188*	15.7	1.2	$\nu_{\phi}(\text{As-As})$
219	3.2	1.7	$\delta(\text{S-As-S})$
220	10.5	2.0	$\delta(\text{As-S-As})$
228	4.1	1.1	$\delta(\text{S-As-S})$
347	13.7	2.8	$\nu_{E+A}(\text{S-As-S})$
362	43.9	2.8	$\nu_A(\text{S-As-S})$
p - As_4S_4			
174	10.5	0.8	$\delta(\text{S-As-S})$
186	5.5	0.8	$\delta(\text{S-As-S})$
207	6.4	1.5	$\delta(\text{As-S-As})$
218/228*	10.9	1.9	$\nu_A(\text{As-As-As})$
222/232*	3.4	2.0	$\nu_E(\text{As-As-As})$
240	6.9	2.1	$\delta(\text{As-S-As})$
315	3.6	2.2	$\nu(\text{As-S}) + \nu_A(\text{S-As-S})$
331	4.3	2.5	$\nu_E(\text{S-As-S})$
336	19.8	2.4	$\nu_A(\text{As-S})$
347	33.0	2.6	$\nu_A(\text{As-S-As})$

δ, ν, A, E, ϕ і $\nu\phi$ – деформаційні і валентні, симетричні, несиметричні, фазні, протифазні коливання відповідно; * – кореговані частоти As-As коливань

Тому перерозподіл інтенсивностей в області валентних коливань As-As (табл. 1) відображає трансформацію $\alpha(\beta)$ - $As_4S_4 \rightarrow p$ - As_4S_4 (рис. 1, криві 2-5): зменшення інтенсивностей смуг при 187 і 220 cm^{-1} (характерних для $\alpha(\beta)$ - As_4S_4) супроводжується одночасним зростанням інтенсивностей смуг при ~ 230 - 239 cm^{-1} (характерних для p - As_4S_4). Крім того, зрозумілими є і зміни в області валентних коливань As-S: зменшення інтенсивності дублету 342 і 362 cm^{-1} (α, β - As_4S_4) супроводжується зміщенням цих піків до ~ 330 - 336 і 349 cm^{-1} (p - As_4S_4). Таким чином, щоб уникнути поліморфних перетворень реальгар-парареальгар при зменшенні довжини хвилі збуджуючого випромінювання від $\lambda_{36,1}=1064 \text{ нм}$; $\lambda_{36,2}=785 \text{ нм}$; $\lambda_{36,3}=632.8 \text{ нм}$; $\lambda_{36,4}=514.5 \text{ нм}$; до $\lambda_{36,5}=488 \text{ нм}$ при дослідженні Раман спектрів потрійних стекел системи Ge-As-S з можливими нанофазними включеннями, нам потрібно було вибрати джерела збудження Раман сигналу як мінімум в інфрачервоній області випромінювання – $\lambda_{36,1}=1064 \text{ нм}$; $\lambda_{36,2}=785 \text{ нм}$.

Як видно з рис. 4, для стекел розрізу As_2S_3 - GeS_2 максимуми, характерні для c - GeS_2 , починають проявлятися в Раман спектрах починають проявлятися в Раман спектрах стекел, що містять не менше 40 мол. % GeS_2 (рис. 4., крива 3). В Раман спектрі складу $(As_2S_3)_{60}(GeS_2)_{40}$, крім найбільш інтенсивної смуги при 340 cm^{-1} , спостерігається перегин біля 375 cm^{-1} і виникає новий максимум біля 435 cm^{-1} .

В рамках кластерної моделі будови стекел максимуми при 375 cm^{-1} і 435 cm^{-1} можна віднести до коливань чотирьохчленних кілець із тетраєдрів $GeS_{4/2}$, зв'язаних ребрами [7]. Смуги при 375 і 435 cm^{-1} однаково підсилюються в резонансних спектрах КР при використанні в якості джерела збудження аргонного лазера з $\lambda = 480 \text{ нм}$ [8,9]. Для стекел $(As_2S_3)_x(GeS_2)_{100-x}$ при $100 \leq x \leq 60$ слабоінтенсивні смуги в області 190-300 cm^{-1} можна розглядати як результат накладання смуг, що зумовлені коливаннями атомів в нанофазних включеннях β - As_4S_4 при 187, 222 cm^{-1} та парареальгару p - As_4S_4 біля 200 та 230 cm^{-1} (див. табл. 1). Із зростанням відношення до $Ge/S=0,5$ в потрійних стеклах при $0 \leq x \leq 40$ в області 200-300 cm^{-1} проявляється слабоінтенсивна складна смуга з максимумом біля 250 cm^{-1} . Для збільшення достовірності її віднесення розглянемо як впливає інтенсивність цієї смуги при збільшенні відношення $Ge/S=0,66$ в склоподібному c - Ge_2S_3 (рис. 5).

Одночасно з ростом смуги при 250 cm^{-1} в Раман спектрі c - Ge_2S_3 зростає інтенсивність коливань біля 400 cm^{-1} . Цей одночасний ріст інтенсивностей обох смуг можна зв'язати з появою в структурі скла "дефектних" 5-и членних кільцевих кластерів, коливання Ge-Ge зв'язків яких, чітко проявляються при 255 і 400 cm^{-1} . В ранніх роботах такі коливання були віднесені до "етаноподібних" молекул, що з'являються в матриці структури стекел системи Ge-S при відношенні $Ge/S > 0,5$ [1]. В порівнянні з c - GeS_2 ($Ge/S=0,5$) з подальшим зростанням відношення Ge/S в c - Ge_2S_3 ($Ge/S=0,66$) відбувається деполімеризація шаруватих кластерів шляхом відщеплення від 6-тичленних кілець 4-членних $Ge_2S_{2+4/2}$, на що вказує зменшення інтенсивності коливань біля 370 і 430 cm^{-1} (рис. 5. крива 3).

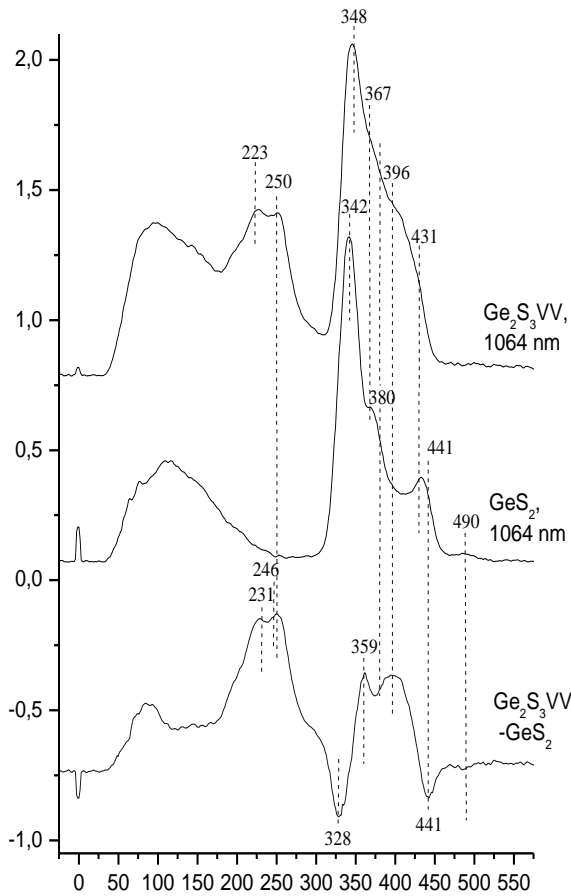


Рис. 5. Раман спектри Ge_2S_3 , $\text{GeS}_2(\text{T}_2\text{V}_2)$ та диференційний спектр $\{\text{I}_R\text{Ge}_2\text{S}_3 - \text{I}_R\text{GeS}_2(\text{T}_2\text{V}_2)\}$

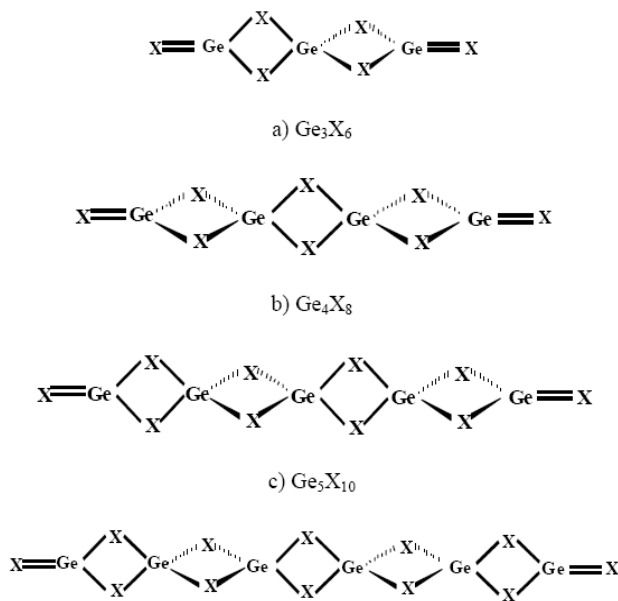


Рис. 6. Структура кластерів сульфиду германію ($\text{X}=\text{S}$) [10]

Можливість утворення ланцюгів із 4-членних кілець $\text{Ge}_2\text{S}_{2+4/2}$ деполімеризації ілюструє рис. 6. Кінцеві атоми сірки з подвійними зв'язками $\text{Ge}=\text{S}$ в розрахованому коливальному спектрі кластерів Ge_nS_m , приведених на рис. 6, мають частоти коливань, що лежать від 500 до 550 cm^{-1} [10].

Як видно з рис. 5, в експериментальному спектрі як c-GeS_2 так і $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ в цьому інтервалі дійсно присутні слабоінтенсивні коливання. Подібне частотне положення мають коливання кінцевих атомів $\text{As}=\text{S}$ в гронаподібних кластерах As_nS_m , що вже експериментально виявлено в Раман спектрі $\text{c-As}_2\text{S}_3$, загартованого від 500°C [11]. Про утворення одиночних S-S зв'язків в дефектних кільцевих кластерах $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (S-S) свідчить слабо інтенсивна смуга при 492 cm^{-1} (рис. 4). Подібно до нанофазних включень реальгару та парареальгару в $\text{c-As}_2\text{S}_3$, ідентифікованих по даним аналізу Раман спектру (рис. 1), в різнищевому спектрі стекло Ge_2S_3 та $\text{GeS}_2\{\text{I}_R\text{Ge}_2\text{S}_3 - \text{I}_R\text{GeS}_2(\text{T}_2\text{V}_2)\}$ (рис. 5.) в тій же спектральній області як і в Раман спектрі $\text{c-As}_2\text{S}_3$ (рис. 1) чітко появляється складна смуга з максимумом при 231 cm^{-1} , характерна для коливань атомів в кластерах на основі пірамід $\text{SGe}_{3/3}$ з потрійно координованою сіркою по германію. Другий максимум коливань кластерів на основі $\text{SGe}_{3/3}$ в розрахованому і експериментальному різнищевому спектрі $\{\text{I}_R\text{Ge}_2\text{S}_3 - \text{I}_R\text{GeS}_2(\text{T}_2\text{V}_2)\}$ проявляється при 246 cm^{-1} (рис. 5, крива 3). Тобто складна смуга в Раман спектрі $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ в області коливань від 200 до 280 cm^{-1} (рис. 5) може виникати внаслідок накладання частот коливань дефектних 5-и членних кільцевих кластерів з Ge-Ge зв'язками при 250 cm^{-1} і коливань кластерів з потрійною координацією Ge при 200, 230 і 246 cm^{-1} , характерних для кристалічного моносульфіду германію [1].

Порівнюючи їх інтенсивність в Раман спектрах c-GeS_2 та $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ (рис.5) можна сказати, що в матриці структури $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ формуються нанофазні включення $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (Ge-Ge) і $\text{SGe}_{3-3/6/3}$, вміст яких перевершує їх вміст в c-GeS_2 . Аналогічно до виявлених раніше [12] нанофазних включень вільного Ge в плівках на основі $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$, нами виявлений перегин біля 300 cm^{-1} в різнищевому спектрі $\{\text{I}_R\text{Ge}_2\text{S}_3 - \text{I}_R\text{GeS}_2(\text{T}_2\text{V}_2)\}$ (рис. 5) розміщений в області частот, де проявляються коливання аморфного германію a-Ge [1]. Це дає підставу говорити про наявність також і в склі $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ нанофазних включень вільного германію. Таким чином порівняльний аналіз Раман спектрів c-GeS_2 і $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ вказує на те, що збільшення відношення Ge/S в останньому приводить до формування структури $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ шестичленними кільцями $\text{Ge}_3\text{S}_{3+6/2}$, чотирьохчленними кільцями $\text{Ge}_2\text{S}_{2+4/2}$, дефектними п'ятичленними кільцями $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (S-S), $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (Ge-Ge), $\text{SGe}_{3-3/6/3}$ та кластерами на основі с.о. $\text{Ge}_4/4$.

Розглянемо далі еволюцію Раман спектрів розрізу $(\text{Ge}_2\text{S}_3)_x (\text{As}_2\text{S}_3)_{100-x}$ (рис. 6). Положення основних смуг в Раман спектрі скла цього розрізу з $x=80$ подібне до положення смуг в $\text{c-Ge}_2\text{S}_3$ (рис. 5), структурна інтерпретація коливних смуг якого проведена вище. Для $x=60$ в Раман спектрі стекло $(\text{Ge}_2\text{S}_3)_x (\text{As}_2\text{S}_3)_{100-x}$ чітко проявляються смуга при 270 cm^{-1} , яка є однією із найбільш інтенсивних смуг в Раман спектрі кристалічного As_4S_3 [8], сформованого замкнутими кластерами As_4S_3 , розрахунки коливань якого представлені в табл. 2. В області 180- 240 cm^{-1} в Раман спектрі цього скла з'являються смуги, характерні для реальгару та парареальгару (рис. 7). Смуга при 340 cm^{-1} скла з $x=60$ вказує на присутність в мА-триці структури кілець $\text{Ge}_3\text{S}_{3+6/2}$, а смуги з максимумом біля 250 і 400 cm^{-1} – на наявність кілець $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (Ge-Ge).

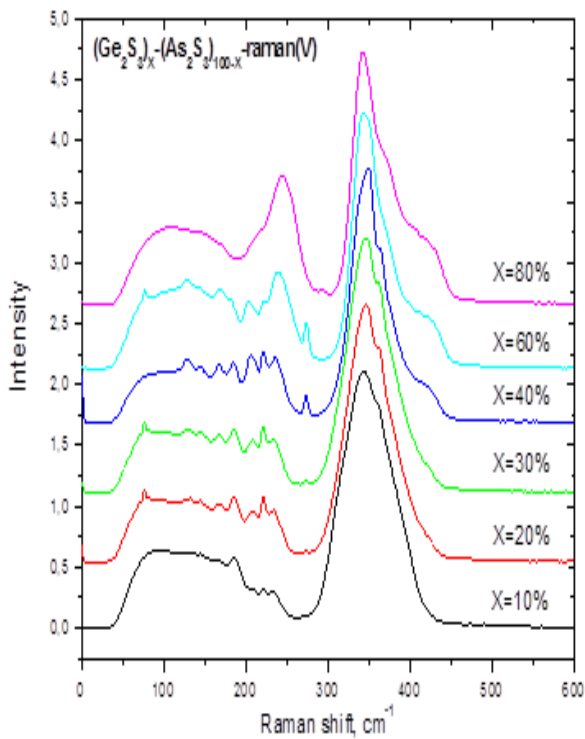


Рис. 7. Раман спектри стекел розрізу $(\text{Ge}_2\text{S}_3)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{100-x}$ ($\lambda_{\text{об.2}}=785$ нм)

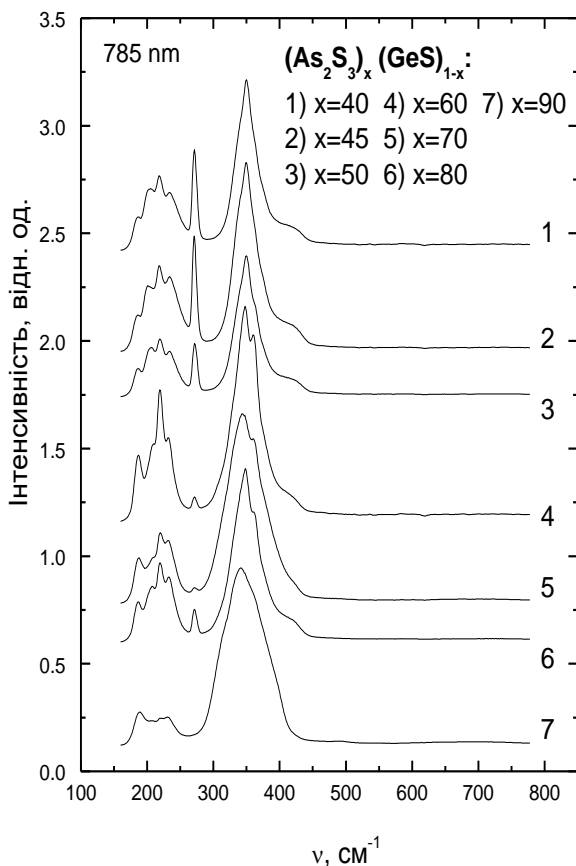


Рис. 8. Раман спектр стекел розрізу $(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{GeS})_{100-x}$ ($\lambda_{\text{об.2}}=785$ нм)

З ростом x від $x=60$ до $x=10$, інтенсивність смуги при 270 cm^{-1} зменшується, а інтенсивність коливань характерних для $\beta\text{-As}_4\text{S}_4$ та $\gamma\text{-As}_4\text{S}_4$ до $x=20$ залишається значною. Одночасно з ростом x відповідно зме-

ншенням відношення Ge/S в потрійних стеклах, зменшується інтенсивність коливань в області $400\text{-}450 \text{ cm}^{-1}$, що свідчить про зменшення долі в матриці структури стекел шестичленних кілець $\text{Ge}_3\text{S}_{3+6/2}$ та п'ятичленних кілець $\text{Ge}_3\text{S}_{5+4/2}$ (Ge-Ge). При наближенні до $\text{s-As}_2\text{S}_3$ ($x=10$) Раман спектр потрійного скла подібний до Раман спектру бінарного $\text{s-As}_2\text{S}_3$ (рис. 1).

При збільшенні відношення $\text{Ge/S}=1$ для крайнього члену $(\text{GeS})(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{GeS})_{100-x}$, Раман спектр скла при $x=90$ (рис. 8) подібний до Раман спектру скла розрізу $(\text{Ge}_2\text{S}_3)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{100-x}$ при аналогічному вмісті As_2S_3 (рис. 7). Тобто для потрійних стекел обох розрізів, близьких до As_2S_3 структура є подібною. Із зростанням x домінуючою в області $180\text{-}300 \text{ cm}^{-1}$ є складна смуга з максимумом 218 cm^{-1} , на височастотному крилі якої помітною є добре розділена смуга при 232 cm^{-1} , а на низькочастотному крилі чітко видно дві смуги при 187 і 208 cm^{-1} . Найбільш інтенсивні із смуг при 218 та 232 cm^{-1} є характерними для коливань зв'язків As-As в молекулах реальгару та паралельгару відповідно (табл. 1). При $90 \leq x \leq 60$ інтенсивність максимуму при 218 cm^{-1} зростає, що супроводжується роздвоєнням найбільш інтенсивного максимуму при 340 cm^{-1} і виникненням чіткої смуги при 361 cm^{-1} . Ріст обох смуг чітко свідчить про зростання в матриці структури потрійних стекел нанофазних включень, характерних для $\beta\text{-As}_4\text{S}_4$. При $50 \leq x \leq 40$ інтенсивність смуг, характерних для коливань атомів в $\beta\text{-As}_4\text{S}_4$ зменшується і в Раман спектрі в області $180\text{-}300 \text{ cm}^{-1}$ починає домінувати коливна мода при 270 cm^{-1} , характерна для коливань зв'язків As-As в As_4S_3 (табл. 2), інтенсивність якої неперервно зростає починаючи з $x=70$. Ріст інтенсивності при 270 cm^{-1} супроводжується зсувом коливної моди від 340 cm^{-1} ($x=60$) до 350 cm^{-1} , тобто в бік розміщення коливань валентних зв'язків As-S в As_4S_3 (табл. 2).

Таблиця 2. Частоти ν (cm^{-1}) та Раман-інтенсивності $I^{\text{Раман}}$ ($\text{\AA}^4/\text{а.о.м.}$) коливань кластеру As_4S_3 , розраховані методом DFT/Stuttgart RLC ECP (nd).

Кластер	ν, cm^{-1}	$I^{\text{Раман}}$
As_4S_3	180	4.2
	187	7.7
	198	6.8
	201	7.0
	228	8.4
	271	28.4
	327	4.6
	329	4.5
	357	21.1
	368	2.0
	369	2.3

Висновки. При відхиленні складу потрійних стекел від складу стекел псевдобінарного розрізу $\text{As}_2\text{S}_3\text{-GeS}_2$ і збільшенні відношення Ge/S від $0,5$ (GeS_2) до $0,66$ (Ge_2S_3) і до $1,0$ (GeS) в крайніх членах розрізів $\text{As}_2\text{S}_3\text{-GeS}_2$, $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Ge}_2\text{S}_3$, $\text{As}_2\text{S}_3\text{-GeS}$ відповідно, в матриці структури потрійних стекел $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Ge}_2\text{S}_3$, $\text{As}_2\text{S}_3\text{-GeS}$ з ростом Ge/S в області проміжних складів наростає виділення нанофаз реальгару, паралельгару (As_4S_4) та диморфіту (As_4S_3). При зростанні відношення Ge/S в стеклах $(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{GeS})_{100-x}$ при $x=45$ домінує виділення нанокластерів диморфіту As_4S_3 .

REFERENCES (TRANCELATED END TRANCELITERATED)

1. Fekeshgazi I., May K., Mitsa V., Vakaruk A. Physics and Applications of Non-Crystalline Semiconductors in Optoelectronics / edited by A. Andriesh, and M. Bertolotti, Kluwer Academic Publishers, NATO ASI Series 3, High Technology., – 1997 – Vol. 36. 243 p.
2. Mitsa V., Holomb R., Veres M., Koós M.. Raman szórás nano-szerkezetű kalkogénid üvegekben. Hungarian Academy of Sciences .Budapest: Intermix Kiadó, – 2009. – 104 p.
3. Mitsa V., Holomb R., Veres M., Marton A., Rosola I., Fekeshgazi I., Koós M.. Non-linear optical properties and structure of wide band gap non-crystalline semiconductors. // *Phys. Stat. Sol. C*. 2011. – Vol.8, №9. – P. 2696-2700.
4. Schmidt M.W., Baldrige K.K., Boatz J.A., Elbert S.T., Gordon M.S., Jensen J.H., Koseki S., Matsunaga N., Nguyen K.A., Su S., Windus T.L., Dupuis M., Montgomery J.A. General Atomic and Molecular Electronic Structure System // *J. Comput. Chem.* – 1993. – Vol.14. – P. 1347-1363.
5. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., Scuseria G.E., Robb M.A., Cheeseman J.R., Montgomery J.A.Jr., Vreven T., Kudin K.N., Burant J.C., Millam J.M., Iyengar S.S., Tomasi J., Barone V., Mennucci B., Cossi M., Scalmani G., Rega N., Petersson G. A., Nakatsuji H., Hada M., Ehara M., Toyota K., et al. Gaussian 03, Revision B.05. – Pittsburgh PA.: Gaussian, Inc. – 2003.
6. Kampf A.R., Downs R.T., Housley R.M, Jenkins R., Hyrsl J. / Anorpiment, As_2S_3 , the triclinic dimorph of orpiment // *Mineralogical Magazine*. – 2011. – Vol. 75(6) – P. 2857-2867.
7. Mitsa V., Golomb R., Lovas G., Veresh M., Borkach E., Kovacs T., Rigo I./ Effect of fragments of low-and high-temperature crystalline phases in germanium disulfide formation of mixed middle order in the technologically modified glassy c-GeS₂: difference Raman spectra and first principle calculations (Ukrainian) // *Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences*, I(2), Issue: 15, – 2013. P. 62-66.
8. Holomb R., Mitsa V., Johansson P., Mateleshko N., Matic A., Veresh M. Energy-dependence of light-induced changes in g-As₄₅S₅₅ during recording the micro-Raman spectra // *Chalcogenide Letters* – 2005. – Vol. 2, №7. – pp. 63-69.
9. Holomb R., Mateleshko N., Mitsa V., Johansson P., Matic A., Veres M. New evidence of light-induced structural changes detected in As-S glasses by photon energy dependent Raman spectroscopy // *J. Non-Cryst. Sol.* – 2006. – Vol. 352. – P. 1607-1611.
10. Fejes I. Billes F. /Investigation of the structural units of germanium sulfide and selenide by quantum chemical methods// *J. Quantum Chemistry*.- 2001. –Vol. 85. –Pp. 85-91 .
11. Shpotyuk O., Kozyukhin S., Shpotyuk Ya., Demchenko P., Mitsa V., Veres M. / Coordination disordering in near-stoichiometric arsenic sulfide glass// *Journal of Non-Crystalline Solids* .- 2014.- Vol. 402. – P. 236–243.
12. Gamulin O., Ivanda M., Mitsa V. ,Spectroscopy studies of structural phase transitions of chalcogenide glass thin films Ge₂S₃-As₂S₃ at coordination number 2.67// *Solid State Communication*. - 2005. - Vol.135 (11-12). -P.753-758.
13. Gamulina O., Ivanda M.,Mitsa V.,Balarina M.Kosović M. /Monitoring structural phase transition of (Ge₂S₃)_x(As₂S₃)_{1-x} chalcogenide glass with Raman spectroscopy// *Journal of Molecular Structure*. -2011.-Vol. 993, Issues 1–3.-Pp. 264–268.

Мартон А., Голуб Р., Мица В., Вереш М., Боркач Е., Ріго І.

Раман спектры и сравнительный анализ структуры стекол розрезов $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS

Аннотация. Приведены исследования Раман спектров стекол розрезов $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS и с использованием первопринципных расчетов проведена их структурная интерпретация

Ключевые слова: Раман спектры; халькогенидные стекла; розрезы $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS ; структура стекол

Marton A., Golomb R., Mitsa V., Veresh M., Borkach E., Rigo J.

Raman spectra and comparative analysis of the glass structure of the systems $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS

Annotation . There was investigated Raman spectra of glasses along line $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS and done their structural interpretation.

Keywords: Raman spectra; chalcogenide glasses; line $As_2S_3-GeS_2$, $As_2S_3-Ge_2S_3$, As_2S_3-GeS ; glassy structure

TECHNICAL SCIENCES

Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Kholod E.G.

Some aspects of constructing of the high-efficiency multiprocessor system

Ivaschenko Valeriy Petrovich, Doctor of engineering sciences, Professor, rector of the National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

Shvachych Gennady Grigorievich, Doctor of engineering sciences, Professor, Manager by a department of the National metallurgical academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

Kholod Elena Grigorievna, Cand. of Sc. (Technical Studies), Associate Professor, Professor of the Department of Economic Cybernetics and Mathematical Methods in Economics Alfred Nobel University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Abstract. The paper is devoted to the modeling of high-performance multiprocessor architecture for data processing systems used to solve problems with an expandable calculations' area. The proposed system is characterized by high reliability and high energy efficiency. The system contains a separate reconfigurable network for the exchange of data between computing nodes, managed switches. The system also provides network booting nodes and redundancy mechanism of key components.

Keywords: multi-processor computer system, managed switches, reconfigurable network, compute nodes, memory buffers, components of a computer system

Introduction. The need in high-performance computing in the world belongs to the fundamentals of the strategic potential and has important scientific, technological and national economic significance. To date, there are two basic methods of increasing productivity and performance of computing systems: the use of more advanced element base; parallel execution of computational operations.

The first method involves a very significant investment. Experience of the firm *CRAY*, which has created a supercomputer based on gallium arsenide showed that the development of a fundamentally new element base for high performance computing systems is a daunting task even for such big-name corporations. The second method dominates after the announcement of the government program "*Accelerated Strategic Computing Initiative*" (*ASCI*) in the United States.

Given the above, we note that in recent years the process of creating high-performance systems developed mainly in one direction: combining many parallel processors for the solution of a large and complex problem [1-4]. In this regard, one often identifies today a concept between a supercomputer and parallel (multiprocessor) computer system. To build supercomputers one takes serial microprocessors provided with their local memory and connected via a communications medium. This architecture has many advantages: if necessary, one can add processors, increasing the productivity of the cluster; if financial resources are limited or the necessary computing power is known in advance it is easy to select the desired system configuration. The name of such systems emphasizes theoretically unlimited scalability devices of this class.

Analysis of ways to develop high-performance systems shows that the real turning point in mastering the parallel computing technologies can be achieved in the developing of additional (actually base) level in the hierarchy of capacities of hardware multiprocessor computing systems *MPP*-architecture or the personal computing clusters. Thus, it is proposed to establish the foundation of the pyramid hardware technology for parallel computing as personal computing clusters similar to the existing instruments with tradi-

tional technologies in the form of sequential computations as the *PC*. As computers have ceased to be exotic after widespread of the *PCs* as well mastering techniques of parallel computing is only possible as a result of widespread use of the *PCs*. In this case, if the beginning of the common use of *PCs* belongs to the other half of eighties, the mid-first decade of XXI century should be considered the beginning of the spread of personal calculable clusters in the form of multiprocessor computer systems with distributed memory. Scope of these systems application is very wide: mastering the parallel computing technology, creation and debugging of parallel programs, including problem-oriented packages and libraries, as well as run of the model developed software.

This paper shows that the problems that arise when developing parallel computing systems usually are paramount and require in-depth study and research. Indeed, a distributed (parallel) computer modeling covers the entire spectrum of modern computing: supercomputers, cluster computing systems, local and wide area networks, etc. In addition, distributed modeling permits to solve problems that require large amounts of *CPU* time to integrate mathematical models processed on different (including geographically distant) computer systems. In this regard the problem of designing computing clusters, as well as the development of numerical algorithms for parallel processors are relevant and paramount.

Statement of the problem. The work is devoted to the modeling of high-performance multiprocessor architecture of data processing systems used to solve problems with the expanding field of computing. At the same time there is difference grid dimension M ; time of computing the problem by using a single-processor system is determined by the value t . This parameter is not determinative. The principle is increasing of the grid size, wherein more than one that may be processed in the memory of one processor. This procedure is decisive for a more detailed calculation or getting some new effects of the investigated processes. To solve this class of problems we propose multi-processor system which is characterized by high

reliability and high energy efficiency. The technical result is achieved due to the fact that the system contains a separate re - configured network for the exchange of data between computing nodes, more manageable and running in parallel switches, the intermediate buffer memory switches. Such a system also provides nodes' network booting and the mechanism to reserve key components.

Analysis of recent research and publications. In modern conditions the cluster systems are constructed by use of computing nodes based on standard processors connected by high-speed system network (interconnect), and, usually, by auxiliary and service networks. However, in recent years the leaders in manufacturing hardware computer technology offer a form factor: in particular, the companies *IBM*, *LinuxNetworx* and others have at their disposal a cluster solution built on the basis of so-called blade technology. In the practice of parallel computing the following problem is considered: there is difference grid dimension M ; computation time when using a single-processor system is determined by the value t . This parameter is a decisive and critical. Principle is to reduce the time for solving the problem. The procedure itself is determinant for design of new processes to meet the challenges of medicine, military affairs, and others.

There are many computing systems with the shared memory which are oriented on solving of the task. These systems involve the processors united with definite computation environment. Among them there are *Intel Paragon*, *IBM SPI*, *Parsytec*, *Blackford MultiCore* and others. The differences between these systems depend on the type of processors and the structure of communicative area. The typical example of such systems may be presented by the cluster *Blackford MultiCore* [5].

Nevertheless, it should be noted the following disadvantages of a multiprocessor system:

1. Low real productivity solutions of strongly coupled tasks.

This disadvantage due to the fact that the peak performance of the compute node is equal to 37.28 *GFLOPS*, and the communication environment for all nodes in the cluster system could exploit one Gigabit network.

2. The high cost of the system.

Lack of is predetermined by application processors specialized components, housings format $1U/2U$, specialized air conditioning systems, high-power *UPS* systems, and more.

3. High power consumption and high operating costs of the system. The reason is the need for high energy consumption for infrastructure the entire cluster system (8 *kVA*, 10 *kVA*), which increases the cost of holding the cluster. To create conditions for the reliable operation of the cluster we need to reserve the necessary components to form a cluster, and this, in turn, increases the cost of operating a cluster system.

4. Complexity of the cluster operating.

The reasons for this lack can be explained by two factors. Firstly, there is a need to retain staff of certified specialists for adjustment, operation and maintenance of the cluster system. Second, the operating system is installed on each of the compute nodes, so in the event of failure or the need for changes in the system or software one has to migrate each node separately. All this leads to an increase in system downtime.

It is also known that the efficiency of the parallel computations significantly depends on many factors, one of the most important is the specificity of the data transfer between neighboring nodes of a multiprocessor system, because this slowest part of the algorithm can negate the effect of increasing the number of processors used. These questions considered to be critical in the process of modeling of a wide class of problems with the help of modular multiprocessor systems and today these are being addressed by many researchers [4, 5, 10].

In practice of parallel computing the known module of a high effective multiprocessor system on high alert contains [6] one master node (*MNode001*) and five slave-computing nodes (*NNode001*, *NNode002*, *NNode003*, *NNode004*, *NNode005*), three controlled switch (*SW1*, *SW2*, *SW3*), intermediate buffer memory switches, re-configured network for the data exchange between computing nodes, virtual *LANs*, the redundancy mechanism of key components, and also provides network booting nodes. Commutative network multiprocessor computing system operates in two modes: having topology of the star type or of the circle one. This cluster system is based on blade technology. It is a densely packed module processor of a blade type installed in the rack. The rack inside contains nodes, devices for efficient connection of the components of the control equipment internal network systems, etc. Each blade cluster runs under its copy of the standard operating system. The composition and output nodes may be different within the same module, and a homogeneous unit is considered in this case. The interaction between the nodes of a cluster system is installed using the programming interface, i.e. specialized function libraries. In designing the multiprocessor system special attention was paid to the possibility of extension or modification of the cluster in the future.

Among the disadvantages of such a system we can call:

1. Inability to use such a system for solving problems with an expandable calculations' area. The disadvantage is predetermined by the fact that the communication environment for all nodes of a cluster system is designed to use one-gigabit network. In solving problems with an expandable area calculations we will meet the overload of network resources of the system as so the processors will be forced to idle and the system will work only on the organization of the data exchange between its nodes.

2. Low real performance for tightly coupled tasks. This disadvantage is connected in a one-gigabit network latency at which most of the time will be spent for data exchange and synchronization .

3. Limited and specially oriented range of problems that can be solved with the help of such a system. This disadvantage is due to the fact that the solution of problems with using commutative computer network system is based only on the use of two modes. The first mode simulates the network star-topology, the second simulates the circle-topology t . These modes are oriented to implement data exchange limit depending on a restricted class of problems solved by the proposed cluster.

4. Limited expandability of a multiprocessor system. The reason for this deficiency is caused by using one-gigabit network, so during expansion of a cluster system the number of its blades will be limited because of an overload of network resources.

Unsolved part of the problem. The existing multiprocessor computing systems are not focused on solving tasks with an expanding field of computing. Acting methods of analyzing the effectiveness of multiprocessor systems do not allow to determine the optimal number of nodes to solve the mentioned above class of problems. At the same time the proper development studies on the analysis of the influence of the network interface on the efficiency of such systems have not acquired. In addition, for evaluating the effectiveness of a computer system the basic analytical relations through the parameters of the studied system are not presented.

The purpose of the study is to provide a multi-module computer system, the real efficiency and productivity of which would peak at solution strongly coupled problems and problems with an expanding field of computing. And in addition, the system must have high reliability and high energy efficiency. Units of the claimed device must be equipped with the help of computer technology of mass production. These solutions allow to design the claimed

system in universities, research organizations, research centers. Due to the significant demand for blade configuration systems within the domestic market the further development of blade technology for the construction of the cluster computing system should be acquired.

Basic results of research. Design features of the multiprocessor system. Multi processor module system includes one master node (*PM001*) and slave-computing nodes (*PN001*, *PN002*, *PN003*, ..., *PN00N*), two controlled switches (*KGI*, *KIB*), intermediate buffer memory switch *KGI*, reconfigured network for communication between computing nodes, *VLANs* core redundancy components and also provides a network boot nodes. Commutative multiprocessor computing system operates in six modes: star, circle, ruler, complete graph, grid, lattice closed. These modes have been focused on the implementation of the limit data exchange representing the particular problems which are solved using the proposed system. Fig. 1 shows its block-diagram.

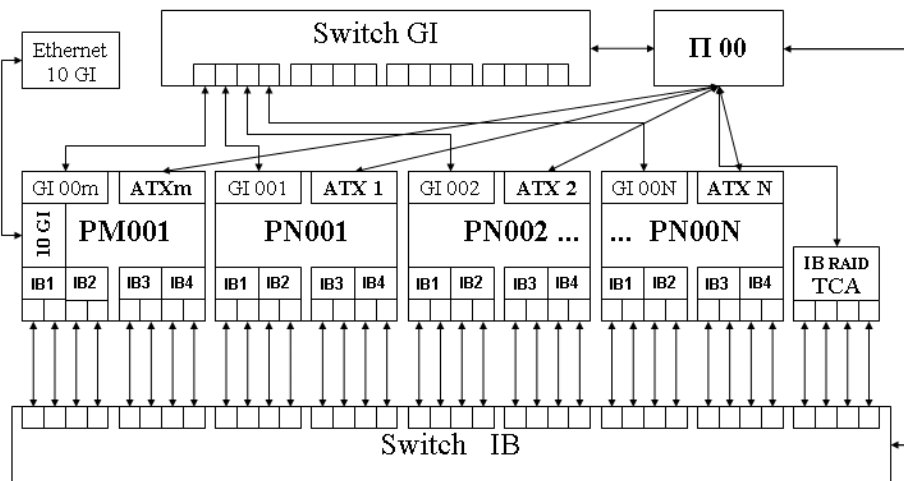


Fig.1. Block diagram of the multiprocessor system

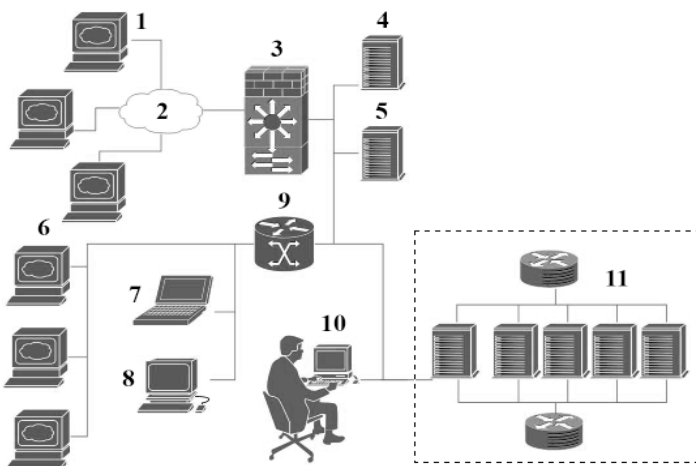


Fig.2. Communication modes desktop PC with the multiprocessor system

Distant access to the resources of the system can be provided via the multiprocessor workstations (1) connected to the *INTERNET* (2) through a personal firewall (3) of a university network. Internal access to the resources of the system is ensured through multi stationary station working groups and laboratories of a university (6), personal mobile laptop station (7), the experimental laboratory (8) and through personal workstation operator of the multiprocessor system (10).

Features of functioning of a module in the multiprocessor computer system. After the power supply to the power supply master node (*ATXm*) and external signal *START* of control module *P00* we notice the startup and initialization of the master node module system. Loading of operating system directly can be performed either from the hard disk or *CD/DVD*-devices. After downloading of the operation system the specifically oriented configuration script that sets up the work of *DHCP*-server also runs. In

addition the number of computing nodes of the system is determined on this step and, if necessary, there is access to the Internet environment or to an external network. Also the basic parameters are determined. Consistent power supply to (ATX1 – ATXN) and initialization of slave-nodes reduces the required power for unit UPS, runs all the computing nodes and slave-load operating systems in them. After downloading and debugging of all computing nodes of the cluster the appropriate script is finalized and the system is ready to perform parallel computations.

Master node (PM001) through the switch KGI provides the direction of data related to the management, diagnosis and downloading of the tasks' conditions. In turn, the slave-nodes respectively to the solving algorithm, implement the mode of computation required. Exchange of data between computing nodes is organized as a separate network with the help of a managed switch KIB. To maximize the efficiency of a cluster system, we have to reconfigure the second network structure respectively the specifics tasks. Send / receive data in slave-nodes takes place without buffering using a managed switch IB. Intermediate and final results of the calculations are sent to the master node via a managed switch Infiniband KIB. In this case, management and transfer of relevant data from the slave-node occurs at using the AC adapter HCA (Host Channel Adapters). Directly data storage for further processing is performed via the AC adapter TCA (Target Channel Adapters).

Features of functioning for a module multiprocessor computer system. At the first stage of the research we consider how to build the interface and what are the main modes of operation. For convenience we note that the computer network system has two main characteristics: bandwidth and latency. The capacity of the computer network is defined with the speed of data transfer between two nodes latency refers to the average time that elapses between a function call and data transfer itself. It is usually spent on addressing information, triggering intermediate network devices and other network situations arising during data transmission.

In general, we note that the capacity and latency not only characterize the work of the cluster, these characteristics also influence on restriction of the class of problems processed by using the cluster. So if the problem involves an intensive exchange of data sent packages having a small volume the cluster equipped with a network interface with a high-latency will spend a lot of time to establish a network connection, and less time to transfer data between nodes in the system. Under these conditions, the nodes in a multiprocessor system will be idle and parallelization efficiency will be significantly reduced. On the other hand, if data packets are large, the effect of latency on the system efficiency may be reduced due to the fact that the transmission takes considerably more time than the establishment of the connection. In this regard we consider the ramifications of choosing the network interface for the design of a modular multiprocessor system and following items describe each element of equipment and features of its functioning.

Network cables. For network management, diagnostics and loading we use the network technology *GigabitEthernet* [7]. It introduces standard 100BASE-T, IEEE 802.3ab which uses a twisted pair category 5e for communication. *InfiniBand* copper technology applicable in

the switching network communication between slave-nodes of a multiprocessor system .

AC adapter. For this purpose, you can use network cards that supports the standards InfiniBand. In the design of the proposed multi-processor systems priority was given to the adapter company *Mellanox MHQH29C-XTR* [8]. Network cards from this company have significant affect on the performance of network communications. Each blade of the processor system includes four dual-port adapters (IB1 – IB4, Fig. 1). The main features of these adapters are: such adapters with support for the virtual protocol *VPI (Virtual Protocol Interconnect)* provide the most flexible and high-performance network connections for high-performance computing systems. Thanks to this multiprocessor system offers high performance, high-speed access to the network and storage resources, guaranteed bandwidth and low latency.

In addition, the adapter of *MHQH29C-XTR* type support data rates up to 10 Gbit / s per channel and may contain the serial control interface. Copper cable interface has the same performance as an optical one but has a lower price.

Switch. This is one of the most important devices of the network interface in a multiprocessor system which implements the aggregation and switching network channels. We use the 36-port switch *Grid Director 4036* type of *Mellanox (Voltaire)* company with the capacity equal to 40 Gbit / s In the proposed multi-processor system.

This device relates to switches intended for the construction of high-performance multiprocessor systems based on copper compounds. They maintain a standard set of network technologies: in particular virtual network traffic prioritization, port trunk, multicast filtering, scaling to thousands of nodes and others.

Switch family manufacturer *Mellanox* for *InfiniBand* provides for superior performance and port density. It allows you to create the most cost-effective and scalable network commute ranging in size from small clusters to clusters having tens of thousands nodes. These switches can also transmit converged traffic by combining guaranteed bandwidth and great facilities of extended QOS which provides the highest system performance.

Technical network characteristics of the described system are shown in the Tabl. 1. The computational experiments to verify the performance of the system [9] were based on of this equipment.

Table 1. Technical characteristics of the network multiprocessor system

	Type	<i>InfiniBand</i>
Network cable	Capacity	10 Gbps
	Standard	IB QDR/FDR10 (40Gb/s), 4X QSFP
	Price, (1.0 M)	\$ 84
	Price, (2.0 M)	\$ 95
	Price, (3.0 M)	\$109
Network	Type	<i>MHQH29C-XTR</i>
	Standard	<i>Mellanox</i>
	Capacity	10 Gbps
	Price	\$ 818
Sswitch	Type	<i>Grid Director 4036</i>
	Standard	<i>Mellanox</i>
	Capacity	2880 Gbps
	Price	\$ 8500

Star Topology. The main feature of this topology is that all processors in the system have a connection with the control processor. The structure of such a network is shown in Fig. 3.

At first the "distributed *VLANa* and *VLANb*" are configured in the network switch *KIB*. In this case compute node *PM001* is connected to an external first two-port *HCA IB1* via adapter input/output ports 1, 2 (*HCAm001.1.1, HCAm001.1.2*) and with the port *KIB001* and *KIB002 (VLANa)* via the managed switch *KIB*, via the external second two-port *HCA IB2* adapter with the input/output ports 1, 2 (*HCAm001.2.1, HCAm001.2.2*), with ports *KIB003* and *KIB004 (VLANa)* via the managed switch *KIB*, third two-port *HCA IB3* adapter in-

put/output ports 1, 2 (*HCAm001.3.1, HCAm001.3.2*) are connected with the port *KIB005* and *KIB006 (VLANb)* with the managed switch *KIB* and by the fourth two-port *HCA IB4* adapter from input/output ports 1, 2 (*HCAm001.4.1, HCAm001.4.2*) with the port *KIB007* and *KIB008 (VLANb)* via the managed switch *KIB*. According to this scheme the delivery of computing nodes in the cluster is connected. Network storage is attached to the switch *KIB* with four ports adapter *KIB033, KIB034, KIB035, KIB036* with adapter *TCA1, TCA2* to *VLANa* and adapter *TCA3, TCA4* to *VLANb*. We obtain two virtually independent star topologies which increase the reliability and network speed of data exchange.

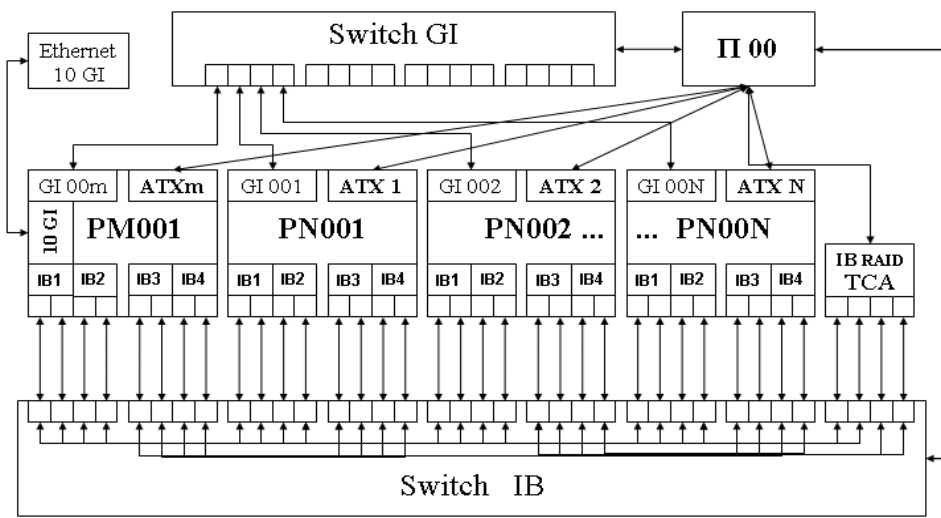


Fig.3. Structure of a network module of a multiprocessor system for implementing a star topology

Computational experiments. Features of development of parallel computational algorithms for the personal calculable cluster is in detail covered in [11]. The effectiveness of the proposed approach for the computational experiments confirmed the decision of problems of non stationary heat conduction, some aspects of inverse problems of modeling study of thermal properties of materials, the prediction problem of ecological systems under the influence of natural and anthropogenic factors. In addition, the developed multiprocessor system has been used for a more detailed calculation and for obtaining some new effects of the investigated processes. Parallel circuits for numerically analytical visualization of vectors' solutions are disclosed in [9]. The resulting isolines mark smoothness and the proposed approach makes it possible to build a minimum of work on the input and output data of the investigated class of problems. Furthermore, since the values of the basic grid nodes are arranged in region, the layer hour operation does not communicate with each other. Therefore, the calculations for constructing graphs or isolines can be executed in parallel and simultaneously.

Conclusions and prospects for future research. Introduction to the multiprocessor system having standard InfiniBand of a separate computer network for data exchange and implementation of mechanisms for aggregation network interface and support for *VLAN*, specially organized for the modes of data exchange in the network managed switch *KIB*, and developing a network boot mode processors and the redundancy the key components mechanism module enabled:

- firstly, to receive the following priorities through the application of InfiniBand technology: low latency, scalability, redundancy, the possibility of selecting the required velocity from a given speed range which in turn allowed to use the designed system to unleash to decouple the strongly coupled tasks and the tasks with the expanding field of computing ;
- second, to modify the configuration of the computer network adapting its structure to meet each specific type of tasks through a terminal or a *WEB*-interface;
- third, to execute the direct exchange of data between main memory nodes of a multiprocessor system due to the formation of a separate computer network with link aggregation and *VLAN* implementation mechanisms using application *RDMA (Remote Direct Memory Access)* technology and *InfiniBand* opportunity. It is possible to increase the speed of computation while unleashing tasks, provide high-speed access to the memory of the cluster nodes and data exchange between them, relieve the *CPU* for data exchange and reduce the bandwidth that extends between the nodes in the cluster;
- fourth, the use of adapters *ConnectX* provided new connective opportunities for different computing environments. This determines the increase in productivity throughout the computer system and allows to offload the *CPU* from the *InfiniBand* service traffic;
- fifth, to increase the effectiveness of the cluster system, adapting the structure of its network to the outbreak of the goals of each type;

– sixth, to simplify the design, build or replace the cluster nodes that are out of order, due to modularity, and also to simplify the work and operation of the entire system.

Prospects for further research in this scientific direction the authors see in the coverage of issues related with the study of computing in a multiprocessor system slow because of its expandable memory. There occurs the need for increased computing power of the system to decouple

a certain class of applications. Founded principle of modularity can increase performance of the computer system through the addition of new slave-nodes. The authors consider it expedient to introduce the corresponding analytical expressions for calculating the efficiency of the claimed computer system. This would allow researchers to choose the most effective configuration of a multiprocessor system and its modes of operation. The authors intend to address such study in the next publications.

REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED

1. Баканов В.М. Персональный вычислительный кластер как недостающее звено в технологии проведения сложных технологических расчетов / В.М. Баканов // Метизы. – 2006. – 2 (12). – С. 33-36.
2. Баканов В.М. Personal'nyy vychislitel'nyy klaster kak nedostayushcheye zveno v tekhnologii provedeniya slozhnykh tekhnologicheskikh raschetov [Personal computing cluster as the missing link in the technology of complex technological calculations] / V.M. Bakanov // Metizy. – 2006. – 2 (12). – S. 33-36.
3. Воеводин Вл.В. Вычислительное дело и кластерные системы / Вл.В. Воеводин, С.А. Жуматий. – М.: Изд-во Московского университета, 2007. – 150 с.
4. Voevodin V.I. Vychislitel'noye delo i klasternyye sistemy [Computing business and cluster systems] / V.I. Voevodin, S.A. Zhumaty. – М.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2007. – 150 s.
5. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – Н. Новгород: Н. НГУ, 2003. – 184 с.
6. Gergel' V.P. Osnovy parallel'nykh vychisleniy dlya mnogoprotsessornykh vychislitel'nykh sistem [Introduction to Parallel Programming for multiprocessor computer systems] / V.P. Gergel', R.G. Strongin. – N. Novgorod: N. NGU, 2003. – 184 s.
7. Лацис А.О. Как построить и использовать суперкомпьютер / А.О. Лацис. – М.: Бестселлер, 2003. – 240 с.
8. Latsis A.O. Kak postroit' i ispol'zovat' superkomp'yuter [How to build and use a supercomputer] / A.O. Latsis. – М.: Bestseller, 2003. – 240 s.
9. Спецификация кластера Blackford MultiCore. – [Э-ресурс] Spetsifikatsiya klastera Blackford MultiCore [Specification of the cluster Blackford MultiCore]. – Available at: http://www.mvs.icc.ru/cluster_info.html
10. Пат. 61944 Украина, МПК C21D 1/26, G06F 15/16 (2011.01). Модуль высокоэффективной многопроцессорной системы повышенной готовности / В.П. Иващенко, С.О. Башков, Г.Г. Швачич, М.О. Ткач; патентовладельцы Национальна металургійна академія України, Донецький національний технічний університет. – № u 2010 09341; заявл. 26.07.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
11. Pat. 61944 Ukrayina, MPK C21D 1/26, G06F 15/16 (2011.01). Modul' vysokoeffektivnoyi bahatoprotsessornoyi systemy pidvyshchenoyi hotovnosti [Module High performance multiprocessor system high alert] / V.P. Ivashchenko, YE.O. Bashkov, H.H. Shvachych, M.O. Tkach; patentovlasnyky Natsional'na metalurhiyna akademiya Ukrayiny, Donets'kyu natsional'nyy tekhnichnyy universytet. – № u 2010 09341; zayavl. 26.07.2010; opubl. 10.03.2011, Byul. № 5.
12. <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ab/>
13. http://ru.mellanox.com/page/infiniband_cards_overview
14. Иващенко В.П. Дослідження ефективності багатопроцесорної обчислювальної системи при розв'язуванні певного класу задач / В.П. Иващенко, Н.І. Алішов, М.О. Ткач // Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ISCM-2014). – Тернопіль, 2014. – С 22-25.
15. Ivashchenko V.P. Doslidzhennya efektyvnosti bahatoprotsessornoyi obchyslyval'noyi systemy pry roz'vyazuvanni pevnoho klasu zadach [Investigation of the effectiveness of multiprocessor computing system for solving a certain class of problems] / V.P. Ivashchenko, N.I. Alishov, M.O. Tkach // Informatsiyni problemy komp'yuternykh system, yurytsprudentsiyi, enerhetyky, ekonomiky, modelyuvannya ta upravlinnya (ISCM-2014). – Ternopil', 2014. – S 22-25.
16. Beowulf Introduction & Overview / Available at: <http://www.beowulf.org>
17. Shvachych G.G. Peculiarities of parallel computational algorithm synthesizing for personal electronic computer (pec) in heat – and – mass exchange problems / G.G. Shvachych, A.A. Shmukin // Eastern-european journal of enterprise technologies. – 2004. – N 2. – P. 15-29.
18. Shvachych G.G. Peculiarities of parallel computational algorithm synthesizing for personal electronic computer (pec) in heat – and – mass exchange problems / G.G. Shvachych, A.A. Shmukin // Eastern-european journal of enterprise technologies. – 2004. – N 2. – P. 15-29.

Иващенко В.П., Швачич Г.Г., Холод Е.Г.

Некоторые аспекты конструирования высокоэффективной многопроцессорной системы

Аннотация. Работа посвящена проблеме моделирования архитектуры высокопроизводительных многопроцессорных систем обработки данных, которые используются при решении задач с расширяемой областью вычислений. Предложенная система характеризуется повышенной надежностью и высокой энергоэффективностью. Система содержит отдельную реконфигурируемую сеть для обмена данных между вычислительными узлами, управляемые коммутаторы, а также предусматривает сетевую загрузку узлов, механизм резервирования ключевых компонентов.

Ключевые слова: многопроцессорная вычислительная система, управляемые коммутаторы, реконфигурируемая сеть, вычислительные узлы, буферы памяти, компоненты вычислительной системы

Kniazieva N.A., Kalchenko A.S.

Approach to evaluating the quality of telecommunication services in next generation networks

*Kniazieva Nina Alekseevna, Dr.Sci.Tech, Professor,
Head of the Department of Information Systems and Networks*

*Kalchenko Anastasia Sergeevna, Postgraduate
V. S. Martynovsky Educational-Scientific Institute of Refrigeration, Cryotechnologies and Ecoenergy,
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine*

Abstract The article deals with approaches to identification of service quality indicators in next generation networks on the basis of accounting both the service provider viewpoint and user requirements. The concept of a system for managing a quality of services is given.

Keywords: quality of services, next generation networks, quality management, fuzzy logic

Introduction. Next generation networks (NGN) represent a single transport platform for combining multiple types of services. One of the main aspects that should be taken into account at designing NGN is ensuring the appropriate level of Quality of services (QoS). With the development of next generation networks, an approach to defining service levels on the basis of the customer's QoS requirements becomes prevailing. In the currently used QoS management systems the focus mainly is paid to technical parameters of the network. The development of an improved QoS management system in NGN which takes into account users' requirements is relevant. For this purpose it is the most expedient to use the artificial intelligent methods, because they allow evaluating user opinion most effectively.

A brief review of publications on the subject. There are examples of successful application of artificial intelligence methods in QoS management. The paper [1] proposes a network quality of service evaluation system that uses a combination of fuzzy C-means (FCM) and regression model to analyze and assess the QoS in a simulated network. The proposed QoS evaluation system provided valuable information about the network's QoS patterns and based on this information, the overall network's QoS is quantified. In paper [2] were analyzed different models to measure and monitor voice quality using Random Neural Networks (RNN). An article [3] presents a fine grain quality management method for real-time applications. Neural networks ensuring an early and accurate prediction of execution times of uncontrollable actions which allows selecting adequate quality level parameters. The paper [4] is proposing a neural network which is able to predict the customers' overall satisfaction of service quality with a promising level of accuracy. In article [5] combination of two types of neural networks – the Kohonen network and multilayer perceptron (MLP) – was used for the analysis and evaluation of QoS for VoIP traffic. However, in these and other studies attention is mainly given to technical aspects, such as delay, jitter, and packet loss ratio. Therefore, taking into account customers' QoS requirements is a relevant task.

The goal. With the development of next-generation networks the approach to the evaluation of QoS has changed. In these conditions it is essential to develop a reasonable system for service quality evaluation and management, which takes into account not only the technical aspects of the network, but also the users' requirements. The aim of this work is to develop the concept of QoS management system in NGN, which allows considering

customer perception and customer's QoS requirements most effectively.

The body. According to ITU Recommendations, quality of services management in NGN is carried out on the basis of the application of the four views on QoS [6]. These viewpoints cover all aspects of QoS, both from the service provider's and user's (and customer's) viewpoints:

- customer's QoS requirements;
- service provider's offerings of QoS (or planned/targeted QoS);
- QoS achieved or delivered;
- customer perception (survey ratings of QoS).

Figure 1 shows service provider's and user's viewpoints on the QoS.

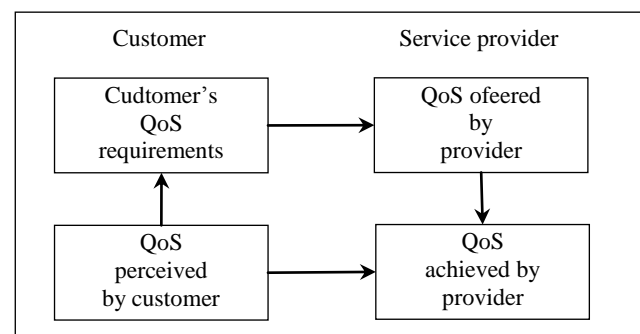


Figure 1. Four viewpoints of QoS

Customer's QoS requirements – this is an expression of the level of QoS required by the customer. The criteria and parameters identified to express these reflect the requirements.

QoS, offered by provider, – The QoS criteria or parameters offered by the service provider are formal terms specified unambiguously and may be used for the following: as the basis for SLA between the service provider and clients on a bilateral basis of agreement; public declaration by the service provider about the level of quality that can be expected by the users at large; As the basis for planning and maintaining the service at the level of performance being offered; as the basis for users to choose a level of quality to meet; their particular requirements among the service provider's offerings.

QoS, achieved by provider – The QoS delivered is the actual level of quality achieved or delivered by the service provider and may be used for the following: as the basis to compare the delivered with the offerings by the users, regulators and as a check in the SLAs; As the basis for any corrective action by the service providers.

QoS, perceived by customer – the QoS perceived by the user may be expressed by ratings based on customer sur-

veys and is an indicator of what the user thinks the level of quality received or experienced. This data may be used for comparison with delivered quality and identifying causes of any ambiguities; planning any corrective actions.

To get overall idea of QoS, these different viewpoints need to be taken into account. Thus, it is necessary to consider both objective and subjective measurements (evaluations), which are the only means to assess the user perception aspects of the QoS. The main difficulty of obtaining subjective measurements is that it is a time-consuming and expensive procedure. At the present time in the world an artificial intelligence is widely using to address these challenges. The paper of authors [7] introduces the concept of application of a hierarchical fuzzy system for determining

the degree of user satisfaction with quality of services. The proposed approach can be used to extrapolate and predict the degree of user satisfaction with quality of services on a limited statistical material.

Based on ITU-T E.802 recommendations and the need to integrate the users' requirements we propose implementation of the process of ensuring the level of quality like it is shown in figure 2. A block for evaluating the degree of customers' satisfaction of service quality was included in the scheme. The block was implemented using fuzzy logic techniques. Fuzzy logic, which is the basis for the implementation of fuzzy control methods, describes the nature of the human mind and the course of his reasoning more naturally than the traditional formal logic systems [8].

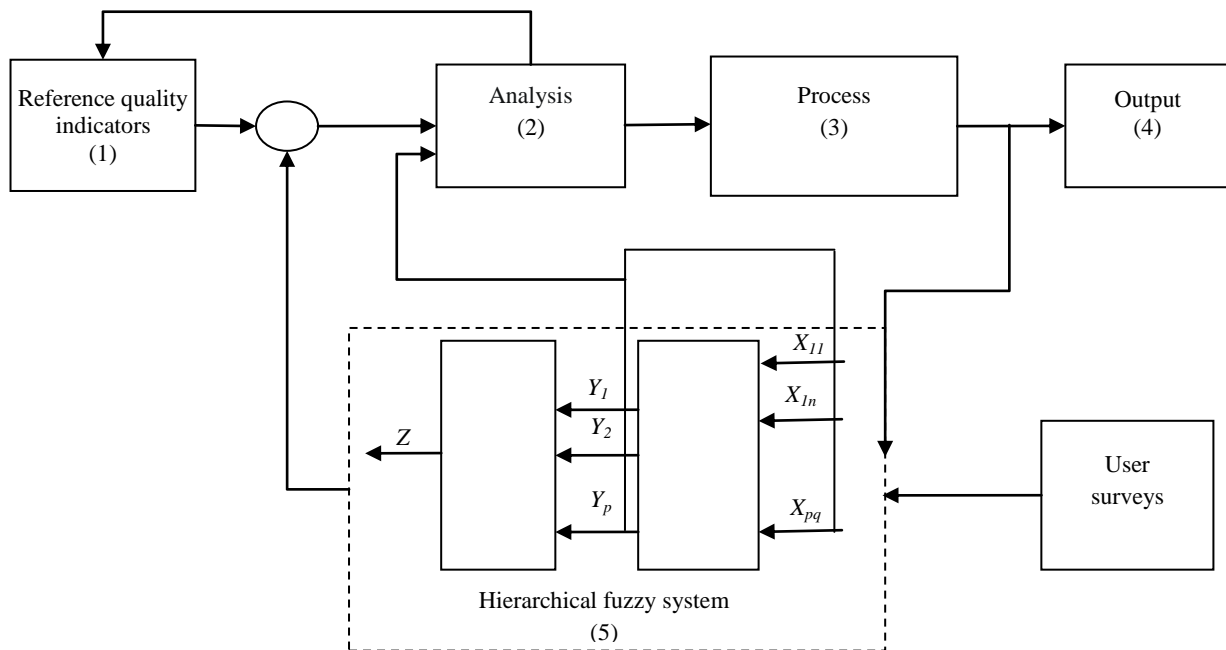


Figure 2. The scheme of the process of ensuring the level of quality

For accounting the users' perception of QoS the scheme has the following blocks:

1. Reference quality indicators. Are determined by the service provider, also are based on expert evaluations and user surveys.
2. Analysis. Block performs its functions when studies are carried out and compares the achieved quality indicators with reference quality indicators and information, provided by feedback channels. In case of need, generates the necessary control feedback. Initially, the action represented by this block is not applied.
3. Process. This block represents the process developed by the service provider in order to deliver a service with a level of quality as specified by the reference quality indicators.
4. Output. It is the quality effectively delivered to the customer by the service provider as the result of the quality process.
5. Hierarchical fuzzy system (HFS). On the basis of objective measurements of the network characteristics and the results of user surveys HFS determines the degree of user satisfaction with quality of services.

Consider the application of the scheme on an example of evaluating the quality of multimedia services. According to

ITU-T Recommendation E.802, for multimedia services is especially suited four-market model, since the separation between the transport and service layer is taken into account. The model consists of four components that are used to describe the different elements of the services that contribute to the QoS: content creation, service management, delivery network and customer equipment. Different parties may be in charge of transport, provision and content and the supply of terminal equipment. Thus the overall quality of a service (as perceived by the user) is a combination of different elements that are working independently of each other [6]. Taking into account that the index for each of the components of QoS, in turn, depends on a set of criteria, implementation of this framework is requested to submit as a hierarchical system of fuzzy productive output. For each component Y_i are defined corresponding quality criteria X_{ij} (i – number of the component, j – number of the quality criteria of i -th component. Number of criteria for each i -th component can be different). On the first hierarchy level is determined the value that each of the QoS components reached ($Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_p$) depending on quality criteria ($X_{11}, X_{12}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{pq}$). On the second hierarchy level the final index Z – the degree of satisfaction of users of ser-

vices – is determined, depending on the values achieved by each of the components.

An advantage of HFS is the transparency of the process, which allows the system to transmit to the analysis block not only the final quality indicator but also the level achieved by each of the components of QoS.

Further in analysis block it is determined whether the user's level of satisfaction with the provided service agrees with the required level. In case of discrepancies, the system determines the cause – compares the actual quality indicators (QoS, achieved by provider) with reference quality indicators (QoS, offered by provider). In case it was found that any of quality indicators haven't reached sufficient level, the recommendations /control actions aimed at bringing this indicator to the reference value are generated.

In case quality indicators were found to be in good agreement with the reference values, but the user is still not satisfied with received service quality (Customer's QoS

requirements are higher than QoS, offered by provider), the recommendations on the necessity of the reference quality values correction are generated. Thus it is necessary to distinguish parameters that depend on the operator and problems related, for instance, with the quality of content or end user's equipment. In that case, the system generates recommendations on ways to improve the situation.

Conclusions. Proposed system of QoS management in next generation networks allows considering user's opinion of QoS most effectively. Proposed scheme of the quality assurance process makes it possible to take into account user's perception of the received QoS. This becomes possible through the introduction into the scheme the HFS block. It determines the degree of user's satisfaction with QoS using fuzzy logic methods and, with this solution, it possible to identify the most important QoS criteria and maintain their condition at required level at which user is satisfied with the quality of received services.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Dogman A., Saatchi R., Al-Khayatt S. Quality of Service Evaluation using a Combination of Fuzzy C-Means and Regression Model // International journal of electronics and electrical engineering. – Vol.6, No.1 – 2012. – P. 58-65.
2. Jaber, M., Combaz J., Strus, L., Fernandez, J.-C. Using neural networks for quality management // Emerging Technologies and Factory Automation, 2008. ETFA 2008. IEEE International Conference. – 2008. – P.1441-1448.
3. Radhakrishnan K., Larijani H. Evaluating perceived voice quality on packet networks using differentrandom neural network architectures // Performance Evaluation. – Vol. 68, Issue 4. – April 2011. – P. 347–360.
4. Golmohammadi A., Jahandideh B. Prioritizing Service Quality Dimensions: A Neural Network Approach. // World Academy of Science, Engineering & Technology. – Issue 42. – 2010. – P.602-605.
5. Dogman A., Saatchi R., Al-Khayatt S. Evaluation of computer network Quality of Service using neural networks //Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2012 IEEE Symposium. – 2012. – P.217-222.
6. "International Telecommunication Union (ITU)", official website. – URL: <http://www.itu.int> (last access on 27.11.2014).
7. Knyazeva N.A., Kalchenko A.S. Povysheniye kachestva mul'timediynykh uslug v setyakh sleduyushchego pokoleniya [Improving the quality of multimedia services in next generation networks]// VII- a mizhnarodna shkola – seminar « Teoriya priynyattya rishen' » (TPR-14). – Uzhgorod , UzhNU , 2014. – S. 124-125.
8. Leonenkov A.V. Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH. [Fuzzy modeling in the environment of MATLAB and fuzzyTECH] – SPb .: BHV-Peterburg. – 2005. – 736 s.

Князева Н.А., Кальченко А.С. Подход к оценке качества услуг связи в сетях следующего поколения

Аннотация. В работе рассмотрены подходы к формированию показателей качества услуг в сетях следующего поколения на основании учета как точки зрения поставщика услуг, так и требований пользователей. Приведена концепция системы управления обеспечением качества услуг с использованием методов нечеткой логики.

Ключевые слова: сети следующего поколения, качество услуг связи, управление качеством услуг, нечеткая логика

Гачак Ю.Р., Михайлицька О.Р.

Застосування рослинної біодобавки в технології сирів голландської групи

Гачак Юрій Романович, кандидат біологічних наук, доцент
Михайлицька Ольга Романівна, кандидат технічних наук, доцент

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького
м. Львів, Україна

Анотація. Робота присвячена вивченню можливості застосування рослинної біодобавки "Еламін" у технології сирів голландської групи. Науково обґрунтовано доцільність застосування та спосіб внесення біологічно активної добавки при виробництві сирів голландської групи. Експериментально встановлено оптимальні дози для внесення еламіну при виробництві сирів. На основі отриманих результатів доведено, що використання еламіну в технології сирів голландської групи розширює їх асортимент та підвищує якість. Застосування рослинної біодобавки "Еламін" у технології сирів голландської групи не потребує використання додаткового технологічного обладнання.

Ключові слова: технологія, сир, біологічно активна добавка, еламін, якість

Вступ. Актуальними завданнями при створенні нового покоління функціональних молочних продуктів є удосконалення існуючих та розробка нових технологій, використання різноманітних, у тому числі натуральних біодобавок.

Згідно значної кількості наукових повідомлень у ґрунті, кормах, воді та молоці різних біогеохімічних зон західного регіону України спостерігається нестача есенціальних мікроелементів. Нестача в раціоні вітамінів, мінеральних речовин та мікроелементів у всьому світі визначається масовими і постійно діючими факторами, що негативно впливають на здоров'я людей. Тому в багатьох країнах законодавчо закріплено обов'язковість збагачення масових продуктів харчування даними мікронутрієнтами.

Як відомо, сир – харчовий продукт з високою енергетичною і біологічною цінністю, до складу якого входять незамінні амінокислоти та простіші сполуки білкового і небілкового азоту, жир, вітаміни, численні макро- і мікроелементи.

Низка дослідників намагались використовувати деякі мікроелементи та їх комплекси в сироварінні. Проте всі вчені як джерела мікроелементів використовували їх сульфатні (або інші) мінеральні солі.

На нашу думку більш доцільним є застосування натуральних рослинних біодобавок, що мають значний вміст дефіцитних мікроелементів та інших біологічно активних речовин. Використання як біодобавки еламіну, враховуючи наш біогеохімічний регіон, збіднений за Йодом, є вкрай актуальним.

Еламін – це біологічно-активна добавка, що виготовляється з морської капусти – ламінарії. Завдяки вмісту в еламіні альгінатів (до 35 %) він служить прекрасним емульгатором, згущувачем і стабілізатором. У науковій літературі відомо понад 100 найменувань альгінатних продуктів різного складу, ступеня очистки і призначення. Альгінати застосовуються у фармацевтичній галузі, а також як згущувачі та стабілізатори при виробництві зубних паст, кремів, мазей, лосьйонів і масок. Еламін добре поєднується з рослинними, м'ясними, м'ясо-рослинними консервами, ковбасами, кондитерськими, хлібобулочними виробами, майонезами, джемами, желе, першими і другими стравами. Відомо, що термічна обробка продуктів при 120 °С не знижує радіозахисні та біологічні властивості еламіну. Для промисловості та підприємств громадського харчування розроблено понад 20 видів продукції з використанням еламіну (хліб, пряники,

печиво, кондитерські вироби, майонез, консерви м'ясні та м'ясо-рослинні й ін.).

Незважаючи на те, що еламін має характерний запах морської капусти і неприємний буро-зелений колір, це не лише негативно не відбивається на якості та зовнішньому вигляді продуктів з ним, але, навпаки, ці продукти стають ще смачнішими, а всі хлібобулочні вироби набувають нової якості – набагато довше зберігають свіжість та не черствіють. На даний час підприємства харчової промисловості вже освоїли виробництво продуктів харчування з еламіном.

З огляду на вищевикладене **мета даної роботи** полягала в удосконаленні технології сирів голландської групи шляхом застосування біологічно активної добавки "Еламін", виготовленої з морських бурих водоростей.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження проводились в умовах лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького.

За контроль обрано сичужний сир з низькою температурою другого нагрівання "Голландський". При виробництві дослідного сиру використовували біологічно активну добавку "Еламін".

У першій серії досліджень вивчались технологічні особливості виробництва дослідного сиру із використанням спеціальних міні-форм, а саме процеси формування сирного зерна, пресування, соління головок, особливості їх пакування та визрівання.

Друга серія досліджень передбачала вивчення способів і методів введення вітчизняної біодобавки "Еламін" у технологічний процес виробництва сирів голландської групи, а також встановлення оптимальних доз запропонованої біодобавки для виробництва сиру.

Як біологічно активну добавку використано біопрепарат "Еламін". Препарат має зелений колір. Біодобавка випускається, як у формі порошку, так і в таблетованій формі, яка потребує в цьому випадку, обов'язкового подрібнення перед перемішуванням із сирним зерном. У ході проведених досліджень біопрепарат "Еламін" вносили в сирне зерно.

Препарат "Еламін" збагачує раціон Йодом, природно збалансованим набором макро- та мікроелементів, вітамінів; виводить з організму радіонукліди і важкі метали; позитивно впливає на імунну систему організму; не має побічного впливу.

Основні технологічні характеристики сиру дослі-

джували за загальноприйнятими методиками. Проби сирів відбирали згідно ГОСТ 3622. При виготовленні сирів контролювали такі показники: масову частку жиру в сирі та у сухій речовині сиру відповідно до ГОСТ 5867-90, масову частку хлористого натрію за ГОСТ 3627-81, органолептичні показники зрілих сирів згідно ГОСТ 7616-85, масову частку вологи і сухих речовин у сирі аналітичним методом – шляхом висушування наважки сиру при 105 °С до постійної маси.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідний сир виготовлявся за традиційною схемою виробництва сиру "Голландський" із певними особливостями. Було передбачено формування сирних головок у спеціальних міні-формах. Це у свою чергу змусило нас змінити деякі технологічні параметри виробництва продукту.

Технологічні процеси нормалізації, підготовки суміші, заквашування, зсідання, обробки сирного згустку проводили за традиційною технологією сиру "Голландський".

Дослідний сир формували із пласта, після чого фасували у спеціальні міні-форми. Сирні головки піддавали самопресуванню та пресуванню із зменшенням тиску до 10 кПа і витримували протягом 1,5-2,5 год.

Після пресування сир направляли на соління у солільні басейни, де піддавали солінню протягом 1,5-2,0 діб у розсолі із концентрацією до 22 % і температурою 10-16 °С при вологості повітря у солільному відділенні 80-90 %. Після соління сир направляли у камеру для визрівання.

Попередньо перед цим дослідний сир пакували під вакуумом у термоусадочну плівку, в якій він і визрівав 30-45 днів. Визрілий сир направляли на зберігання протягом 1 місяця. Виготовлений сир вирізняється оригінальним виглядом, має привабливу форму.

Під час проведення досліджень ми намагались віднайти максимально прийнятний спосіб внесення біологічно-активної рослинної біодобавки "Еламін", знайти оптимальну дозу її внесення.

Оцінка результатів проведених досліджень та робота дегустаційної комісії дозволили вибрати найбільш вдалі види зразків. Оптимальною виявилась доза 0,90 г біодобавки на головку сиру в спеціальній міні-формі. Внесення цієї біологічно активної добавки знайшло своє відображення у формуванні органолептичних показників отриманого продукту, які подані у таблиці 1.

Таблиця 1. Органолептичні показники сичужних сирів

Варіант сиру	Найменування показників та їх характеристика				
	смак і запах	консистенція, поверхня	рисунок	зовнішній вигляд	колір, стан тіста
Контрольний	виражений сирний, з наявністю гостроти і легкої кислуватості	пластична, злегка ламка на згині, однорідна по всій масі	вічка круглої, овальної чи кутової форми, рівномірно розташовані по всій масі	кірка рівна, тонка, без пошкоджень і без товстого підкіркового шару, покрита спеціальним парафіновим, полімерним комбінованим сплавом під вакуумом	тісто пластичне, злегка ламке, білого, злегка жовтого кольору, однорідне по всій масі
Дослідний	свіжий, сирний, злегка кислуватий, смак сирний	злегка ламка, однорідна по масі, поверхня блискуча	вічка різної форми, частіше неправильної, різного розміру	кірка рівна, тонка, на розрізі немає підкіркового шару, міні-головка щільно зафасована у комбінований сплав під вакуумом	тісто злегка ламке, жовтуватого, злегка сірого кольору із просвітленням до зовнішніх країв (на розрізі)

У таблиці 1 наведені дані щодо смаку, запаху, консистенції, рисунку сирів, а також їх зовнішнього вигляду, кольору та стану тіста.

Аналіз органолептичних показників контрольного та дослідного зразків сиру засвідчив їх деяку відмінність у зв'язку із різницею в технології.

Як відомо, смак та запах – одні із найважливіших показників якості, які перевіряються за чистотою, ступенем вираженості сирного смаку, типовістю. Як відомо, типово виражений смак сиру формується у період оптимальної зрілості, яка настає до моменту завершення терміну визрівання або дещо пізніше. При довготривалому зберіганні смак сиру дещо погіршується, аромат послаблюється, тому необхідно знати оптимальні терміни визрівання і зберігання сирів. Загальною вимогою для всіх сирів є відсутність сторонніх присмаків та запахів.

При внесенні йодної біодобавки, смак і запах дослідного сиру поряд із збереженням традиційного сирного злегка кислого відтінку стали більш сирними. Консистенція залишилась пружною, нещільною, а поверхня блискучою. Однак, слід відзначити, що із збільшенням дози біодобавки вище оптимальної дози (1,00-1,25 г/на головку сиру) консистенція ущільню-

ється і поверхня стає матовою. При огляді рисунку дослідних зразків сиру з біодобавкою, порівняно із контрольним сиром, нами виявлено таке: на розрізі рисунок характеризувався вічками різної форми (круглі, овальні) більш-менш рівномірно розташованими по перерізу батону. Продукт зберіг тонку кірку, на якій не виявлено пошкоджень.

Поряд із цим дослідний зразок сиру характеризувався оригінальною формою (кругла головка). Зовні сир був покритий полімерною плівкою. На розрізі сир мав пластичне тісто із характерним жовтувато-сірим забарвленням. Із збільшенням дози біодобавки вище оптимальної тісто ставало крихким і набувало більш темно-сірий відтінок.

Як відомо, до нормативних технологічних показників, за якими контролюють виробництво сирів відносять масову частку жиру, вологи, рН сиру та масову частку солі.

У таблиці 2 наведено технологічні показники у контрольних та дослідних зразках сирів. За результатами досліджень фізико-хімічні показники сиру традиційного виробництва були в нормативних межах. Так, масова частка жиру продукту становила 45 %, масова частка вологи – 44-43 %. Величина рН сиру після

пресування була на рівні 5,6-5,5, а у зрілих зразках була нижчою – 5,4-5,5. Зразки сиру були масою 2,5-6,0 кг із 1,5-3,0 % солі та мали енергетичну цінність 352-377 ккал. Фізико-хімічні показники дослідного сиру характеризувались певними відмінностями порівняно із контрольним. Так, масова частка жиру в сирі становила 44 %, вміст вологи після пресування –

45 %, а зрілого – 44-43%. Визначення активної кислотності (рН) показало, що її значення в сирі після пресування були у межах 5,7-5,6, а в зрілому продукті – 5,6-5,5. Дослідний сир був за формою округлий у вигляді головки масою 0,3-0,4 кг жовто-сірого кольору, упакований у термоусадочну плівку.

Таблиця 2. Технологічні показники сирів

№ п/п	Варіант сиру	Технологічні показники сиру					Маса батону, кг	Форма сирного батону	Енергетична цінність, ккал	
		Масова частка жиру, %	Масова частка вологи, % після пресування	зрілого	рН сиру, од. після пресування	зрілого				Масова частка солі, %
1.	Контрольний	45	45	44	5,6-5,5	5,4-5,5	1,5-3,0	2,5-6,0	брусок, головка кругла	брусковий: 352 круглий: 377
2.	Дослідний	45	45	44-43	5,7-5,6	5,6-5,5	2	0,3-0,4	кругла міні-головка	380

Додавання до сирного зерна рослинної біодобавки не лише надало продукту оригінальних органолептичних характеристик, але й підвищило його енергетичну цінність до 380 ккал проти 352-377 ккал у дослідному зразку. Таким чином, можна зробити висновок про підвищення якості та біологічної цінності сирів голландської групи.

Слід зазначити, що застосування рослинної біодо-

бавки "Еламін" у технології сирів голландської групи не потребує використання нового чи додаткового технологічного обладнання.

Висновки. Таким чином, розроблено технологію виготовлення сирів голландської групи із використанням еламіну. Запропоновано оптимальну дозу рослинної біодобавки "Еламін" із розрахунку 0,90 г на головку сиру (0,4 кг).

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Данилів Н.Б. Вдосконалення технології твердих сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання / Н.Б. Данилів // Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини імені С.З.Гжицького. – Львів, 2003. – Том 5 (№ 2), ч. 1. – С. 139-141.
 Danyliv N.B. Vdoskonalennya tekhnolohiyi tverdykh sychuzhnykh syriv z nyz'koju temperaturoyu drugoho nahrivannya [Improving the technology of hard rennet cheeses with low temperature of second heating] / N.B. Danyliv // Naukovyy visnyk Lvivs'koyi derzhavnoyi akademiyi veterynarnoyi medytsyny imeni S.Z. Hzhys'koho. – Lviv, 2003. – Tom 5 (№ 2), ch. 1. – S. 139-141.

2. Дерев'яно Л. "Еламін" запобігає нестачі йоду і підвищує опірність організму / Л.Дерев'яно // Будьмо здорові. – 2004. – № 10. – С. 20-21.
 Derev'yanko L. "Elamin" zapobihaye nestachi yodu i pidvyshchuye opirnist' orhanizmu ["Elamin" prevents iodine deficiency and increases resistance] / L. Derev'yanko // Bud'mo zdorovi. – 2004. – № 10. – S. 20-21.

3. Кравців Р.Й. Концентрування мікроелементів при виробництві твердих сирів / Р.Й. Кравців, Н.Б. Данилів, О.Р. Мельник // Науковий вісник ЛНАВМ ім.С.З.Гжицького. – Львів, 2004. – Том 6 (№ 3), ч. 6. – С. 47-52.
 Kravtsiv R.Y. Kontsentrivannya mikroelementiv pry vyrobnytstvi tverdykh syriv [Concentration of trace elements in the production of cheeses] / R.Y. Kravtsiv, N.B. Danyliv, O.R. Mel'nyk // Naukovyy visnyk LNAVIM im. S.Z. Gzhys'koho. – Lviv, 2004. – Tom 6 (№ 3), ch. 6. – S. 47-52.

4. Мельник О.Р. Протеолітичні процеси в заквасці та сирі при використанні хрому / О.Р. Мельник, Н.Б. Данилів // Науковий вісник ЛНАВМ ім. С.З. Гжицького. – Львів, 2004. – Том 6 (№ 2), ч. 3. – С. 137-142.
 Mel'nyk O.R. Proteolitychni protsesy v zakvastsi ta syri pry vykorystanni khromu [Proteolytic processes in ferment and cheese by using of chrome] / O.R.Mel'nyk, N.B.Danyliv // Naukovyy visnyk LNAVIM im.S.Z.Gzhys'koho. – Lviv, 2004. – Tom 6 (№ 2), ch. 3. – S. 137-142.

5. Мельник О.Р. Особливості мікробіологічних процесів у твердих сичужних сирах під впливом деяких мікроелементів / О.Р. Мельник, Р.Й. Кравців, Г.В. Дроник // Збірник наукових праць Вінницького держ. аграрного ун-ту. – Вінниця: ВДАУ,

2002. – Вип. 11. – С. 98-100.
 Mel'nyk O.R. Osoblyvosti mikrobiolohichnykh protsesiv u tverdykh sychuzhnykh syrahk pid vplyvom deyakykh mikroelementiv [Peculiarities of microbiological processes in hard rennet cheeses under the influence of certain trace elements] / O.R. Mel'nyk, R.Y. Kravtsiv, H.V. Dronyk // Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho derzh. ahrarynoho un-tu. – Vinnytsya: VDAU, 2002. – Vyp. 11. – S. 98-100.

6. Мусульманова М.М. Комбинированные молочно-растительные продукты / М.М.Мусульманова // Молочная промышленность. – 2006. – № 5. – С.72-73.
 Musul'manova M.M. Kombynirovannye molochno-rastitel'nyye produkty [Combined dairy plant products] / M.M.Musul'manova // Molochnaya promyshlennost'. – 2006. – № 5. – S.72-73.

7. Пат. 19301 А Україна, МПК-7: А 23 С 19/02; 19/072. Спосіб виробництва сичужного напівтвердого сиру «Чедермисливський» / Г.Б.Рудавська, О.А.Козловська (Україна). – № u200606111; Заявл. 02.06.06; Опубл. 15.12.06, Бюл. № 12.
 Pat. 19301 A Ukrayina, MPK-7: A 23 S 19/02; 19/072. Sposib vyrobnytstva sychuzhnogo napivtverdoho syru «Chedermyslyvs'kyu» [The method of manufacturing semi-solid cheese rennet "Cheddar-hunting"] / H.B.Rudavs'ka, O.A.Kozlovs'ka (Ukrayina). – № u200606111; Zayavl. 02.06.06; Opubl. 15.12.06, Byul. № 12.

8. Перфильев Г.Д. Изучение кислотообразующего процесса осуществляемого в молоке культурами микроорганизмов используемых при получении вкусоароматических добавок / Г.Д. Перфильев, Д.С. Мягконосков // Функциональные продукты – методологические, технологические, трофологические аспекты производства: Сб. науч. трудов. – Москва, 2001. – С. 196.
 Perfil'yev G.D. Izucheniye kislotoobrazuyushchego protsessa osushchestvlyаемого v moloke kul'turami mikroorganizmov izpol'zuyemykh pri poluchenii vkusoaromaticheskikh dobavok [The study of acid-process being pursued in milk by the microorganisms cultures which used in the production of flavors] / G.D. Perfil'yev, D.S. Myagkonosov // Funktsional'nyye produkty – metodologicheskiye, tekhnologicheskkiye, trofologicheskkiye aspekty proizvodstva: Sb. nauch. trudov. – Moskva, 2001. – S. 196.

9. Подкорытова А.В. Лечебно-профилактические продукты и биологически активные добавки из бурых водорослей / А.В. Подкорытова // Рыбное хозяйство. 2001. – № 1. – С. 19-20.
Podkorytova A.V. Lechebno-profilakticheskiye produkty i biologicheski aktivnyye dobavki iz burykh vodorosley [Therapeutic and prophylactic products and biologically active additives of brown seaweed] / A.V. Podkorytova // Rybnoye khozyaystvo. 2001. – № 1. – S. 19-20.
10. Савельева Т.А. Роль некоторых микроэлементов в сыроделии / Т.А. Савельева, Н.И. Григоров, С.А. Савельев, А.А. Савельев // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 2. – С. 28-29.
Savel'yeva T.A. Rol' nekotorykh mikroelementov v syrodellii / T.A. Savel'yeva, N.I. Grigorov, S.A. Savel'yev, A.A. Savel'yev [Role of certain trace elements in cheesemaking] // Syrodeliye i maslodeliye. – 2003. – № 2. – S. 28-29.
11. Шнейдер Л.К. Ускорение созревания сыров / Л.К. Шнейдер, С.А. Савельев, А.А. Савельев // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 1. – С. 16.
Shneyder L.K. Uskoreniye sozrevaniya syrov [Acceleration of cheese ripening] / L.K. Shneyder, S.A. Savel'ev, A.A. Savel'ev // Syrodeliye i maslodeliye. – 2004. – № 1. – S. 16
12. Krawziw R. Der Einfluss von Spurenelementen auf Mikrobiologische Prozesse im Käse "Poschschonskyj" / R. Krawziw, O. Melnyk // 4. Symposium "Österreichisch-Ukrainische Landwirtschaft" Proceedings. Landwirtschaft und Agrotourismus. 26.-29. August 2002, BAL Gumpenstein. – 2002. – S. 92.
13. Moreno-Rojas R. Copper, iron and zinc variations in manchego-type cheese during the traditional cheesemaking process / R. Moreno-Rojas, M. Amaro-Lopez, G. Zurera-Cosano // Food Chem. – 1994. – vol. 49, No. 1. – P. 67-72.
14. Zurera-Cosano G. Effect of processing on contents and relationships of mineral elements of milk / G. Zurera-Cosano, R. Moreno-Rojas, M.A. Amaro-Lopez // Food Chem. – 1994. – vol. 51. – P. 75-78.

Hachak Y.R., Mykhajlytska O.R. Using of plant bioadditives in the technology of cheeses of Dutch group

Abstract. The work is devoted to the study of the possibility of using of plant bioadditives "Elamin" in the technology of cheeses of Dutch group. Scientific substantiated the rational usage and method of introduction a biologically active additive in the production of cheeses of Dutch group. We've experimentally determined optimal doses for entering elamin in the production of cheeses. Based on the obtained results, it is proved that using elamin in the technology of cheeses of Dutch group extends their assortment and increases the quality. Using of plant bioadditives "Elamin" in cheese making of Dutch origin does not demand use an additional technology equipment.

Keywords: technology, cheese, biologically active additive, elamin, quality

Гачак Ю.Р., Михайлицкая О.Р. Применение растительной биодобавки в технологии сыров голландской группы

Аннотация. Работа посвящена изучению возможности применения растительной биодобавки "Эламин" в технологии сыров голландской группы. Научно обосновано целесообразность применения и способ внесения биологически активной добавки при производстве сыров голландской группы. Экспериментально установлены оптимальные дозы внесения эламина при производстве сыров. На основе полученных результатов доказано, что использование эламина в технологии сыров голландской группы расширяет их ассортимент и повышает качество. Применение растительной биодобавки "Эламин" в технологии сыров голландской группы не требует использования дополнительного технологического оборудования.

Ключевые слова: технология, сыр, биологически активная добавка, эламин, качество

Мельник В., Бліндер Ю., Мендель В.

Математичний формалізм трансформації радіоекологічного стану території із застосуванням матриць Маркова і РЕМ-мікроскопії

*Мельник Володимир Миколайович, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри
Бліндер Юрій Степанович, кандидат технічних наук, доцент
Мендель Вадим Павлович, Інженер
кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна*

Анотація. Розглянуті із загальних математично-формалістичних позицій питання трансформації в часі радіоекологічного стану враженої території. Показано, що подібні трансформації відповідають марковським процесам, які пропонується характеризувати матрицями Маркова. Дано прогнозний алгоритм у вигляді системи матричних рівнянь калманівського типу. Пропонується інтегрована радіоекологічна оцінка із застосуванням сучасної РЕМ-мікроскопії.

Ключові слова: радіоекологія, прогнозування, матриці Маркова, РЕМ-мікроскопія

Вступ. Внаслідок міграції радіонуклідів (РН), які потрапили в ґрунт, відбувається їх перерозподіл як у глибину ґрунту, так і горизонтально, що є причиною надходження їх у рослини, у ґрунтові води та у водоймища [1-5]. Відомо, що вертикальну міграцію РН зумовлюють такі процеси: фільтрація атмосферних опадів углиб ґрунту; капілярне підтікання вологи до поверхні в результаті випаровування; термоперенесення вологи під дією градієнтного перерозподілу температури; рух та дифузія вільних і адсорбованих іонів, а також перенесення на мігруючих колоїдних частинках і кореневими системами рослин та ін. [6-10].

Важливу роль відіграє концентрація солей у ґрунтових розчинах, яка може змінюватись у 10 разів і більше, а із зростанням концентрації ґрунтового розчину суттєво (в 5-14 рази) збільшується коефіцієнт фільтрації [11].

Важливим фактором є кислотність ґрунту. Залежно від мінералогічного складу, вмісту гумусу, активності мікроорганізмів та інших чинників, властивості ґрунтового розчину у різних ґрунтах можуть бути різними (для більшості ґрунтів рН=3.5-9.0). Вміст органічних речовин коливається від 1-2% в сіроземах до 10-12% у потужних чорноземах [12].

Міграція радіонуклідів, що потрапляють в ґрунт, залежить і від густини трав'яного покриву. Якщо рослинність густа, то в землю потрапляє лише 20% радіонуклідів, а інші 80% включаються в процес міграції, який триває 1-5 років. Описаний механізм вертикальної міграції РН є по суті агрохімічним.

Проте міграцію РН можна описати і на основі наступних чотирьох процесів: конвекції, яка відображає направлене перенесення потоку маси; дисперсійно-дифузійного процесу; сорбції-адсорбції із повним спектром можливих фізико-хімічних взаємодій між РН та ґрунтом і механічне перенесення РН, сорбованих на інертних носіях.

Така спрощена механіко-детерміністична концепція базується на припущенні, що всі фізико-хімічні процеси, що керують міграцією РН в ґрунті, можуть бути строго описані. Більш реалістичною моделлю поширення радіонуклідів і радіоекологічного стану території є стохастична імовірнісна модель. Інтерпретація процесів поведінки хімічних сполук у ґрунтового покриві отримала найбільше застосування [13].

Аналіз останніх наукових досліджень. Продовжуючи започатковані в [6, 8] дослідження та аналізуючи

[7, 14] можна зробити висновок про їхню актуальність та перспективність. Тема статті відповідає тематиці загальнодержавної концепції "Національної програми охорони земель" та тісно пов'язана з держтемою: "Дослідження сучасного стану та розробка засобами ГІС-технологій і РЕМ-мікроскопії засад раціонального землекористування ерозійно-деградованих земель Волинської височини" (держреєстраційний номер 0111U002146), що виконувалась на кафедрі геодезії, землевпорядкування та кадастру Волинського національного університету імені Лесі Українки (2011-2012р.).

Мета даної роботи полягає у дослідженні можливості використання марковських властивостей (матриць Маркова) в оцінці радіоекологічного стану уражених територій, розробці математичного формалізму такого підходу.

Виклад основного матеріалу

I. Використання матриць Маркова при оцінці радіоекологічного стану території. Нехай на певний момент часу t_0 відомий радіоекологічний стан ураженої території. Щоб визначити стан середовища в момент часу $t_N = t_0 + N\tau$, змодельємо окремі зміни станів для моментів t_r і t_{r-1} лінійним операторним рівнянням [15, 16]

$$Q^r(i) = K(\tau) \cdot Q^{r-1}(i) \tag{1}$$

або спрощено

$$Q_r = K \cdot Q_{r-1} \tag{2}$$

де K – лінійний оператор $K(\tau)$ при фіксованому τ . Очевидно стан середовища для моменту t_N матиме вигляд:

$$Q_N = K(\dots((K \cdot Q_0)K)\dots),$$

або в більш компактній формі

$$Q_N = K^N \cdot Q_0. \tag{3}$$

Операторне рівняння (3) має властивість марковських ланцюгів, для яких справедливе наступне положення: незалежно від початкового стану Q_0 послідовність наступних станів, яким властиве співвідношення (2), має певний граничний стан Q^* , тобто

$$\lim_{r \rightarrow \infty} Q_r(i) = Q^*(i).$$

При цьому

$$Q^*(i) = K \cdot Q^*(i-1), \quad (4)$$

або в дискретній формі

$$\sum_i Q^*(i) = \sum_i Q_0(i),$$

що відповідає стану рівноваги.

Проте у випадку дії додаткових зовнішніх джерел впливу стан рівноваги порушується. Позначимо через $P_r(i)$ оператор зовнішніх впливів. Тоді співвідношення (2) матиме вигляд:

$$Q_r(i) = \sum_j Q_{r-1}(j) \cdot K_{ij} + P_r(i)$$

або

$$Q_r = K \cdot Q_{r-1} + P_r. \quad (5)$$

Але в цьому випадку можлива невизначеність, тому для повноти моделі (5) необхідно вказати способи подолання статистичної невизначеності вихідного матеріалу і дати математичний апарат імовірнісного інтерполювання просторових значень трансформацій радіоекологічного стану середовища [17,18].

Обмежимося для простоти одновимірним випадком. Зробимо такі припущення: нехай багатовимірний стан радіоекологічного стану описується векторами:

$$\bar{X} = \{X_i\}, \quad X = [x_1, x_2, \dots, x_k]^T \quad (6)$$

і вектором емпіричних вимірів $\bar{Z} = \{Z_i\}$. З вектора $\{X_i\}$ виділяється (x_1, x_2, \dots, x_m) перших m значень X , де m – вимірний вектор, що функціонально не пов'язаний з координатами x_{m+1}, \dots, x_k .

В загальному досліджувана система може описуватися такими двома матричними рівняннями:

$$\begin{aligned} X_n &= \Phi X_{n-1} + \Gamma \omega_n, \\ Z_n &= H X_n + v_n, \end{aligned} \quad (7)$$

де Φ, Γ, H – залежить від часу; $[n]$ – номер ітерації, ω_n – гаусівська випадкова послідовність з нульовим математичним очікуванням.

Матриця Γ для одновимірного випадку є матрицею-стовпцем з одним ненульовим елементом, тому другим доданком в першому рівнянні системи (7) можна нехтувати.

З врахуванням зроблених припущень перше рівняння системи (7) для n -ної ітерації запишеться так:

$$Q_0 = \begin{pmatrix} 19.00 & 31.00 & 21.97 & 86.72 & 118.00 & 63.80 & 33.00 & 0.0 & 0.0 \\ 20.37 & 32.79 & 12.31 & 44.34 & 110.59 & 49.85 & 42.00 & 0.0 & 0.0 \\ 21.57 & 74.80 & 8.00 & 29.06 & 18.00 & 34.74 & 26.00 & 0.0 & 0.0 \\ 19.00 & 86.00 & 47.00 & 28.00 & 11.00 & 25.13 & 28.97 & 0.0 & 0.0 \\ 22.61 & 78.11 & 47.56 & 45.00 & 14.13 & 32.24 & 31.00 & 0.0 & 0.0 \\ 34.21 & 48.97 & 75.68 & 54.81 & 12.00 & 34.00 & 32.28 & 0.0 & 0.0 \\ 36.00 & 50.00 & 86.00 & 70.00 & 32.00 & 35.73 & 45.72 & 0.0 & 0.0 \\ 7.00 & 6.00 & 19.00 & 64.76 & 32.57 & 38.00 & 47.00 & 0.0 & 0.0 \\ 23.00 & 11.17 & 16.99 & 42.47 & 36.50 & 39.28 & 52.00 & 0.0 & 0.0 \\ 24.00 & 11.00 & 10.00 & 17.61 & 38.31 & 45.34 & 48.00 & 0.0 & 0.0 \\ 23.07 & 11.83 & 10.44 & 11.62 & 36.40 & 48.96 & 48.74 & 0.0 & 0.0 \\ 21.56 & 12.72 & 19.16 & 4.37 & 43.35 & 49.35 & 57.87 & 0.0 & 0.0 \\ 22.00 & 12.00 & 20.83 & 2.00 & 45.00 & 44.97 & 61.00 & 0.0 & 0.0 \\ 18.79 & 12.57 & 18.67 & 5.05 & 41.13 & 36.78 & 32.00 & 40.00 & 47.00 \end{pmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}_n = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & \dots & a_{2m} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mm} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}_{n-1} + \Gamma \omega_n, \quad (8)$$

де a_{11} і т.д. – часткові похідні функції Φ .

Обчислення значень екстрапольованих \hat{X} здійснюється із застосуванням матриць Маркова за такою рекурентною схемою:

$$\begin{aligned} \hat{X}_1[n] &= a_{11} \hat{X}_1[n-1] + \dots + a_{1m} \hat{X}_m[n-1], \\ \hat{X}_2[n] &= a_{21} \hat{X}_1[n-1] + \dots + a_{2m} \hat{X}_m[n-1], \\ &\vdots \\ \hat{X}_m[n] &= a_{m1} \hat{X}_1[n-1] + \dots + a_{mm} \hat{X}_m[n-1]. \end{aligned} \quad (9)$$

Необхідні для таких обчислень апіорні імовірності w_k і p_{ij} знаходяться за відомими формулами теорії ймовірності [19, 20]

$$p_{ij}[n] = M\{\hat{X}_i[n-1] \hat{X}_j[n-1]\} = f(p_{ij}[n-1] a_{ij}), \quad (10)$$

де $1 \leq i, j \leq m$, а знак $M\{\dots\}$ означає операцію знаходження математичного очікування.

В такому підході загальною властивістю є марковість перехідних станів, тому прогнози, одержані таким чином можна трактувати як марковський прогноз [15, 16].

Як приклад, показано аналіз радіоекологічних змін окремо взятої території після Чорнобильської аварії через 10 і 20 років.

У відповідності з викладеним алгоритмом маємо:

- $N = 10$ – число циклів (років прогнозу);
- 14×9 – розмірність вихідної і прогнозних матриць;
- $*$ – означає відсутність даних.

Приклад практичного розрахунку матриць Маркова приведено на рис.1. Тут: матриця M_{t_0} отримано за модельними характеристиками радіоекологічного стану певної території на час екстремальної ситуації (t_0); матриця M_{t_1} розрахована для $t_1 = t_0 + 10$; матриця M_{t_2} – для $t_2 = t_0 + 20$. В розрахунках за функцію Φ взята багатofакторна лінійна регресійна модель [19, 20].

$Q_{10} =$	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>6.40</td><td>6.40</td><td>4.63</td><td>54.38</td><td>77.00</td><td>30.60</td><td>1.26</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>7.14</td><td>9.03</td><td>4.38</td><td>21.07</td><td>71.63</td><td>21.82</td><td>12.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>8.28</td><td>49.16</td><td>3.69</td><td>6.19</td><td>7.21</td><td>13.70</td><td>10.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>6.40</td><td>59.00</td><td>0.45</td><td>4.00</td><td>2.67</td><td>8.62</td><td>10.04</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>9.32</td><td>51.91</td><td>7.14</td><td>32.00</td><td>3.25</td><td>12.90</td><td>10.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>18.89</td><td>30.62</td><td>40.66</td><td>29.78</td><td>0.45</td><td>14.00</td><td>10.61</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>32.00</td><td>47.00</td><td>32.00</td><td>14.00</td><td>13.75</td><td>15.53</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>1.60</td><td>0.42</td><td>18.00</td><td>30.38</td><td>13.89</td><td>14.00</td><td>16.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>4.18</td><td>12.01</td><td>22.06</td><td>14.87</td><td>13.93</td><td>12.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>9.06</td><td>12.16</td><td>13.39</td><td>13.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>14.30</td><td>4.21</td><td>3.86</td><td>2.37</td><td>6.48</td><td>12.02</td><td>12.81</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>4.60</td><td>0.97</td><td>0.68</td><td>0.73</td><td>7.71</td><td>9.37</td><td>11.38</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>0.40</td><td>0.45</td><td>0.40</td><td>8.00</td><td>8.17</td><td>12.00</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>3.94</td><td>0.81</td><td>0.63</td><td>0.82</td><td>7.37</td><td>8.76</td><td>2.53</td><td>3.11</td><td>4.45</td></tr> </table>	6.40	6.40	4.63	54.38	77.00	30.60	1.26	0.0	0.0	7.14	9.03	4.38	21.07	71.63	21.82	12.00	0.0	0.0	8.28	49.16	3.69	6.19	7.21	13.70	10.00	0.0	0.0	6.40	59.00	0.45	4.00	2.67	8.62	10.04	0.0	0.0	9.32	51.91	7.14	32.00	3.25	12.90	10.00	0.0	0.0	18.89	30.62	40.66	29.78	0.45	14.00	10.61	0.0	0.0	20.00	32.00	47.00	32.00	14.00	13.75	15.53	0.0	0.0	1.60	0.42	18.00	30.38	13.89	14.00	16.00	0.0	0.0	10.00	4.18	12.01	22.06	14.87	13.93	12.00	0.0	0.0	16.00	4.00	4.00	9.06	12.16	13.39	13.00	0.0	0.0	14.30	4.21	3.86	2.37	6.48	12.02	12.81	0.0	0.0	4.60	0.97	0.68	0.73	7.71	9.37	11.38	0.0	0.0	4.00	0.40	0.45	0.40	8.00	8.17	12.00	0.0	0.0	3.94	0.81	0.63	0.82	7.37	8.76	2.53	3.11	4.45	;	$Q_{20} =$	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>8</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>5</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td><td>4</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>2</td><td>*</td><td>*</td><td>3</td><td>3</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>3</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>3</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>3</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>4</td><td>*</td><td>2</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> </table>	*	*	*	*	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*	*	*	8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	*	*	4	*	*	*	*	*	*	*	4	*	*	*	3	4	4	3	4	*	*	*	*	*	*	2	*	*	3	3	*	*	*	*	*	*	*	*	3	*	*	2	3	3	*	*	*	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	*	*	*	4	*	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6.40	6.40	4.63	54.38	77.00	30.60	1.26	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
7.14	9.03	4.38	21.07	71.63	21.82	12.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
8.28	49.16	3.69	6.19	7.21	13.70	10.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
6.40	59.00	0.45	4.00	2.67	8.62	10.04	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
9.32	51.91	7.14	32.00	3.25	12.90	10.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
18.89	30.62	40.66	29.78	0.45	14.00	10.61	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
20.00	32.00	47.00	32.00	14.00	13.75	15.53	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
1.60	0.42	18.00	30.38	13.89	14.00	16.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
10.00	4.18	12.01	22.06	14.87	13.93	12.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
16.00	4.00	4.00	9.06	12.16	13.39	13.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
14.30	4.21	3.86	2.37	6.48	12.02	12.81	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
4.60	0.97	0.68	0.73	7.71	9.37	11.38	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
4.00	0.40	0.45	0.40	8.00	8.17	12.00	0.0	0.0																																																																																																																																																																																																																																																								
3.94	0.81	0.63	0.82	7.37	8.76	2.53	3.11	4.45																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	4	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	4	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	4	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	8	*	*	*	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	5	*	*	4	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	4	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
3	4	4	3	4	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	2	*	*	3	3	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	3	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
2	3	3	*	*	*	3	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
3	*	*	*	4	*	2	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								
*	*	*	*	*	*	*	*	*																																																																																																																																																																																																																																																								

Рис.1. Матриці Маркова на час t_0 , t_1 і t_2 .

Комп'ютерна реалізація алгоритму марковського прогнозу показала, що він може бути реалізований двома шляхами, що відрізняються послідовністю застосування процедур перетворення матриць і прогнозу окремих елементів матриць. У символічній формі перший і другий підходи мають вигляд:

перший підхід

$$Q_0 \xrightarrow{\text{прогноз}} Q_0, Q_0 \xrightarrow{k} Q_1, Q_1 \xrightarrow{\text{прогноз}} Q_1, Q_1 \xrightarrow{k} Q_2,$$

другий підхід

$$Q_0 \xrightarrow{\text{прогноз}} Q_0, Q_0 \xrightarrow{k} Q_1, Q_1 \xrightarrow{k} Q_N.$$

При застосуванні першого підходу на кожному часовому циклі розв'язуються дві задачі: задача прогнозу і задача переходу до наступного часового k -річного, циклу.

В другому підході спочатку розв'язується задача прогнозу, а потім у всіх часових циклах – тільки задача переходу до наступного часового циклу.

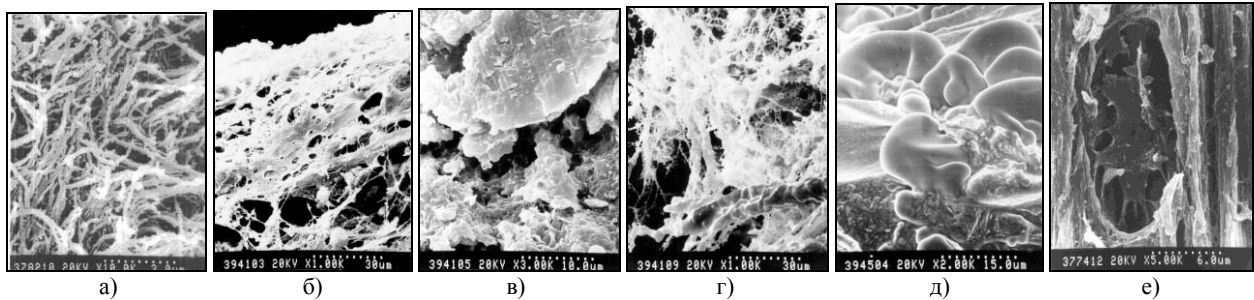


Рис.2. Морфологічні особливості перебудови кісткової тканини під впливом підвищеної радіації:

а) мікроструктура кісткової тканини в нормі, збільшення 10000^{\times} ; б) фрагмент губчастої кістки, ураженої враженого хворобою Пертеса, -1000^{\times} ; в) кортикальна частина кістки, враженої дистрофією, -3000^{\times} ; г) фрагмент ураженої остеоомою кістки, -1000^{\times} ; д) кістково-хрящовий екзостоз, фрагмент кістки, -2000^{\times} ; е) РЕМ-мікрофотографія кісткової лакуни, -5000^{\times} .

II. РЕМ-мікроскопія деструкції кісткової тканини

На територіях, радіоактивно вражених внаслідок Чорнобильської аварії, крім радіоактивного забрудненого ґрунтового і рослинного покриву спостерігаються суттєві деструктивні зміни кісткової тканини у людей і тварин [21]. На мікрофотографіях (рис.2, а, б, в, г, д, е) отриманих за допомогою сучасної електронної мікроскопії растрового типу (РЕМ "Hitachi-S800") показаний зразок здорової кісткової тканини людини (а) та зміни пов'язані з негативними зовнішніми процесами: ураження хворобою Пертеса (б), дистрофією (в), остеоомою, (г), кістковим хрящовим екзостозом (е), кістковою лакуною (д).

Відмічені деструктивні зміни обумовлені депонуванням в кістковій тканині головним чином радіоактивного цезію-137 і стронцію-90. Тривале надходження та інкорпорація їх у кістковій тканині супроводжується розвитком в кістках ряду структурних перебудов, найбільш вражених в зонах росту і адаптивного ремодулювання кістки.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Із комп'ютерного порівняння цих підходів можна зробити такий висновок: в першому підході розв'язується N задач прогнозування, а в другому тільки одна. Перший підхід не накопичує помилок прогнозування, а кожний раз уточнює прогноз при переході з одного часового циклу на інший. Другий підхід: перші спрогнозовані значення поширює послідовно на решту часових циклів, що приводить до накопичення помилок прогнозування з кожним часовим циклом. Очевидно, з точки зору точності, необхідно віддати перевагу першому підходу.

2. В сукупності розроблена методика дозволяє здійснювати на якісно новому рівні інтегровану оцінку, інтерпретацію та прогноз радіоекологічного стану території, а також вплив радіаційних, еко-антропогенних факторів на здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Макрелов Д.А. Определение зональной радиотолерантности как базис биоиндикации радиоэкологического состояния территории. // *Мат. Международного симпозиума Инженерная Экология*. – 2003. – М: ВСНТОРЕС им. А.С. Попова. – с. 77-81.
Makrelov D.A. Opredelenye zonalnoi radyotolerantnosti kak bazys bioindykatsyy radyoekologicheskoho sostoiannya terrtoryy [Definition of Zonal Radiotolerance as the Basis of bioindication of radioecological state of territory] // Mat. Mezhdunarodnoho sympozyumu Ynzhenernaia Ekolohiya. – 2003. – M: VSNTORES ym. A.S. Popova. – S. 77-81.
- Балалаев А.К. Эколого-микроморфологическая оценка эдафотопов лесных экосистем Степного Приднепровья (состояние, охрана, прогноз): автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / А.К. Балалаев. – Днепропетровск. 2005. – 24 с.
Balalaeв A.K. Ekoloho-mykromorfologicheskaiа otsenka edafotopov lesnuh ekosystem Steпноho Prydneprovya (sostoianye, okhrana, prohnolz) [Ecological-micromorphological evaluation of edafotops of forest ecosystems of Steppe Prydniprov'ye (state, protection, forecasting)]: avtoref. dys. kand. byol. nauk: 03.00.16 / A.K. Balalaeв. – Dnepropetrovsk. 2005. – 24 s.
- Косолапова Е.В. Екологічна оцінка забруднених земель різного використання Волинського і Житомирського Полісся цезієм-137: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Е.В. Косолапова. – Житомир, 2002. – 19 с.
Kosolapova E.V. Ekolohichna otsinka zabrudnennykh zemel riznoho vykorystannia Volynskoho i Zhytomyrskoho Polissia ceziyem-137 [Environmental assessment of contaminated lands of different utilization of Volyn and Zhytomyr Polesje by cesium-137]: avtoref. dys. kand. s.-h. nauk: 03.00.16 / E.V. Kosolapova. – Zhytomyr, 2002. – 19 s.
- Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах (Физико-химические механизмы и моделирование (Под ред. Р.М. Алексахина). М., 1981. – 96 с.
Prokhorov V.M. Myhratsiya radyoaktyvnyh zahriazneniy v pochvakh (Fyzyko-hymycheskye mehanyzmy u modelyrovanye [Migration of radioactive contaminations in soils (physicochemical mechanisms and modeling)] (Pod red. R.M. Aleksakhyna). M., 1981. – 96 s.
- Чорний С. Протиерозійна стійкість степових ґрунтів України / С. Чорний, Н. Нікончук // *Гене́за, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. на пошану проф. Львів. нац. ун-ту ім. Івана Франка Мирона Кита*. – Львів, 2008. – С. 579-584.
Chornyi S. Protyeroziyna stiykist' stepovykh gruntiv Ukrainy [Erosional-preventive resistance of steppe soils of Ukraine] / S. Chornyi, N. Nikonchuk // Geneza, heohrafiya ta ekolohiia gruntiv: zb. nauk. pr. na poshanu prof. Lviv. nats. un-tu im. Ivana Franka Myrona Kita. – Lviv, 2008. – S. 579-584.
- Бліндер Ю.С. Дослідження вертикальної міграції радіонуклідів методами РЕМ-мікроскопії / Ю.С. Бліндер, Я.І. Країло // *Науковий вісник ВДУ, Р. 2, Географічні науки*, – № 7, 2003. – С. 98-105.
Blinder Yu.S. Doslidzhennia vertykalnoi mihratsii radionuklidiv metodamy REM-mikroskopii [The study of vertical migration of radionuclides by SEM-microscopy methods] / Yu.S. Blinder, Ya.I. Krailo // Naukovyi visnyk VDU, R. 2, Heohrafični nauky, – № 7, 2003. – S. 98-105.
- Ефремов И.В. Математическое моделирование миграции радионуклидов в почвенно-растительных комплексах / И.В. Ефремов, Н.Н. Рахимова, Е.Е. Савченкова, К.Я. Гафарова // *Вестник ОГУ, №9. Оренбург*, 2005. – С. 129-133.
Efremov Y.V. Matematycheskoe modelyrovanye myhracui radyonuklydov v pochvenno-rastytelnykh kompleksah [Mathematical modeling of radionuclide migration in soil-cover complexes] / Y.V. Efremov, N.N. Rakhymova, E.E. Savchenkova, K.Ya. Hafarova // Vestnyk OHU, № 9. Orenburh, 2005. – S. 129-133.
- Бліндер Ю.С. Математичне моделювання вертикальної міграції радіонуклідів у ґрунті / Ю.С. Бліндер // *Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник*, № 63, 2003. – С. 25-28.
Blinder Yu.S. Matematychnе modelyuvannia vertykalnoi mihratsii radionuklidiv v grunty [Mathematical Modeling of vertical migration of radionuclides in soil] / Yu.S. Blinder // Heodeziya, kartohrafiya i aerofotoznimannia. Mizhvidomchyi naukovotekhnichniy zbirnyk, №63, 2003. – S. 25-28.
- Квасникова Е.В. Цезий-137 в почвах ландшафтов через 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС / Е.В. Квасникова, О.М. Жукова, С.К. Гордеев, Д.А. Манзон // *Известия РАН. Серия географическая. М.: Известия РАН*, 2009 №5.
Kvasnykova E.V. Cezyi-137 v pochvakh landshaftov cherez 20 let posle avaryy na Chernobul'skoi AES [Cesium-137 in the soils of terrains 20 years after the accident on Chernobyl AES] / E.V. Kvasnykova, O.M. Zhukova, S.K. Hordeev, D.A. Manzon // Yzvestiya RAN. Seryia heohrafycheskaia. M.: Yzvestiya RAN, 2009 №5
- Манзон Д.А. Радиационный мониторинг в Брянском полесье через 21 год после аварии на Чернобыльской АЭС [текст] / Д.А. Манзон // *Конференция молодых учёных, посвящённая 100-летию Е.К. Федорова (16-19 ноября 2009г.)*: труды института прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова. – М.: ИПГ им. Е.К. Федорова, 2010.
Manzon D.A. Radyatsyonnyi monitoryng v Brianskom polese cherez 21 hod posle avaryy na Chernobul'skoi AES [tekst] [Radiation Monitoring in Brjansk Polesje 21 years after the accident on Chernobyl AES] / D.A. Manzon // Konferentsiya molodukh uchyonukh, posviashchyonnaia 100-letyiu E.K. Fedorova (16-19 no-iabria 2009h.): trudu ynstytuta prykladnoi heofyzyky ymeny akademyka E.K. Fedorova. – M.: YPH ym. E.K. Fedorova, 2010.
- Шевченко А.Л. Трансформация первоначальных выпадений радионуклидов и скорость их проникновения на глубину в различных типах почв // *Охрана природы при мелиорации земель. Укр. НИИ гидротехнологии и мелиорации*. – Киев, 1991. – С.21-27.
Shevchenko A.L. Transformatsiya pervonachalnykh vupadeniy radionuklydov u skorost yh pronyknoveniya na hlubynu v razlychnnykh tyпах pochv [Transformation of primary drop-over of radionuclides and the speed of their penetration into the depth in different kinds of soils] // Okhrana pryrodu pry melyoratsyy zemel. Ukr. NYU hydrotekhnolohyy u melyoratsyy. – Kyev, 1991. – S. 21-27.
- Бондарьков М.Д. Изучение глобальных выпадений, связанных с атомными взрывами / М.Д. Бондарьков, М.В. Желтоножская // *Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля*. – вып. 5. – 2006 – С. 157-160.
Bondarkov M.D. Yzuchenye hlobalnykh vupadeniy, svyazannykh s atomnyimi vzyryvami [Study of Global drop-over, connected with nuclear power explosions] / M.D. Bondarkov, M.V. Zheltonozh'skaia // Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsii i Chornobyliya. – vup. 5. – 2006 – S. 157-160.
- Янчук В.М. Методы та засоби математичного моделювання міграції радіонуклідів у природних екосистемах / В.М. Янчук, М.М. Колодницький, А.М. Ковальчук, В.Г. Левицький, О.О. Орлов // *Т.1.: Від аналізу до математичної моделі*. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 142 с.
Yanchuk V.M. Metody ta zasoby matematychnoho modelyuvannia mihratsii radionuklidiv u pryrodnykh ekosystemakh [Methods and tools of mathematical modeling of radionuclide migration in natural ecosystems] / V.M. Yanchuk, M.M. Kolodnytskyi, A.M. Kovalchuk, V.H. Levytskyi, O.O. Orlov // T.1.: Vid analizu do matematychnoi modeli. – Zhytomyr: ZhITI, 2002. – 142 s.
- Булавацький В.М. Некласичні математичні моделі процесів тепло- та масопереносу / В.М. Булавацький, Ю.Г. Кривонос, В.В. Скопєцький. – К.: Наукова думка, 2005. – 254 с.
Bulavatskyi V.M. Neklasychni matematychni modeli protsesiv teplo- ta masoperenosu [Nonclassical mathematical models of heat and mass transport] / V.M. Bulavatskyi, Yu.H. Kryvonos, V.V. Skopetskyi. – K.: Naukova dumka, 2005. – 254 s.
- Чжун Кай-Лай. Однородные цепи Маркова. Пер. с англ. М.: Мир, 1964. – 425 с.

- Chzhun Kai-Lai. *Odnorodnye tsepy Markova [Markov homogeneous chains]*. Per. s anhl. M.: Myr, 1964. – 425 s.
- Rabiner L. Atutorial on hidden Markov models and selected application in speech recognition *Procc. IEEE*. 1989. – №2. – p. 257-285.
- Rabiner L. *Atutorial on hidden Markov models and selected application in speech recognition Procc. IEEE*. 1989. - №2. - P. 257-285.
17. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 383 с.
- Ventsel E.S. *Teoriya sluchainuh protsessov y ee ynzhenemue prylozheniya [Theory of random processes and its engineering applications]* / E.S. Ventsel, L.A. Ovcharov. – М.: Nauka, 1991. – 383 s.
18. Федоровский О.Д. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов с использованием Марковской модели изображений / О.Д. Федоровский, В.Г. Якимчук, С.О. Рябобоненко // *Космическая наука и технология* №5-6, 2001. – С. 80-84.
- Fedorovskiy O.D. *Deshyfyrovanye kosmycheskykh snymkov landshafinukh kompleksov s yspolzovanyem Markovskoi modely yzobrazheniy [Decoding of satellite images of terrain complexes with the appliance of Markov model of images]* / O.D. Fedorovskiy, V.H. Yakymchuk, S.O. Riabokononko // *Kosmycheskaia nauka y tekhnolohyia* №5-6, 2001. – S. 80-84.
19. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов / А.Д. Вентцель. – М.: Наука, 1978. – 320 с.
- Ventsel A.D. *Kurs teoryy sluchainuh protsessov [Course of the Theory of random processes]* / A.D. Ventsel. – М.: Nauka, 1978. – 320 s.
20. Корн Г. Справочник по математике. / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1970. – 720 с.
- Korn H. *Spravochnyk po matematyke [Guide in Mathematics]* / H. Korn, T. Korn – М.: Nauka, 1970. – 720 s.
21. Мельник В.М. Кількісна стереомікрофрактографія: Монографія [Текст] / В.М. Мельник, А.В. Шостак. – Вид. «Твердіня». – М. Луцьк, 2010. – 457 с.
- Melnyk V.M. *Kilkisna stereomikrofraktohrafia: Monohorafia [Quantitative stereomicrofracturing. Monograph]* [Tekst] / V.M. Melnyk, A.V. Shostak. – Vyd. «Tverdnyia». – M. Lutsk, 2010. – 457 s.

Melnyk V.M., Blinder J.S., Mendel V.P. Mathematical formalism transformation radiation using state of the Markov matrices and SEM-microscopy

Abstract. The question of time transformation of radio-ecological state of the affected area is investigated from a general mathematical-formalistic positions. It is shown that such transformations correspond to Markov processes that are offered to be characterized by Markov matrices. The predictive algorithm is given as a system of matrix equations of Kalman's type. The integrated radio-ecological assessment with the appliance of modern SEM-microscopy is proposed.

Keywords: radioecology, predictability, Markov matrices, SEM-microscopy

Мельник В.Н., Блиндер Ю.С., Мендель В.П. Математический формализм трансформации радиоэкологического состояния территории с применением матриц Маркова и РЭМ-микроскопии

Аннотация. Рассмотренные из общих математически-формалистических позиций вопрос трансформации во времени радиоэкологического состояния пораженной территории. Показано, что подобные трансформации соответствуют марковским процессам, которые предлагается характеризовать матрицами Маркова. Дано прогнозный алгоритм в виде системы матричных уравнений калмановской типа. Предлагается интегрированная радиоэкологическая оценка с применением современной РЭМ-микроскопии.

Ключевые слова: радиоэкология, прогнозирования, матрицы Маркова, РЭМ-микроскопия

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