

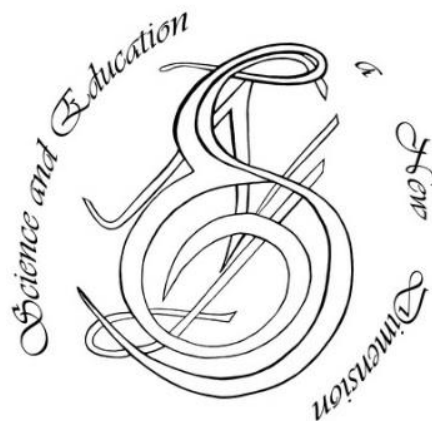
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, IV(10), ISSUE 91, 2016

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

**NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES**



www.seanewdim.com

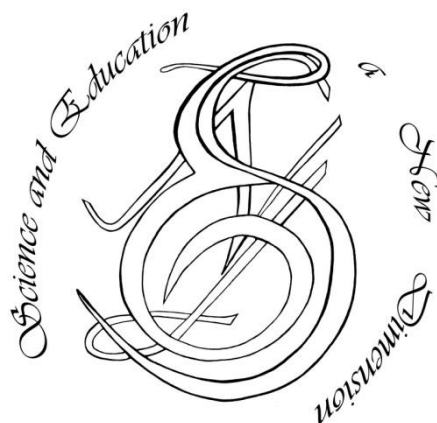
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

IV(10), Issue 91, 2016

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

Natural and Technical Sciences



Editorial board

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

Honorary Senior Editor:

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

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

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

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

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

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

Irina S. Shevchenko, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Managing editor:

Barkáts N.

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe
BUDAPEST, 2015

Statement:

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

INDEX COPERNICUS:	ICV 2014: 70.95
GLOBAL IMPACT FACTOR	2013: 0.545 ; 2014: 0.676 ; 2015: 0.787
INNO SPACE SCIENTIFIC JOURNAL IMPACT FACTOR:	2013: 2.642 ; 2014: 4,685
ISI (INTERNATIONAL SCIENTIFIC INDEXING) IMPACT FACTOR:	2013: 0.465 ; 2014: 1.215
DIRECTORY OF RESEARCH JOURNAL INDEXING	
ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY	
UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK	
SCRIBD	
ACADEMIA.EDU	
GOOGLE SCHOLAR	

CONTENT

BIOLOGY	7
Компонентный состав эфирного масла <i>Mentha x rotundifolia</i> (L.) Huds <i>Л. А. Хлыпенко, С. А. Феськов</i>	7
CHEMISTRY	10
Повышение работоспособности патронированных эмульсионных энергоконденсированных систем <i>И. Л. Коваленко, Д. В. Киященко, Е. П. Оноприенко</i>	10
FOOD INDUSTRY	14
The use of red currants squash in the soft cheese technology <i>Yu. R. Hachak, N. B. Slyvka, O. R. Myhaylytska, V. A. Nagovska</i>	14
Реологічні характеристики пряничного тіста з біодобавками <i>Н. Ю. Ярошенко</i>	17
IMMUNOLOGY	21
Молекулярна алергодіагностика як метод диференційного підходу до вибору алергоімунотерапії при алергії на домашніх тварин <i>С. О. Зубченко, С. Д. Юр'єв, С. Р. Маруняк</i>	21
INFORMATION TECHNOLOGIES	29
Імплементація специфічного UI мобільного додатку у Android Lollipop <i>О. Г. Хамула, Н. В. Сорока</i>	29
MEDICAL SCIENCE	32
Оцінка імунотоксичного впливу нітроксоліну в умовах експерименту на лабораторних тваринах <i>Г. І. Яськів</i>	32
Peculiarities of cerebellar cortex ultrastructure under the influence of opioid in experiment <i>L. R. Mateshuk-Vatseba, A. M. Bekesevych</i>	36
KARTOGRAPHY	41
Трансформування картографічних проєкцій за методом Кригінга <i>В. Мельник, В. Расюн, Н. Муляр</i>	41
PHYSICS	46
The use of the structural units for the description of the short-range order in the amorphous substances <i>V. P. Ivanitsky, V. S. Kovtunencko, M. M. Ryaboschuk, M. V. Stojka</i>	46
Фрактальний аналіз РЕМ-зображень із застосуванням вейвлетів <i>В. Мельник, О. Піскунова, Л. Вакулюк</i>	50
Інтегративна методологія нанометричної інтерпретації оцінки РЕМ зображень, отриманих в режимі катодоліумінесценції і вторинної електронної емісії <i>В. Мельник, А. Шостак, Ю. Мельник</i>	55

PHYSIOLOGY	62
Гидростатический фактор кровообращения в биоритмологическом обеспечении здоровья и работоспособности у спортсменов <i>Е. Н. Гречко, А. Н. Демин, А. А. Кузнецов</i>	62
TECHNICAL SCIENCES	66
Graph visualization in a heterogeneous environment by means of algebra algorithms <i>T. M. Basyuk, A. S. Vasylyuk</i>	66
Комп'ютерна програма синтезу зображення на відбитку для нової інформаційної та традиційних технологій кольорового друку <i>Б. М. Ковальський, М. Р. Семенів, М. В. Шовгенюк</i>	72
TELECOMMUNICATIONS	79
The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services <i>N. Kniazieva, L. Zimenko, T. Kunup</i>	79

BIOLOGY

Компонентный состав эфирного масла *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds

Л. А. Хлыпенко, С. А. Фесков*

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта, АР Крым
*Corresponding author. E-mail: sergey.feskoff@yandex.ru

Paper received 01.03.2016; Accepted for publication 12.03.2016.

Аннотация. Приведены данные о массовой доле и компонентном составе эфирного масла *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds. интродуцированной из Молдовы. Родиной является Средиземноморье, Средняя и Атлантическая Европа. Массовая доля эфирного масла составляет 0,45 % от сырой массы (2,0 % от абсолютно сухой массы). В эфирном масле выявлены и идентифицированы 53 компонента. Основные компоненты эфирного масла – карвон 69,1 % и лимонен 9,4 %. Приводятся перспективы по использованию в пищевой и парфюмерно-косметической промышленности в качестве натурального ароматизатора и консерванта.

Ключевые слова: *Mentha x rotundifolia*, интродукция, эфирное масло, компонентный состав, карвон.

Введение. Виды рода *Mentha* L. издавна используются для производства эфирного масла. *Mentha piperita* L. и *M. arvensis* L. – основные виды, используемые для этих целей. Из их сырья получают эфирное масло с типичным мятным ароматом, основными компонентами которого являются ментол (55 - 87,6 %) и ментон (до 30%) [1]. Третьим промышленным видом является *Mentha spicata* L., которая носит коммерческое название «spearmint». Эфирное масло (oil of spearmint) получают из нескольких видов мяты: *Mentha viridis* L., *Mentha cardiaca* J. Gerard ex Baker [2] и *Mentha spicata* L. Эфирное масло этих видов мяты обладает характерным ароматом, основным компонентом которого является карвон. Эфирное масло «spearmint» широко используется для ароматизации жевательных резинок и зубных паст [3].

Краткий обзор публикаций по теме. *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds. [2] является гибридом *Mentha longifolia* (L.) Huds. и *M. suaveolens* Ehrh. (2n=24) [4]. В природе распространена в Средней и Атлантической Европе, Средиземноморье. Как одичавшее изредка встречается по дорогам в Западной Сибири, Средней Азии, Закавказье [5]. Культивируется в ботанических садах Европы, в Египте, используется как пряность и добавка к черному и травяному чаю под названием «яблочная мята», а также – в салаты, супы, мясные, рыбные и овощные блюда, в различные напитки, многие сладкие блюда и домашнюю выпечку [6].

Цель. Определение массовой доли и компонентного состава эфирного масла *Mentha x rotundifolia*.

Материалы и методы. Материалом для исследования служил образец *M. x rotundifolia*, полученный из Молдовы (г. Кишинева, ботанический сад Академии наук).

Интродукционное изучение проводили по методике, принятой в лаборатории ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада [7]. Учет урожая проводили в период бутонизации растений. Сырье срезали вручную и сразу же взвешивали. Массовую долю эфирного масла определяли методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга из свежесобранного сырья [8]. Компонентный состав эфирного масла исследовали на хроматографе Agilent Technology 6890N с масс-спектрометрическим детектором 5973N. Условия анализа: хроматографическая колонка кварцевая, капиллярная HP 5MS. Температура

испарителя 250°C. Газ-носитель – гелий. Скорость газа носителя 1 мл/мин. Ввод пробы с делением потока 1/50. Температура термоса 50°C с программированием 3°C/мин до 220°C. Температура детектора и испарителя 250°C. Компоненты эфирных масел идентифицировали по результатам поиска полученных в процессе хроматографирования масс-спектров химических веществ, входящих в исследуемые смеси, с данными библиотеки масс-спектров NIST02 (более 174000 веществ). Индексы удерживания компонентов рассчитывали по результатам контрольных анализов эфирных масел с набором нормальных алканов [9].

Результаты и их обсуждение. *Mentha x rotundifolia* – мята круглолистная «мята яблочная» – многолетнее травянистое растение семейства Lamiaceae высотой 40-60 см. Листья сидячие, яйцевидные, заостренные на верхушке, края листьев городчато-зубчатые, сверху – зеленые, снизу – беловато-войлочные, морщинистые, толстоватые, 5-6 см длиной и 3-3,5 см шириной. Цветки мелкие, собраны в узкое цилиндрическое густое колосовидное соцветие 3-6 см длиной и 5-6 мм шириной, венчик цветка светло-сиреневый, плод орешек, округлый, темно-коричневый. Цветет в условиях Южного берега Крыма в августе-сентябре.

Исследованиями ученых при изучении *Mentha x rotundifolia* выделены два хемотипа. Установлено, что основным компонентом эфирного масла образца из Болгарии является – карвон 83%, а у образца из Португалии – пиперитенооксид 75%. Вид устойчив к болезням и вредителям (ржавчина, мучнистая роса, клещ) [1].

Эфирное масло *Mentha x rotundifolia*, интродуцированной из Молдовы, представляет собой бесцветную подвижную жидкость, имеющую фруктовый аромат с яблочными нотами и органолептическую оценку 4,0 балла (по 5-ти балльной шкале). Массовая доля эфирного масла составляет 0,45% от сырой массы (2,0% от абсолютно сухой массы). В эфирном масле выявлены и идентифицированы 53 компонента. Основными являются кетон карвон (carvone) 69,1% и монотерпен limonene 9,4% (таблица 1, рисунок 1).

Кроме основных компонентов в эфирном масле содержатся монотерпен 1,8-cineole (3,9%); сесквитерпены β -bourbonen (2,1%), trans-caryophyllene (1,8%), germakren D (1,3%), а также фенол thymol (1,4%) и спирт p-ment-1-en-8-ol (1,3%). Остальные компоненты не достигают 1%.

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла *Mentha x rotundifolia*

Наименования компонентов	Время выхода, мин.	Массовая доля компонентов, %
Ethanol	1,3	0,7
Hex-3-en-ol	3,6	0,2
Tujene	5,1	0,02
α - pinene	5,2	0,2
Camphene	5,5	0,01
Sabinene	6,1	0,3
β -pinene	6,2	0,5
1-octen-3-ol	6,2	0,04
β -myrcene	6,6	0,3
Octan-3-ol	6,6	0,8
Hex-3-en-1-ol acetate	6,9	0,03
α -terpinene	7,2	0,02
p-cymene	7,3	0,2
1,8-cineole	7,5	3,9
Limonene	7,6	9,4
Trans-ocimene	7,8	0,2
Cis-ocimene	8,2	0,2
γ -terpinen	8,4	0,1
Trans-sabinenhydrate	8,6	0,1
α -terpinolene	9,31	0,02
Linalool	9,6	0,3
Octen-1-ol acetate	10,0	0,03
Octen-3-ol acetate	10,4	0,02
Camphor	10,5	0,1
Limonene oxide	10,6	0,04
Pinocarveol	10,7	0,1
neral	10,9	0,05
Menton	11,0	0,06
geraniol	11,1	0,05
δ -Terpineol	11,5	0,5
Terpene-4-ol	11,9	0,1
Dihydrocarvon	12,2	0,3
p-ment-1-en-8-ol	12,4	1,3
Carveol	13,4	0,4
Carvone	13,9	69,1
Piperiton	14,1	0,8
Thymol	16,1	1,4
α -copaene	18,6	0,1
β - bourbonen	18,8	2,1
β - elemen	19,1	0,1
α - guryunen	19,6	0,1
Trans-caryophyllene	19,8	1,8
α - amorphen	20,6	0,3
Gumelen	20,8	0,1
β -farnesene	21,1	0,4
Germakren D	21,6	1,3
Bicyclogermakren	22,1	0,2
Germakren A	22,3	0,1
γ -cadinene	22,7	0,1
δ -cadinene	22,9	0,1
Caryophyllene oxide	24,3	0,4
Virydiflorol	24,7	0,8
α - kadinol	26,3	0,2

По массовой доле преобладают кетоны (70,4%), обладающие антисептическим, противовоспалительным, седативным и обезболивающим действием; монотерпены (15,5%) вследствие своей летучести и запаха особенно ценны для производства душистых веществ. Сесквитерпены, массовая доля которых составляет 7,7%, входят в число наиболее мощных противовоспалительных компонентов эфирных масел [10].

Установлено, что *Mentha x rotundifolia* в условиях

Южного берега Крыма, полностью проходит все фазы развития и формирует полноценные семена, не повреждается вредителями и не поражается болезнями.

Выводы. Определен компонентный состав эфирного масла *Mentha x rotundifolia* интродуцированной из Молдовы, идентифицированы 53 компонента, доминирующим является carvone 69,1%. Токсичные компоненты, такие как пулегон, отсутствуют.

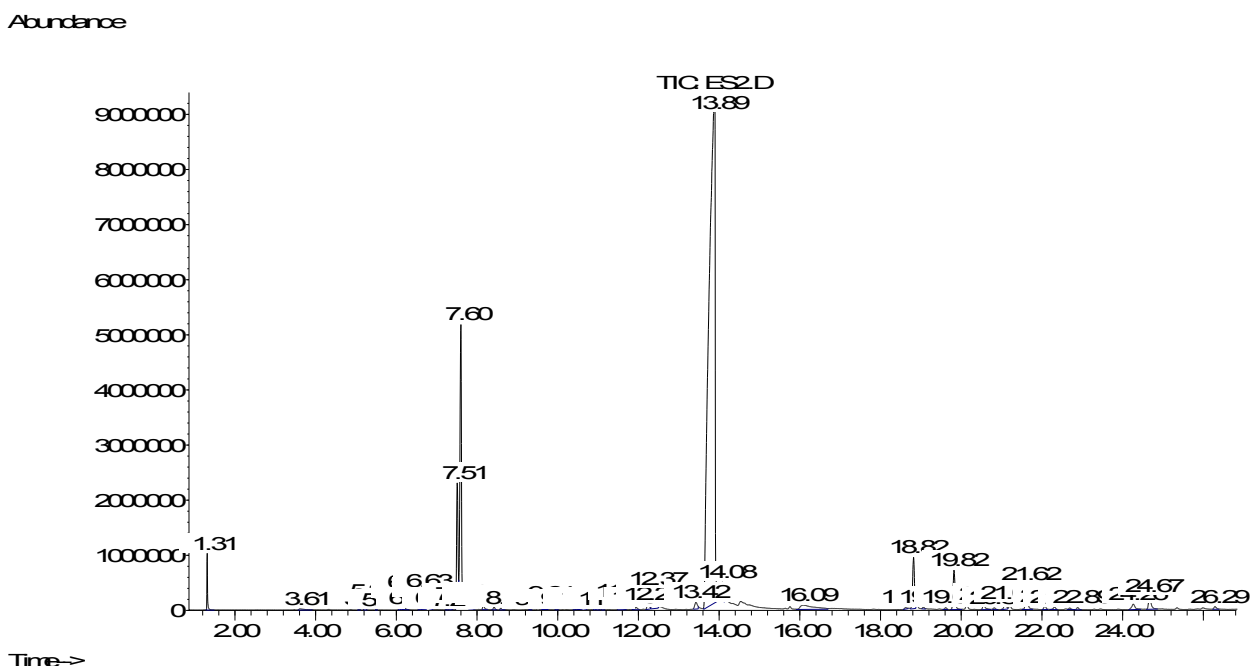


Рис. 1. Хроматограмма эфирного масла *Mentha x rotundifolia*

Эфирное масло карвонного хемотипа можно рекомендовать для использования в пищевой и парфю-

мерно-косметической промышленности в качестве натурального ароматизатора и консерванта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелудько Л.П. Мята перцева (селекция і насінництво) // Видавництво «Полтава», 2004. – 200 с.
2. Index Kewensis, 2012.
3. Физико-химические показатели масла мяты различного происхождения / <http://www.vesex.ru/pdf/mentha.pdf>
4. Flora Europaea / Cambridge: C. University press, 1972. – Vol. 3. – P. 185-186.
5. Флора СССР / М. – Л.: изд-во АН СССР. – 1954. – Т. XXI. – С. 622 –623.
6. Похлебкин В.В. Мята яблочная (*Mentha rotundifolia*) // Пряности, специи, приправы. – М.: Эксмо, 2011. – 256 с.
7. Исиков В.П. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных культур / Работягов В.Д., Хлыпенко Л.А., Логвиненко И.Е., Логвиненко Л.А., Кутько С.П., Бакова Н.Н., Марко Н.В. // Методологические и методические аспекты. Ялта: Никитский ботанический сад, 2009. – 110 с.
8. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / М. – Л., 1962. – 520 с.
9. Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of Flavor and Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography // Academic Press rapid Manuscript Reproduction, 1980. – 472 p.
10. Палий А.Е., Работягов В.Д., Ежов В.Н. // Терпеновые и фенольные соединения пряно-ароматических растений коллекции НБС-ННЦ (справочное пособие). – Ялта, 2014. – 128 с.

REFERENCES

1. Sheludko L.P. Peppermint (breeding and seed) // Publishing "Poltava", 2004. – 200 p.
2. Index Kewensis, 2012.
3. The physico-chemical parameters of different origin of peppermint oil / <http://www.vesex.ru/pdf/mentha.pdf>
4. Flora Europaea / Cambridge: C. University press, 1972. – Vol. 3. – P. 185-186.
5. Flora of the USSR / M - L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. – 1954. – Т. XXI. – P. 622-623.
6. Pohlebkin V.V. Apple mint (*Mentha rotundifolia*) // Herbs, spices, seasonings. - M.: Eksmo, 2011. – 256 p.
7. Isikov V.P. Introduction and breeding of aromatic and medicinal plants / Rabotaygov V.D., Khlypenko L.A., Logvinenko I.E., Logvinenko L.A., Kutko S.P., Bakova N.N., Marko N.V. // Methodological and methodical aspects. Yalta: Nikitsky Botanical Gardens, 2009. – 110 p.
8. Ermakov A.I. Methods of biochemical research of plant / M. – L., 1962. – 520 p.
9. Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of Flavor and Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography // Academic Press rapid Manuscript Reproduction, 1980. – 472 p.
10. Paliy A.E., Rabotaygov V.D., Ezhov V.N. // Terpene and phenolic compounds of aromatic plants of the collection NBS-NSC (handbook). – Yalta, 2014. – 128 p.

Component composition of the essential oil of *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds Khlypenko L., Feskov S.

Abstract. The article presents data on the mass part and component composition of the essential oil of *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds., introduced from Moldova. It is native to the Mediterranean region, Central and Atlantic Europe. Mass fraction of the essential oil is 0,45% of the wet weight (2,0% of the absolutely dry weight). Fifty-three components were found and identified in the essential oil. The main components of the essential oil are carvone 69,1% and limonene 9,4%. Prospects have been given for its use in the food industry and perfumery as a natural flavorant and preservative.

Keywords: *Mentha x rotundifolia*, introduction, essential oil, component composition, carvone.

CHEMISTRY

Повышение работоспособности патронированных эмульсионных энергоконденсированных систем

И. Л. Коваленко¹, Д. В. Киященко², Е. П. Оноприенко²

¹Украинский государственный химико-технологический университет, Днепропетровск, Украина

²ООО «Укрвзрывтехнология», Харьков, Украина

*Corresponding author. E-mail: il-kovalenko@mail.ru¹, kiyashenko@yandex.ua², snv@tourstroy.com.ua³

Paper received 21.06.2016; Accepted for publication 05.06.2016.

Аннотация. Приведен способ повышения работоспособности патронированных эмульсионных энергоконденсированных систем за счет совместного введения в эмульсию активного порошка алюминия и жидкого хлорафина ХП-470. Показана нецелесообразность введения АНФО в состав патронированных эмульсионных ВВ. Приведены результаты сравнительных испытаний бризантности эмульсионных ВВ с различными микросферами. Результаты исследований реализованы в технологии производства эмульсионных патронов диаметром от 32 мм с высокими параметрами работоспособности (теплота взрыва и скорость детонации).

Ключевые слова: эмульсия, энергоконденсированные системы, алюминий, хлорафин.

Введение. Патронированные взрывчатые вещества (ВВ), широко используемые в Украине, представлены прежде всего тротилсодержащим Аммонитом №6ЖВ. Тротил – высокотоксичное вещество, которое вызывает более 30 профессиональных заболеваний персонала, опасен в обращении и выделяет при взрыве большое количество вредных газов. Безопасной альтернативой тротиловым шашкам и патронам Аммонита №6ЖВ являются патронированные взрывчатые вещества на основе эмульсионных энергоконденсированных систем (ЭКС). В Украине существует успешный опыт создания и внедрения безопасных наливных эмульсионных ЭКС в карьерах и подземных рудниках. Однако технология подземных разработок предполагает использование, наряду с наливными ЭКС и гранулированными ВВ для пневмозаряжения, эмульсионных ВВ в патронированном виде.

Краткий обзор публикаций по теме. Патронированные ВВ в подземных условиях используются: 1) для формирования шпуровых зарядов; 2) для формирования накладных зарядов при измельчении негабаритов горных пород; 3) как промежуточный детонатор скважинных зарядов. Данные области применения обуславливают различие требований к детонационным параметрам патронированных эмульсионных ВВ. Если для шпуровых зарядов и промдетонаторов определяющим является бризантное действие, которое обеспечивается высокой скоростью детонации, то для измельчения негабарита требуется сочетание бризантности и высокой энергонасыщенности ВВ с более длительным воздействием газообразных продуктов, совершающих работу взрыва.

Среди прочих требований, предъявляемых подземными рудниками Украины к патронированным эмульсионным ЭКС, является их твердообразность (для ручного заряжения шпуров) и длительное (не менее 4-6 месяцев) сохранение физической стабильности и высоких детонационных параметров.

Как известно [1-2], эмульсионные энергоконденсированные системы представляют собой обратные эмульсии высококонцентрированного раствора окислителя (91-93% масс.) в углеводородной среде (7,0-9,0% масс.). Эмульсионные ЭКС малочувствительны

к внешним физическим воздействиям, и способны детонировать только при введении в них сенсibilизаторов (полых микросфер или газогенерирующих добавок, которые снижают плотность эмульсии).

Химическая газогенерация, с успехом используемая для сенсibilизации наливных ЭВВ, практически не применима для патронированных эмульсионных ЭКС с длительным сроком хранения. Исходя из этого, сенсibilизацию патронированной эмульсии осуществляют введением полых микросфер (полимерных или стеклянных). На данный момент в литературе отсутствуют данные об однозначном преимуществе микросфер того или иного типа.

Низкая чувствительность эмульсионных ЭКС связана со значительным содержанием воды, которая нужна для растворения солей-окислителей – нитратов аммония, кальция или натрия. Вода является флегматизатором за счет отбора тепла на испарение из зоны химической реакции взрывчатого превращения – увеличение содержания воды в ЭКС на 1% масс. приводит к снижению работоспособности взрывчатой системы на 1,7% [3]. ЭВВ, содержащие более 10% воды имеют критический диаметр открытого заряда не менее 35-40 мм, и не могут быть использованы для изготовления патронов малого диаметра (32-38 мм), которые обычно используются для заряжения шпуров и в условиях подземной добычи руды.

Некоторые производители [2,4] уменьшают общее содержание воды в ВВ за счет введения в состав эмульсионной ЭКС 20...40% гранулированной аммиачной селитры или ее смесей с жидким горючим (АНФО). Подобные системы, которые получили название «тяжелых эмульсий», по-сути являются смесевыми ВВ, которым присущ селективных характер детонации, параметры которой зависят не только от состава и дисперсности эмульсий, но и от свойств гранулированной фазы (размер частиц, пористость и т.д.) [5]. Введение аммиачной селитры или АНФО обеспечивает повышение теплового эффекта взрыва ВВ, однако существенно снижает скорость детонации [5], т.е. отрицательно сказывается на бризантности ВВ. Кроме того, гранулы аммиачной селитры являются центрами кристаллизации диспер-

сной фазы эмульсии, что отрицательно сказывается на стабильности и детонационных параметрах ЭКС.

Обеспечить высокую стабильность патронированного ЭВВ с содержанием воды до 10% масс. в течение длительного времени удалось в технологии патронированных эмульсионных взрывчатых веществ Украинит-П [6] за счет высокой дисперсности эмульсии и введения стабилизатора. Введение стабилизатора – воска парафинового нефтяного обеспечило существенное повышение вязкости системы до твердобразного состояния. Это привело к сохранению высокодисперсного состояния и детонационных параметров ЭВВ в течение 4-6 месяцев.

Опыт промышленного использования Украинит-П показал, что по бризантному действию он не уступает тротиловым ВВ. Однако при разрушении негабаритов этого ВВ требовалось на 30-40% больше, чем Аммонита № 6ЖВ. Аммонит № 6ЖВ имеет повышенную работоспособность благодаря высокой теплоте взрыва $Q = 4312$ кДж/кг и скорости детонации $D \leq 4,8$ км/с.

В то же время, эмульсионное ВВ, содержащее до 10% масс. воды не может иметь теплоту взрыва выше, чем 3400 кДж/кг, при достаточно высокой скорости детонации $D = 4,7-5,1$ км/с.

Цель. Повышение работоспособности эмульсионных патронированных энергоконденсированных систем за счет существенного увеличения теплоты взрыва (фугасное действие взрыва) при обеспечении достаточно высокой скорости детонации (бризантное действие взрыва).

Материалы и методы. Испытания детонационных параметров проводили в условиях промышленной площадки ЧАО «Промвзрыв» (г. Запорожье). Скорость детонации определяли с помощью измерителя скорости детонации многоканального MikroTrap (Mrel, Canada). Состав дисперсной фазы эмульсии, % масс: H_2O 7,0-10,0; $Ca(NO_3)_2$ 27,5-31,5; NH_4NO_3 58,5-65,59. В качестве сенсibilизаторов использованы гранулы вспененного полистирола ПСВ-25, ПСВ-15 с кажущейся плотностью 25 и 15 кг/м³, соответственно; микросферы стеклянные марки К1 фирмы 3М с истинной плотностью 0,12-0,14 г/см³ при среднем диаметре частиц около 100 микрон; микросферы Q-Cel фирмы Pottery Industries LLC марок 6014k (истинная плотность 0,13-0,19 г/см³) и 7019k (истинная плотность 0,19-0,25 г/см³). Как энергетическая добавка использован порошок марки ПА-4 (98% масс. активного алюминия, размер частиц не более 140 мкм). Дифференциально-термический анализ – установка TERMOSKAN-2 (НПП «Аналитприбор», г. Санкт-Петербург) при скорости развертки 20 град/мин, масса навески 50 мг.

Результаты и их обсуждение. Для повышения работоспособности в состав патронированной эмульсионной ЭКС необходимо вводить энергетическую добавку, например порошок алюминия, который способен вступать в экзотермические химические реакции как с оксидами азота, образующихся при разложении селитры, так и с водяным паром. При этом теплота взрыва увеличивается не менее, чем на 176 кДж/кг на каждый процент алюминия в составе ЭВВ.

Рассматривая необходимость корректировки состава эмульсионной ЭКС при использовании 3-7% масс. алюминия за счет дополнительного введения гранули-

рованной аммиачной селитры необходимо отметить следующее. Вследствие того, что алюминий покрыт пассивирующими пленками оксида, реакции с продуктами взрыва возможны только при высоких температурах, когда основная масса нитратов уже разложилась. Т.е. рассматривать взаимодействие алюминия с аммиачной селитрой при взрыве ЭВВ нецелесообразно. Следовательно, использование порошка алюминия не требует дополнительного введения аммиачной селитры в эмульсию, и может потребовать лишь незначительной корректировки соотношения окислительной и горючей фазы ЭКС.

Согласно современным представлениям [7-8], алюминий вступает в реакцию не с компонентами ВВ, а с продуктами взрыва за плоскостью Чепмена-Жуге, и энергия такого взаимодействия повышает только фугасную составляющую взрыва, не поддерживая детонационный фронт. Это приводит к снижению скорости детонации. В то же время, для достижения работоспособности на уровне Аммонита № 6ЖВ, кроме высокой теплоты взрыва необходимо иметь достаточное значение скорости детонации.

Задача повышения энергетических параметров ВВ при сохранении высокой скорости детонации была решена за счет совместного введения в готовую эмульсию порошка алюминия ПА-4 с высоким содержанием активного алюминия и жидкого хлорпарафина. В качестве хлорпарафина был использован ХП-470 ($C_nH_{2n+2-x}Cl_x$, где $n = 10-30$; $x = 1-7$), который содержит от 45 до 49% масс. хлора.

Известно, что хлорпарафины используют как вторичные пластификаторы в различных полимерных композициях. Введение в эмульсию 0,5-1,0% масс. ХП-470 значительно улучшил технологические и эксплуатационные характеристики патронированных ЭВВ при низких температурах.

Однако, выбор хлорпарафина обусловлен не только его реологическими характеристиками, но и специфическим воздействием на энергоконденсированные системы. По литературным данным [1] в небольших количествах (до 1% масс.) хлорпарафины оказывают сенсibilизирующее действие на эмульсионные системы.

Действительно, как показали результаты дифференциально-термического анализа, введение 1% масс. ХП-470 снижает характеристическую температуру разложения эмульсии на 12 градусов, увеличивая при этом интенсивность разложения системы. Это может быть объяснено тем, что хлорпарафин при температурах свыше 150°C дегидрохлорируется с образованием HCl [9]. Последний является катализатором термического разложения нитрата аммония и гетерогенных систем на основе NH_4NO_3 . [10].

Каталитическое действие HCl связано с образованием в системе нитрозоний хлорида $[NO_2]Cl$, который является более активным окислителем по сравнению с оксидами азота. Таким образом, введение хлорпарафина в состав ЭВВ, ускоряет реакции взрывчатого превращения, обеспечивает увеличение температуры в зоне химической реакции, что приводит к росту скорости детонации ВВ и бризантного действия взрыва.

В таблице 1 приведены характеристики ЭВВ с различным соотношением предложенных добавок. Теплота взрыва рассчитывалась по известным методикам [7].

Таблица 1. Влияние добавок ПА-4 и ХП-470 на параметры эмульсионных ВВ

№ образца	Содержание в ЭВВ, % масс		Теплота взрыва (расч), кДж/кг	Скорость детонации, м/с
	ХП-470	ПА-4		
1	-	-	3150	4900-5100
2	0,5	3,0	4240	4900-5010
3	0,8	5,0	4430	4950-5000
4	1,0	7,0	4750	4800-4950

Известно, что существенный вклад в реализацию потенциальной работы взрыва эмульсионных ВВ вносит способ сенсбилизации. Для оценки этого влияния были проведены сравнительные испытания бризантности эмульсионных ЭКС предназначенных для патронирования. При этом эмульсия сенсбилизировалась расчетным количеством стеклянных (ЗМ) и полимерных (ПСВ-25, ПСВ-15) микросфер. Количество вводимых микросфер рассчитывали по правилу аддитивности удельных объемов, исходя из плотности несенсбилизированной эмульсии (1,460-1,500 г/см³ при 90°С), паспортной плотности микросфер и заданной плотности ЭВВ (1,10-1,15 г/см³). В качестве базы сравнения выбрана эмульсия сенсбилизированная

раствором пероксида водорода. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

При этом, как и ожидалось, введение в эмульсию 40% АНФО (стехиометрическая смесь аммиачной селитры и дизельного топлива) на различной аммиачной селитре (плотной (марки Б), дробленой и пористой) снизило эффективность ударного действия ВВ. Так как, при введении АНФО в эмульсионную ЭКС ни в одном случае не было зафиксировано пробития пластины-свидетеля, то действие взрыва оценивали по объему вмятины в пластине. В таблице 2 приведены параметры деформации пластины свидетеля при взрыве ЭВВ сенсбилизированного полимерными микросферами ПСВ-25.

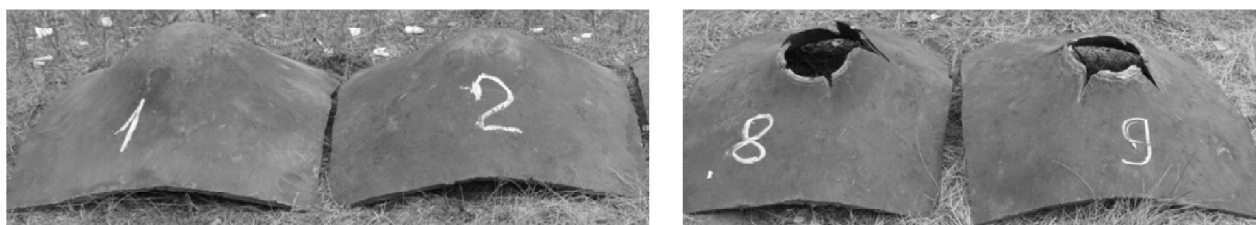


Рис. 1. Испытание ЭВВ на пластинах свидетелях (сталь 3, толщина 20 мм). Заряд d = 100 мм, полимерная оболочка; способ сенсбилизации: 1 – микросферы полимерные ПСВ-25; 2 – микросферы полимерные ПСВ-15; 8 – пероксидная газогенерация; 9 – стеклянные микросферы К1.

Таблица 2. Параметры взрыва эмульсионных ЭКС, сенсбилизированных микросферами ПСВ-25

Состав ЭВВ ВВ	Объем деформации пластины-свидетеля, л
Эмульсионное ВВ без АНФО	7,976
60% – ЭВВ; 40% – АНФО на плотной аммиачной селитре	6,512
60% – ЭВВ; 40% – АНФО на дробленой аммиачной селитре	6,658
60% – ЭВВ; 40% – АНФО на пористой аммиачной селитре	7,476

Как видно из рис. 1. и табл. 2. наилучшими параметрами обладают эмульсионные ВВ сенсбилизированные микросферами К1 фирмы ЗМ. Также, достаточно хорошие результаты были получены на стеклянных микросферах Q-Cel 6014k. Однако более высокая плотность этих микросфер, по сравнению с К1 требует увеличение их содержания в эмульсии с 3,2% масс до 3,8-4,5% масс., что существенно снижает объемную концентрацию энергии. Микросферы Q-Cel 7019k слабопригодны для сенсбилизации испытываемой эмульсии.

По результатам проведенных исследований были разработаны составы и технология получения патронированного эмульсионного ВВ Украинит-П-СА, которое обладает высокими параметрами работоспособности (теплота взрыва 3900-4300 кДж/кг, скорость детонации 4900-5100 м/с) и малым критическим диаметром (20-23 мм). Эти параметры позволяют изготавливать патроны любого диаметра (от 32 мм) для

использования, как при формировании шпуровых зарядов и дробления негабарита, так и в качестве промежуточного детонатора шпуровых и скважинных зарядов. Промышленный выпуск патронированного ВВ Украинит-П-СА реализован на производственной площадке ЧАО «Промвзрыв» (г. Запорожье, Украина). Подобные патронированные ВВ способны полностью заменить тротилсодержащий Аммонит № 6ЖВ при ведении взрывных работ в подземных рудниках Украины.

Выводы. Необходимое повышение работоспособности было достигнуто за счет совместного введения в эмульсию высокоактивного порошка алюминия (увеличение фугасного действия), и каталитически активного хлопарафина ХП-470 (сохранение бризантного действия). Предложенный метод реализован в производстве стабильных патронированных эмульсионных ВВ диаметром от 32 мм с высокими детонационными показателями. Такие патронированные

системы предназначены, как для зарядания шпуров и дробления негабарита, так и в качестве промежуточного детонатора, и способны полностью заменить

штатные тротиловые материалы в подземных рудниках Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang Xu Guang Emulsion explosives. – Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994. – 388 p.
2. Колганов Е.В., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. В 2 кн. Кн. 1. Составы и свойства. – Дзержинск.: ГосНИИ «Кристалл», 2009. — 592 с.
3. Маторин А.С., Павлютенков В.М. Водосодержащие взрывчатые вещества местного приготовления. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 194 с.
4. Разработка патронированного эмульсионного взрывчатого вещества эмигран P25/ Сергеев А. Г., Пляскин О. Ю., Жамилова З. А., Гончаров А. М., Власов О. М // Научный вестник МГГУ. – 2013. – № 2 (35). – С. 51-56.
5. Горинов С.А. Теоретическая оценка детонационных параметров Гранэмитов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – №8. – С. 121-130.
6. Патронована емульсійна вибухова речовина «Україніт-П»: пат 63689 UA: МПК C06B 21/00, C06B 31/02 /
7. Физика взрыва: в 2 т. [под ред. Л.П. Орленко]. – Т.1 – М.: Физматлит, 2002. – 832 с.
8. Mencassi S., Lefrancois A. Temperature and Pressure measurements comparison of the aluminized emulsion explosives detonation front and product expansion / in book: Explosives and blasting technique/ ed. by R.Holmberg. – Netherland: A.A. Balkema Publishers, 2003. – P. 207-213.
9. Промышленные хлорорганические продукты. Справочник /под. ред. Л.А. Ошина. – М.: Химия, 1978. – 656 с.
10. Коваленко И.Л. Влияние хлоридов феррума(III) и купрума(II) на термическое разложение энергонасыщенных систем на основе аммиачной селитры // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 3(42). – С. 233-237.

REFERENCES

1. Guang, Wang Xu Emulsion explosives. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994.
2. Kolganov, E.V. and Sosnin, V.A. Industrial Emulsion Explosives. Vol. 1, Composition and Properties. Dzerzhinsk: JSC “GosNII “Kristall”, 2009.
3. Matorin, A.S. and Pavlyutenkov, V.M.. Slurry explosives of local maked. Ekaterinburg: UrORAN, 2004.
4. Development of emigran P25 cartridged emulsion explosives/ Serheev, A.H., Plyaskin, O.Yu., Zhamilova, Z.A., Honcharov, A.M. and Vlasov, O.M. // Scientific Bulletin of MSMU. 2013, Is.2(35). P. 51-56.
5. Gorinov, S.A. Theoretical estimation of detonation parameters explosives// Mining Informational and Analytical Bulletin (Sc. and Tech. J.), 2010, Is.8. P. 121-130.
6. Kuprin, V.P., Kuprin, O.V., Rukov, S.V. and Savchenko, M.V. Packadged Emulsion Explosive “Ukrainit-P”, 2011. Pat 63689 UA.
7. Explosion physics: in 2 vol/ ed. L.P. Orlenko . Vol.1. Moscow: Fizmatlit, 2002.
8. Mencassi, S. and Lefrancois, A. Temperature and Pressure measurements comparison of the aluminized emulsion explosives detonation front and product expansion /in book: Explosives and Blasting Technique/ ed. R.Holmberg. Netherland: A.A. Balkema Publishers, 2003.
9. Oshin, L.A. Industrial Chlororganic Products. Moscow: Khimiya, 1978
10. Kovalenko, I.L. The influence of ferrum(III) and cuprum(II) chlorides on thermal decomposition of ammonium nitrate based energy systems// Odes'kyi Politekhnichnyi Universitet. Pratsi, 2013, Is. 3(42). P.233-237.

Increasing efficiency of packaged emulsion energycondensed systems

Kovalenko I., Kiyaschenko D., Onopriyenko Y.

Abstract. The method of increasing the efficiency parameters of packaged emulsion energy condensed systems, is given. The result was obtained by co-inclusion in the emulsion system of active aluminum powder and liquid chlorinated paraffin CP-470. It was shown that inclusion ANFO in the packaged emulsion explosives is not expediently. The results of comparative blasting tests of explosive emulsion with different microspheres, are given. The research results are implemented in the technology production of emulsion cartridges diameter by 32 mm with high efficiency parameters (explosion energy and velocity of detonation).

Keywords: emulsion, energycondensed systems, aluminium, chloroparaffin.

Повышение работоспособности патронированных эмульсионных энергоконденсированных систем

И. Л. Коваленко, Д. В. Киященко, Е. П. Оноприенко

Аннотация. Приведен способ повышения работоспособности патронированных эмульсионных энергоконденсированных систем за счет совместного введения в эмульсию активного порошка алюминия и жидкого хлорапарафина ХП-470. Показана нецелесообразность введения АНФО в состав патронированных эмульсионных ВВ. Приведены результаты сравнительных испытаний бризантности эмульсионных ВВ с различными микросферами. Результаты исследований реализованы в технологии производства эмульсионных патронов диаметром от 32 мм с высокими параметрами работоспособности (теплота взрыва и скорость детонации).

Ключевые слова: эмульсия, энергоконденсированные системы, алюминий, хлорпарафин.

FOOD INDUSTRY

The use of red currants squash in the soft cheese technology

Yu. R. Hachak, N. B. Slyvka, O. R. Myhaylytska, V. A. Nagovska

Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z.Gzhytskyj, Lviv, Ukraine

*Corresponding author. E-mail: ola75@ukr.net

Paper received 27.05.2016; Accepted for publication 10.06.2016.

Abstract. The article discusses the use of red currants squash in the soft-ripened cheese technology as coagulum and a source of biologically active substances. It was examined the organoleptic properties and soft cheese yield depending on the type of coagulant, temperature and duration of coagulation. It was established that the best option is to normalize milk coagulation with a mixture of whey from the sour-milk cheese and with red currants squash in a ratio of 1 : 1 at 95°C for 7 min.

Keywords: *technology, thermal coagulation, cheese, red currant, cheese yield, temperature.*

Introduction. Cheeses, the most common protein milk products as they contain protein concentrate and milk fat, are well consumed by human beings and have a high energy value.

Cheese-making industry is one of the fastest growing consumer segments with sustained growth in production and consumption. Nowadays the cheese market of Ukraine is presented with the following main groups: rennet cheese and melted cheese. The basis of the range consists of solid rennet cheese, the production of which is mainly used, casein and soluble proteins remain in the serum.

It should be noted that whey proteins are the most biologically valuable part of the milk proteins containing deficient amino acids lysine, tryptophan, methionine, threonine and cysteine. Thus, their use for food purposes is of great practical importance.

As relevant as ever is the production of soft cheese, based on technology which is thermal milk coagulation, meaning a common effect of high temperatures and coagulants on virtually all dairy proteins. Thermal coagulation of milk proteins helps to reduce process cycle and increase production, increase food and biological value of the product, reducing the cost of the product [1, 2, 3].

Coagulants use food acids – acetic, lactic, citric acid as well as acid cheese whey with 140°T of acidity and more. The use of food acids as coagulants has several advantages over acid whey because of the possibility to easily adjust the concentration and amount [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Many organic acids have fruit plants: grape, quince, pear, gooseberry, cranberry, blackberry, plum, cherry, raspberry, apricot, apple, red currants cranberry. The malic, citric, tartaric, salicylic and oxalic acids dominate in most of fruit. Organic acids have a wide range of pharmacological properties and biological effects on the human body. They are involved in metabolism which is the link between metabolism of carbohydrates, proteins and fats, maintain the acid-base balance and stimulate the secretory activity of the salivary glands. Besides, they increase the secretion of bile, gastric and pancreatic juices, providing antibacterial activity [10, 11].

Red currant has been considered healthy for a long time. It contains true mineral complex of natural vitamins. There are antioxidants in large numbers with the help of which the body fights against cancer cells and the aging process. In addition, red currant is rich of retinol, tocopherol, beta-carotene, vitamin B, folic and pantothenic acid, riboflavin, thiamine, pyridoxine. Besides, red

currant contains iodine and iron, a large amount of sodium, phosphorus, magnesium and potassium.

The berries of red currants contain coumarin which helps to reduce the risk of blood clots, heart attack and stroke. Truth be told, this component makes red currant so important for people. The red currant berries are rich in organic acids: succinic, malic, citric, pectins, thanks to which they have strong antiradar effect [12, 13, 14].

Objective. The aim of our research was to determine the dependence of soft cheese yield of high biological value on the duration and temperature of coagulation using as coagulant red currants squash.

Materials and methods. Experimental studies were conducted in the laboratory department of technology of milk and milk products Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Gzhytskyj.

For the coagulation of milk proteins were used:

- red currants squash (option 1);
- a mixture of whey from the sour cheese and squash of red currants in a ratio of 1 : 1 (option 2);
- a mixture of whey from the sour cheese and squash of red currants in a ratio of 1 : 2 (option 3).

The amount of used coagulants was 5%.

Results and discussion. Studies have shown that using a mixture of whey from the sour cheese and squash of red currants in a ratio of 1 : 2 and only a red currants squash has not given good results: a bunch got loose and too soft. There was the smallest cheese yield – 7.8% for Option 1 and 8.6% for Option 3. This can be explained by the fact that there was not enough acidity coagulant to precipitate the milk proteins.

The highest cheese yield was obtained with the use of the following coagulants: mixtures of whey from the sour cheese and squash of red currants in a ratio of 1 : 1, namely 14.1%.

We know that structurally mechanical properties and milk-protein clots largely depend on the milk thermal conditioning. Therefore, rational selection of temperature conditions will enhance the decrease of the deposition of separate protein fractions. In view of this fact, there was conducted a series of experiments during which there was determined the dependence of the cheese yield on temperature. Thus, coagulation of proteins was carried out within a temperature of 75°C to 100°C with intervals of 5°C. The heating duration was 10 minutes.

The research results are presented in table. 1. The table. 1 shows that the highest yield of all selected coagulants was observed at 95°C, that corresponds to the

traditional technological production of soft cheese. It may be explained because of the fact that it is observed

Table 1. The cheese yield under the different coagulation temperature

Coagulation temperature, °C	Cheese yield, %		
	Option 1	Option 2	Option 3
75	6,5	12,2	7,0
80	6,8	12,8	7,4
85	7,0	13,4	7,7
90	7,4	13,7	8,2
95	7,8	14,1	8,6
100	7,3	13,8	8,2

maximum coagulation of milk proteins at this temperature, and consistency becomes dense, homogeneous and plastic.

Under 85°C the clot looked flabby, fine, but protein partially coagulated and much of it went out with serum, resulting in cheese yield decrease.

At the same time, increasing the temperature above 95 °C helped to reduce product yield, and the consistency of clot became too thick, had the lowest capacity and, therefore, lower humidity due to prolonged exposure to the protein globules of lactic acid under the influence of

high temperatures.

The duration of coagulation of milk proteins is an important factor in the production of soft cheese. Prolong exposure enhances the coagulation and increases output of product. Thus, we should investigate the dependence of cheese yield on the duration of coagulation.

The proteins coagulation was performed at 95°C. The heating duration was 3 to 15 minutes with 4 min for intervals.

In table 2. there is shown the dependence of the cheese yield on the duration of coagulation.

Table 2. The cheese yield within the different period of coagulation

The period of coagulation	Cheese yield, %		
	Option 1	Option 2	Option 3
3	7,4	13,6	8,2
7	7,8	14,1	8,6
11	7,3	13,9	8,3
15	7,0	13,3	7,8

The table. 2 shows that the highest yield was obtained by heating the mixture for 7 minutes. It may be stated that less than 7 minutes of coagulation is not enough to form a thick plastic clot and receive the lowest yield of the product. If there is an increase in the period of heating up to 15 minutes, the clot will be too dense and dry.

Conclusions. Having analyzed the results of the research, it may be asserted that the use of red currants squash in the technology of soft cheese production combined with whey as coagulant in the ratio of 1 : 1 is appropriate because it allows to get high cheese yield with functional properties.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баль-Прилипо Л., Савченко О. Технологічна доцільність виготовлення м'яких сирних продуктів методом термокислотної коагуляції // Продовольча індустрія АПК. – 2012. – № 6. – с. 12—15.
2. Іваницький С.Б. М'які сирні на любой вкус / С.Б.Іваницький // Продукты ингредиенты. – 2010. – № 3. – С. 48-49.
3. Раманаускас Р.И. Физико-химические аспекты применения молочно-белковых концентратов в сыроделии: монография / Раманаускас Р.И. – Каунас. – Технология, 2005. – 106 с.
4. Остроумов Л.А. Исследование процесса термокислотного свертывания молока с использованием различных коагулянтов/ Л.А. Остроумов, В.В. Бобылин, И.А. Смирнова, С.Р. Рафалович // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – №7. – С. 56-59.
5. Козлов В.Н. Технология молочно-белковых продуктов / В.Н. Козлов, А.Ф. Затирина. – К.: Урожай, 1988. – 168с.
6. Lucey J.A. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels / J.A. Lucey // Journal Dairy Science. – 2002. – Vol. 85, № 2. – P. 281-294.
7. Qi P.X. Thermal and alkaline denaturation of bovine β -casein. (abstract) / P.X. Qi, E.D. Wickham, Jr.H.M. Farrell // The Protein Journal. – 2004. – 1572–3887: /04/0800-0389/0. – P. 389–402.
8. Acid and acid/heat coagulated cheese / J.A. Lucey, H. Roginski, J.W. Fuquay [et al] // Encyclopedia of dairy science. – London: Academic Press. – 2003. – P. 350–356.
9. Шингарева Т.И. Производствосыра: монография / Т. Шингарева, Р. Раманаускас. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 384 с.
10. Павлюк Р. Ю.Отримання функціональних оздоровчих добавок із дикорослих ягід з високим вмістом біологічно активних речовин / Р.Ю. Павлюк, Н.В. Дібрівська, Т.В. Крячко // Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції, 24-25 травня 2006 р.: тези доп. – Харків: ХДУХТ, 2006. – Ч. 1. – С. 327–329.

REFERENCES

1. Bal-Prylypko L., Savchenko A. Technological expediency of soft cheese production by coagulation // Food industry APC. – 2012. - № 6. – p. 12-15.
2. Yvanytsky S. B. Soft cheese suits to every fancy. / S.B. Yvanytsky // Products, ingredients. – 2010. – № 3. – p. 48–49.
3. Ramanauskas R. I. Physico-chemical aspects of application milk protein concentrates in cheese-making: Monograph / Ramanauskas R. I. – Kaunas. – Technology, 2005. – 106 p.
4. Ostroumov L. A. Investigative process of thermal milk curtailing using a variety of coagulants / Ostroumov L. A., Bobylin V. V., Smyrnova Y. A., S.R.Rafalovych // Storage and making over agri supplies // – 1998. – №7. – P. 56-59.
5. Kozlov V. N. Technology of milk protein products / V.N. Kozlov, A.F. Zatyryna. – K.: Harvest, 1988. – 168 p.
6. Lucey J.A. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels / J.A. Lucey // Journal Dairy Science. – 2002. – Vol. 85, № 2. – p. 281-294.
7. Qi P.X. Thermal and alkaline denaturation of bovine β -casein. (abstract) / P.X. Qi, E.D. Wickham, Jr.H.M. Farrell // The Protein Journal. – 2004. – 1572–3887: /04/0800-0389/0. – p. 389–402.
8. Acid and acid/heat coagulated cheese / J.A. Lucey, H. Roginski, J.W. Fuquay [et al] // Encyclopedia of dairy science. London: Academic Press. – 2003. – p. 350–356.
9. Shingarev T.I. Cheese Production: monograph / Shingarev T., R. Ramanauskas. – Minsk: YVTS Ministry of Finance, 2008. – 384 p.
10. Pavlyuk R.Y. Getting functional health supplements from berries with a high content of bioactive compounds / R. Y. Pavlyuk, N.V. Dibrovsky, T. Kryachko // Science and social problems of society: food, ecology, demography: Materials of IV international scientific conference, 24-25 May 2006: abstracts ext. – Kharkov: HDUHT, 2006. – Part 1. – p. 327-329.
11. Serheev V.N. Biology active plant raw materials in food industry / V.N.Serheev, Y.U.Y.Kokaev // Food Industry. – 2001. – № 6. – p. 28-30.
12. Kaprelyants L.V. Funktsional products: monogr. [Functional Foods: monogr.] / L.V.Kaprel'yants, K.H.Iorhachova – Odesa: Druk, 2003. – 312 p.
13. Telezhenko L.N. Biologically active substances of fruit and fegetables: Saving at refining / Telezhenko L. N., Bezusov A.T. – Odessa: Optimum, 2004. – 265 p.
14. Khomich G.P., The improvement of technological juice production from black currant [Text] / H.P. Homych, N.I. Tkach, M.V. Kyrylchenko // Don Duet, series. Engineering and industrial technology sciences. – 2007. – №1 (33). – p.144-148.

Использование пюре красной смородины в технологии мягких сыров

Ю. Р. Гачак, Н. Б. Сливка, О. Р. Михайличка, В. А. Наговская

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования пюре красной смородины в технологии термокислотных сыров как коагулянта и источник биологически активных веществ. Исследованы органолептические показатели и выход термокислотных сыров в зависимости от вида коагулянта, температуры и продолжительности коагуляции. Установлено, что оптимальным является коагуляция молока нормализованного смесью сыворотки из-под творога и пюре из смородины красной в соотношении 1:1 при температуре 95 °С в течение 7 мин.

Ключевые слова: технология, термокислотная коагуляция, сыр, красная смородина, выход сыра, температура.

Реологічні характеристики пряничного тіста з біодобавками

Н. Ю. Ярошенко

Херсонський державний університет, м. Херсон, Україна

*Corresponding author. E-mail: ynatalya@mail.ua

Paper received 15.06.2016; Accepted for publication 01.07.2016.

Анотація. Проведено дослідження впливу біодобавок на реологічні властивості пряничного тіста і його структурні характеристики. Визначено зниження пластичної та збільшення пружної деформації. Встановлено, що співвідношення між пружними і пластичними компонентами деформації не зберігається постійним, і в тісті відбувається процес релаксації напружень. Аналіз отриманих даних показав, що ефективна в'язкість зменшується при збільшенні швидкості зсуву, причому найбільш інтенсивно в дослідних зразках з додаванням біодобавок.

Ключові слова: деформація, релаксація, в'язкість, напруга зсуву, температура, вологість.

Вступ. З фізико-хімічної точки зору тісто для борошняних кондитерських виробів можна віднести до структурованим масам. Змінюючи співвідношення сировини і параметри технологічного процесу, отримують тісто з різними властивостями і структурою. Однак включення в рецептуру нових компонентів призводить, як правило, до зміни реологічних властивостей тіста і вимагає коректування параметрів технологічного процесу [1].

Пряничне тісто відноситься до складних багатокомпонентних дисперсних систем. У процесі виробництва пряників нерідко відбувається руйнування дисперсної системи тіста, в результаті чого властивості випеченого напівфабрикату й приготовленого з нього пряника зазнають значні зміни. Ці зміни виявляють істотний вплив на процеси, енергетичні втрати й інші показники роботи устаткування. При цьому реологічні властивості тіста залежать не тільки від зміни градієнта швидкості, але й від температури. При технологічній обробці тісто піддається впливу зовнішніх навантажень, що викликають його деформацію, внаслідок якої в тісті виникає внутрішня напруга. Для вибору технологічних режимів виробництва й удосконалення технологічного обладнання важливо знати закономірні зміни реологічних властивостей тіста [4].

У працях багатьох вітчизняних і закордонних дослідників відзначається вплив ніоногенних емульгаторів на зміну структурно-механічних властивостей тістових мас і готових кондитерських виробів. На основі проведених досліджень розроблено композиційні суміші структурно-механічних властивостей емульсій та тістових мас при виробництві борошняних кондитерських виробів.

У практику сучасного пряничного виробництва при замісі й обробленні усе більш впроваджуються різні способи механічних впливів на тісто. Ці впливи повинні бути правильно розподілені в тісті по швидкості деформацій і температурі, щоб, наприклад, відформовані заготовки зберігали свою вихідну форму протягом усього процесу формування.

Мета. Дослідження залежностей реологічних характеристик пряничного тіста (пластичних і пружних деформацій, напруги зсуву й в'язкості) від швидкості деформації при різних значеннях температур.

Матеріали і методи. Предмет дослідження – кедровий шрот, кунжутне борошно, фітопорошок з коріння гірчака зміїного.

Для визначення адгезійних властивостей, пружних

і пластичних деформацій, напружень зсуву і часу релаксації використовували прилад Структурометр. Дослідження зміни в'язкості пряничного тіста при різній вологості і температурі від швидкості зсуву проводили на вантажному капілярному віскозиметрі – ВІРТ тому, що діапазон швидкостей зсуву, які реалізуються в даному приладі, співпадає з тим діапазоном швидкостей, який реалізується при формуванні напівфабрикатів методом екструзії [3].

Результати досліджень та їх обговорення.

Пряничне тісто має пухку і разом з тим в'язку консистенцію за рахунок значного вмісту цукру в рецептурі, який обмежує набухання клейковини борошна. В ході дослідження нами була вивчена можливість зниження кількості борошна в рецептурі пряників за рахунок введення кедрового шроту, кунжутного борошна і гірчака зміїного. Кедровий шрот в пряниковий напівфабрикат вводили в кількості 12-16%; кунжутне борошно в пряниковий напівфабрикат вводили в кількості 10-14%; фітопорошок з коріння гірчака зміїного в пряниковий напівфабрикат вводили в кількості 6-10%.

Пряничне тісто відноситься до категорії пружно-в'язко-пластичних тіл, для яких характерне поєднання пружної і пластичної деформації.

Результати дослідження пружних і пластичних деформацій пряничного тіста для серцевих пряників представлені на діаграмах (рис. 1-2).

Як видно з діаграми, при внесенні біодобавок в тісто відбувається зниження пластичної та збільшення пружної деформації. Подальше збільшення концентрації біодобавок призводить до збільшення пластичних властивостей і зменшення пружних. Ці процеси пояснюються особливостями хімічного складу внесених добавок, який є дуже важливим фактором, що впливає на співвідношення в тісті пружних і пластичних компонентів деформації.

Внесені біодобавки мають в своєму складі великий вміст білкових речовин і клітковини, які мають високу адсорбуючу та водоутримуючу здатність, що також сприяють підвищенню пластичності і еластичності тіста.

Співвідношення між пружними і пластичними компонентами деформації не зберігається постійним, і в тісті відбувається процес релаксації напружень.

Тому при дослідженні реологічних властивостей харчових продуктів крім пластичних і пружних властивостей необхідно визначати такий показник як

тривалість релаксації (або швидкість релаксації) внутрішньої напруги, створених в зміненому зразку за умови постійної величини деформації. Релаксація – процес зниження і вирівнювання внутрішніх напру-

жень внаслідок переходу пружної частини деформації в пластичну. Це має дуже велике значення при формуванні пряничного тіста [5].

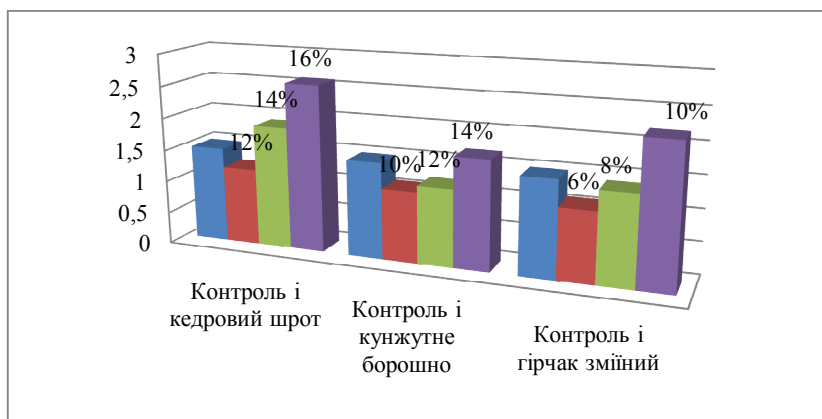


Рис. 1. Залежність пластичних деформацій від вмісту біодобавок

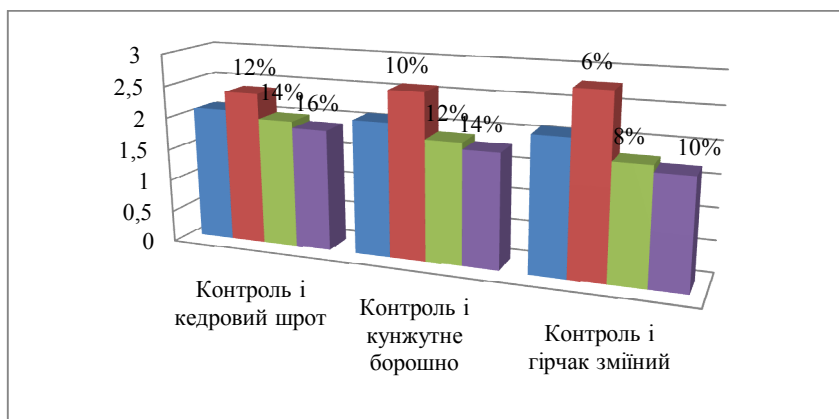


Рис. 2. Залежність пружних деформацій від вмісту біодобавок

Отже, представляло інтерес вивчити вплив різних біодобавок на релаксаційні процеси в пряничному тісті.

Відповідно до сучасних уявлень, під релаксацією розуміють процес поступового розсіювання запасеної в тілі енергії пружною деформацією шляхом переходу її в тепло. В результаті релаксації напруги знижуються. При цьому відбувається зниження пружних властивостей і одночасне збільшення пластичних властивостей тіста.

Час релаксації дослідних зразків пряничного тіста при внесенні біодобавок зменшується зі збільшенням їх дозування. Це, обумовлено тим, що біодобавки в своєму складі містять значну кількість клітковини і нерозчинних у воді білків, які сприяють зниженню в'язкості і еластичності тіста. Що, в свою чергу, дозволяє краще зберігати форму тістових заготовок і не розпливатися при випічці.

При приготуванні пряничного тіста велике значення має його консистенція, яка обумовлює його якісні та технологічні показники, а також поведінку в процесах деформації. Однією з механічних характеристик тіста, що визначають його консистенцію, є в'язкість, що залежить від природи і хімічного складу рецептурних компонентів. Тому були проведені дослідження впливу біодобавок на в'язкість тіста для пряників. Результати дослідження впливу біодобавок на пластичну в'язкість пряничного тіста (рис. 3).

З наведених діаграм видно, що введення, в пряничне тісто біодобавок, знижується ступінь структуроутворення в дослідних зразках по порівняно з контрольним, що дозволяє рекомендувати біодобавки для регулювання технологічного процесу.

Щоб встановити оптимальні параметри процесу, тісто замішували різною вологістю (22-26%), при різній температурі (22-30°C) і тривалості замісу (3-13 хв.). При цьому визначали максимальне напруження зсуву, що характеризує пластичну міцність тіста, тобто його консистенцію.

Встановлено, що максимальне напруження зсуву тіста залежить від виду внесеної добавки. При одній і тій же вологості і температурі тісто для пряників з кедровим шротом мають менше значення напруги зсуву, ніж тісто з кунжутним борошном. Найбільше значення граничної напруги зсуву відзначено у тісті з гірчаком зміїним, що найімовірніше пов'язано з речовинами, що володіють природними емульгуючими властивостями.

Тісто, приготовлене з внесенням біодобавок, має добру консистенцію при більш високій його вологості. Отримане тісто пластичне, добре формується, що обумовлено більш повним розчиненням цукру.

Як видно з діаграми (рис. 4-5) пряничне тісто отримане з вологістю вище 19%, має обтічну форму і невеликий підйом.

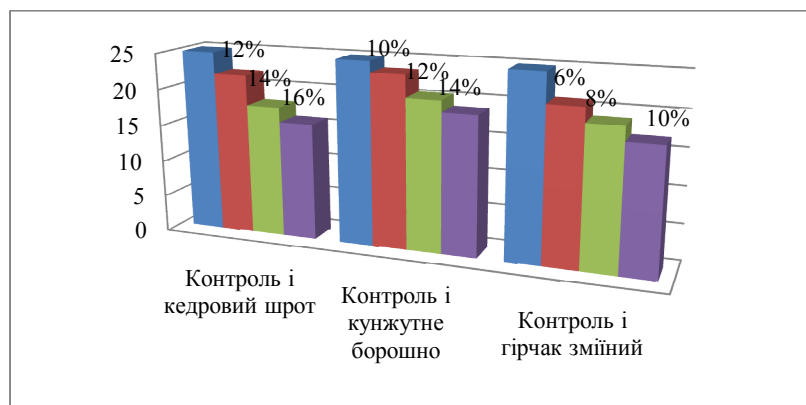


Рис. 3. Вплив біодобавок на пластичну в'язкість пряничного тіста

З підвищенням вологості тіста до 24% його граничне напруження зсуву знижувалося, а якість пряничного тіста поліпшувалося. Подальше збільшення вологості тіста призводило до його зайвого розрідження, вироби з нього виходили розпливчатої форми з низьким підйомом. Вологість тіста нижче 22% приводила до зниження якості пряників.

При підвищенні температури серцевого тіста до 22°C його гранична напруга зсуву знижується, причому найбільше зниження відзначається в тісті з додаванням гірчака зміїного. Подальше підвищення температури призводить до зтягуванню тіста, про що говорить підвищення його пластичної міцності, що приводить до отримання пряників стягнутої форми. При температурі тіста нижче 20°C воно має велику величину граничної напруги зсуву, а якість готових виробів з нього значно гірше.

Таким чином, отримання готових виробів високої якості забезпечується при вологості сирцевого пря-

ничного тіста 23-24% і температурі 22-24°C.

Знаючи про характер зміни пружно-пластичних деформацій пряничного тіста можна визначити його поведінку в ході технологічного процесу приготування, на стадії оброблення і формування тістових заготовок.

В даному випадку пластичність характеризує здатність серцевого пряничного тіста до формування, тобто до отримання окремих тістових заготовок заданого розміру без ушкоджень і розривів, пружність вказує на здатність відформованих тістових заготовок зберігати надану форму. Тривалість замісу тіста буде залежати від факторів визначальних протікання колоїдних процесів в тісті, його фізичних властивостей.

Для утворення пластичного тіста з обмежено набувними білками борошна тривалість повинна бути достатньою для формування однорідного тіста. Чим більше маса вільної води в тісті, тим за інших рівних умов коротше тривалість замісу.

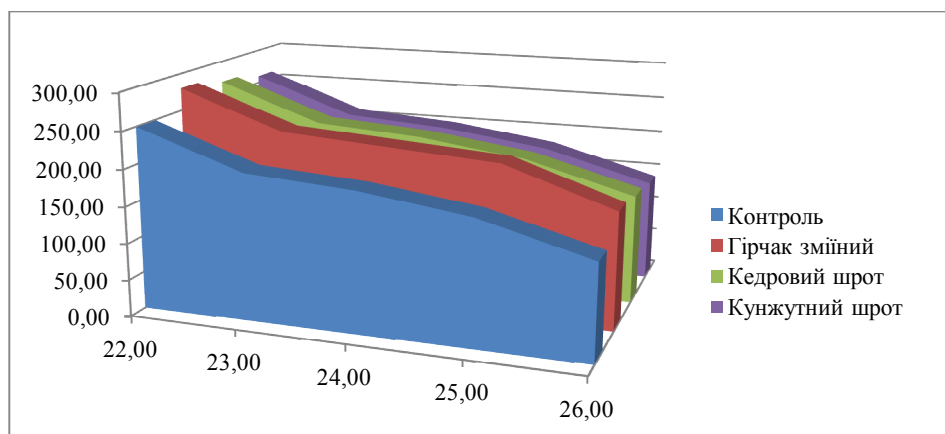


Рис. 4. Залежність граничного напруження зсуву пряничного тіста від його вологості

Аналіз досліджень показав, що пружно-пластичні деформації пряничного тіста, з введення біодобавок скорочує процес утворення пластичних властивостей тіста з 10 до 6 хвилин. Сильне структурування прошарків рідкої фази на поверхні борошна викликає початкове зміцнення структури тіста. При внесенні біодобавок екстремум знижується, міцність тіста зменшується.

Внесення біодобавок сприяє руйнуванню особливої структури граничних шарів рідини, послаблює міжмолекулярні водневі зв'язки, відповідальні через

дальню дію структурних сил. Що в свою чергу викликає їх ослаблення [2].

У процесі формування пряничне тісто постійно знаходиться в стані руху, яке супроводжується його деформацією. Для того щоб викликати течю тіста по каналах формуючих машин із заданою швидкістю, необхідно прикласти до нього певні зусилля, які будуть залежати від в'язкості тіста. Пряничне тісто має аномальну в'язкість, тобто величина в'язкості змінюється при зміні швидкості зсуву.

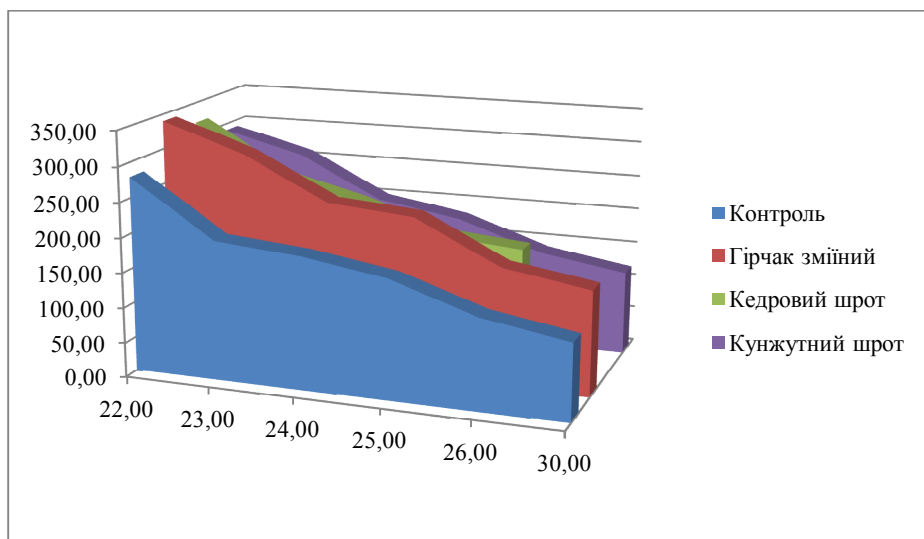


Рис. 5. Залежність граничного напруження зсуву пряничного тіста від його температури

Висновки. Як показали дослідження, реологічні характеристики пряничного тіста залежать від багатьох параметрів і, в першу чергу, від швидкості зсуву, температури і вологості.

Аналіз отриманих даних показав, що ефективна в'язкість зменшується при збільшенні швидкості зсуву, причому найбільш інтенсивно в дослідних зразках з додаванням біодобавок. Це пов'язано з тим, що збільшення діючих напруг і відповідних градієнтів

швидкості деформації поступово руйнує структуру тіста. Зменшення в'язкості пряничного тіста в результаті рекомбінації структури після її руйнування може привести до зниження обсягу і збільшення щільності готових виробів. Реологічні характеристики дають змогу формалізувати багато технологічних операцій і оптимізувати їхнє протікання, а також оцінити в комплексі структуру виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пересічний М.І. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок./ М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, П.О. Карпенко. ~ К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2003.-321 с.
2. Лавринов, А. Свойства компонентов биологически активных добавок / А. Лавринов. -М., 1999. 54с.
3. Кузнецов О.А., Волошин Е.В., Сагитов Р.Ф. Реология пищевых масс: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 106 с.
4. Е. И. Реология кондитерских масс: монография/ Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО«ТГТУ», 2013. – 188 с.
5. Мачихин, Ю. А. Релаксация давления в тестовых и кондитерских массах при объёмном нагружении/ Ю. А. Мачихин, Ю. Ф. Белокрылов, С. М. Калинина// Известия вузов. Пищевая технология. –2005. – №2–3. – С. 84 – 87.

REFERENCES

1. PeresIchniy M.I. Tehnologiya produktsiyi gromadskogo harchuvannya z vikoristannyam blologichno aktivnih dobavok./ M.I. PeresIchniy, M.F. Kravchenko, P.O. Karpenko. ~ K. : KiYiv. nats. torг.-ekon. un-t, 2003.-321 s.
2. Lavrinov, A. Svoystva komponentov biologicheskii aktivnyih dobavok / A. Lavrinov. -M., 1999. 54s.
3. Kuznetsov O.A., Voloshin E.V., Sagitov R.F. Reologiya pischevyyih mass: Uchebnoe posobie. – Orenburg: GOU OGU, 2005. - 106 s.
4. E. I. Reologiya konditerskih mass: monografiya/ E. I. Muratova, P. M. Smolihina. – Tambov: Izd-vo FGBOU VPO«TGTU», 2013. – 188 s.
5. Machihin, Yu. A. Relaksatsiya davleniya v testovyih i konfetnyih massah pri ob'Yomnom nagruzenii/ Yu. A. Machihin, Yu. F. Belokryilov, S. M. Kalinina// Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. –2005. – #2–3. – S. 84 – 87.

The rheological characteristics of gingerbread dough bioadditives

Yaroshenko N.

Abstract. The influence of dietary supplements on rheological properties dough and gingerbread its structural characteristics. Determined reduce plastic and elastic deformation increase. It is established that the ratio between elastic and plastic deformations of the components is not stored permanently, and in the test is the process of relaxation of tensions. Analysis of the data showed that the effective viscosity decreases with increasing shear rate, with the most intense in the experimental samples with the addition of supplements. As shown by studies the rheological properties of dough gingerbread depends on many parameters and, above all, on shear rate, temperature and humidity.

Keywords: deformation, relaxation, viscosity, shear stress, temperature, humidity.

Реологические характеристики пряничного теста с биодобавками

Н. Ю. Ярошенко

Аннотация. Проведено исследование влияния биодобавок на реологические свойства пряничного теста и его структурные характеристики. Определено снижение пластической и увеличения упругой деформации. Установлено, что соотношение между упругими и пластическими компонентами деформации не сохраняется постоянным, и в тесте происходит процесс релаксации напряжений. Анализ полученных данных показал, что эффективная вязкость уменьшается при увеличении скорости сдвига, причем наиболее интенсивно в опытных образцах с добавлением биодобавок.

Ключевые слова: деформация, релаксация, вязкость, напряжение сдвига, температура, влажность.

IMMUNOLOGY

Молекулярна алергодіагностика як методиференційного підходу до вибору алергоімунотерапії при алергії на домашніх тварин

С. О. Зубченко¹, С. Д. Юр'єв², С. Р. Маруняк¹¹ Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна² Українська школа молекулярної алергології та імунології, м. Київ, Україна

*Corresponding author. E-mail: svitlana_zu@meta.ua

Paper received 13.06.2016; Accepted for publication 25.06.2016.

Анотація. Поширеність алергічних захворювань з кожним роком зростає. Однією з актуальних проблем є алергія до домашніх тварин, а саме - до kota і собаки, яка зустрічається серед дорослого населення у 5-15%. Серед дітей з atopічним анамнезом сенсibilізація алергенами kota і собаки є потенційним тригером розвитку тяжких форм алергопатології. Сьогодні проблема вибору ефективної терапії даних пацієнтів може вирішитись завдяки алергокомпонентної діагностики. Вибрати адекватну терапію та оцінити прогноз її ефективності у пацієнтів із сенсibilізацією і клінічними проявами алергії до kota та собаки. Досліджено 22 пацієнтів віком 16-36 років з підозрою на алергію до домашніх тварин. Верифікацію діагнозу проводили на підставі об'єктивних і суб'єктивних даних, загальних лабораторних та інструментальних досліджень, прік-тестів екстрактами алергенів, визначення загального та специфічних IgE. Дослідження компонентів алергенів проводили імунофлуоресцентним методом ImmunoCAP. За результатами шкірних прік тестів Diater Laboratorios (Іспанія) сенсibilізація до kota виявлена у 18 (81,8%) осіб, з них – моносенсibilізація у п'яти (27,8%), асоціація алергенів kota з іншими видами алергенів у 72,2%, найчастіше (33,3%) це – кіт+собака. Підвищені рівні загального IgE були у 17 (77,3%) пацієнтів. Специфічні IgE лише до kota виявлені у 3-х (16,6%), у решти 83,4% пацієнтів – наявні специфічні IgE до kota в комбінації з різними побутовими алергенами, в т.ч. алергенами домашніх тварин, що утруднювало вибір терапії. За результатами компонентного аналізу пацієнтам з наявністю лише мажорного алергену kota Fel d 1 чи в комбінації з міноним алергеном Fel d 2 призначено алергоімунотерапію з високим/середнім прогнозом її ефективності. Особам з наявністю паналергії – рекомендовано поетапну терапію. Пацієнтам з виявленими лише міноними алергенами проведення алергоімунотерапії не рекомендовано. На підставі алергокомпонентного аналізу алергоімунотерапія рекомендована лише 58,8% пацієнтам, а для 23,5% вміст алергоімунотерапії був змінений. Диференційний підхід до вибору тактики лікування і прогнозу її ефективності диктує необхідність проведення молекулярних досліджень методом ImmunoCAP і/або ImmunoCAP ISAC.

Ключові слова: алергія до домашніх тварин, алергокомпонентна діагностика, алергоімунотерапія.

Вступ. Незважаючи на значний прогрес у галузі медицини щодо сучасної діагностики і лікування алергічних хвороб, поширеність цієї патології з кожним роком зростає. Прояви алергічних реакцій на домашній пил, пилок рослин, продукти харчування, медикаменти вносять застережливі корективи у поведінку і спосіб життя пацієнтів-алергіків, а, відтак – знижується якість їх життя і їхніх близьких. Особливо трагічно це виглядає стосовно дитячого населення, коли проблема торкається алергічних реакцій до улюблених ними домашніх тварин. За літературними даними сенсibilізація до домашніх тварин (кіт, собака) виявлена у 30-57,3% хворих з бронхіальною астмою (БА), алергічним риносинуситом чи екземою [19]. Поширеність серед дорослих алергії до kota сягає 10-15%, до собаки – 5-10%, причому має регіональні особливості і щорічну тенденцію до росту [25].

Клінічна симптоматика алергії до домашніх тварин буває різною: від легкої форми ринокон'юнктивіту до тяжких проявів астми. Клінічні прояви не завжди пов'язані з прямим контактом з котом/собакою і лінійно не залежать від концентрації алергену, наприклад, одяг власників котів є засобом переносу головного алергену kota Fel d 1 у будь-яке інше середовище [23]. Наочним прикладом були дослідження Luczynska та ін., в яких проаналізовано рівень Fel d 1 у віварії, де проживало 12 котів. Визначено, що концентрація цього алергену сягала в середньому 40 нг/м³. Для порівняння, у житлових будинках з котами виявлено широкий діапазон концентрації Fel d 1 у повітрі – від 0,7 до 468,5 нг/м³. Цікаво, що алергени

kota були також наявними в будинках без котів, правда рівні Fel d 1 у них були значно меншими (0,24-1,78 нг/м³) [20]. Відтак, більшість авторів дійшли висновку, що навіть низькі рівні в повітрі Fel d 1 (нг в м³) здатні викликати алергічні симптоми в чутливих до kota пацієнтів [26].

Побутує думка, що для формування алергії має значення стать, вік, окрас і вид домашніх тварин, зокрема, менш алергенними вважаються коти породи «Сфінкс», «Девон-Рекс», «Ашеру», «Корниш-Рекс», «Бомбей». Однак, не існує 100% доказових даних, що перелічені породи котів не зумовляють сенсibilізацію у людини, а результати молекулярних досліджень, що головний алерген kota міститься у лупі, секреті сальних залоз і сечі цієї тварини взагалі спростовують дану думку [11]. Аналогічно, як і після обробки kota гіпоалергенними миючими гігієнічними засобами – рівень головного алергену Fel d 1 вже через 24 години відповідає вихідному. Щодо собаки, то міф про гіпоалергенні породи «Labradoodle», «Poodle», «Spanish Waterdog», «Airedale terrier» також підлягає «розсіюванню» через доведені факти наявності однаково високих рівнів головного алергену собак Can f 1 у зразках шерсті як звичайних, так і «гіпоалергенних» порід. Однак, щодо статі, то у 2009 році шведським вченим вдалося виділити із сечі тварини новий мажорний алерген – Can f 5 – калікреїн простати, відтак – наявний лише у самців [27]. Антитіла до Can f 5 виявляли у 70% пацієнтів з алергією до собаки, причому близько третини осіб були моносенсibilізовані цим алергеном. Таким чином, Can f 5 є важ-

ливим доповненням до діагностичної панелі інших відомих алергенів собак. Цікавий той факт, що гомологічність між калікреїном простати собаки та простатспецифічним алергеном людини (PSA) становить від 55 до 60%. Цілком можливо, що сенсibiliзація до Can f 5 підвищує ризик розвитку алергічних реакцій до сперми чоловіків. Зокрема, у дослідженні Basagana et al. було виявлено, що калікреїн простати собаки здатний зв'язувати IgE у пацієнтів з алергією до сперми. Таким чином, IgE-опосередковані реакції на даний алерген собаки можуть відігравати тригерну роль у деяких випадках подружнього неплоддя [3].

У цілому, результати наукового пошуку за даним напрямком досліджень показують, що залишаються відкритими питання залежності рівня і тривалості експозиції алергенів домашніх тварин щодо формування специфічної сенсibiliзації, питання превентивної ролі перехресних контактів між різними домашніми тваринами (зокрема, кіт-собака) та іншими тваринами (кіт-кінь), перехресних реакцій алергенів kota та харчових алергенів (синдром свинина-кішка, алергія на олігосахарид альфа-гал), а також грамотної діагностики (in vivo/in vitro) даного виду алергії для вибору ефективних підходів до лікування тощо [8].

Сьогодні одна з цих проблем може вирішитись завдяки розвитку компонентної (молекулярної) діагностики (МА) [9]. Впродовж останніх 40 років науковцями різних країн виділено та охарактеризовано значну кількість алергенів, які класифікують за їхньою здатністю викликати первинну чутливість (мажорні) чи опосередковану перехресну реактивність (частіше мінорні) до білків із подібною структурою.

Щодо собаки, то поряд з калікреїном простати самців Can f 5 (28 кДа), значну кількість алергенних і не алергенних білків виявлено в екстрактах собачої шерсті і лупи. На сьогоднішній день детально вивченими є Can f 1, Can f 2 та Can f 3. Can f 1 – мажорний компонент з молекулярною масою 18-25 кДа, належить до сімейства білків-ліпокалінів. За даними досліджень, специфічні IgE до Can f 1 виявляються у 52-75% пацієнтів з алергією до собак. Can f 2 – важливий мінорний білок-ліпокалін з молекулярною масою 19-27 кДа, сенсibiliзація до якого виявляється у 20-30% пацієнтів з алергією до собак. На основі Can f 1 і Can f 2 створені рекомбінантні алергени. Сироватковий альбумін собаки Can f 3 (66 кДа) є мінорним білком з перехресною здатністю реагувати з іншими альбумінами ссавців. IgE до Can f 3 виявляються у 30-40% дорослих осіб з алергією до собак, а їхнє клінічне значення потребує подальших досліджень [6]. Іншими мінорними білками сімейства ліпокалінів є Can f 4 (16-18 кДа), Can f 6 (27-29 кДа). Can f 6 зустрічається у 23-61% пацієнтів з сенсibiliзацією до собаки, виявлена його перехресна реактивність з Can f 2, а також вивчаються можливості специфічних IgE цієї молекули реагувати з ліпокалінами інших видів тварин, а саме kota (Fel d 4), коня (Equ s 1), миші (Mus m 1). Специфічні IgE до Can f 4 визначено у 35-60% пацієнтів, виявлена їх значна гомологічність з білком корови Bos d 23. За даними Bjerg et al, 2015 р. виявлена у пацієнтів сенсibiliзація до різних алергенів собаки, зокрема Can f 1, Can f 2 і Can f 5 корелювала з тяжкими

клінічними ознаками алергічних порушень [4].

На даний момент описано 12 алергенних компонентів kota, з яких біля 10 можуть зв'язуватися з IgE. Головним алергеном є секретоглобулін Fel d 1, який виявлений у багатьох перелічених вище біологічних середовищах kota, на шерсть потрапляє здебільшого з виділеннями слинних і слюзних залоз при облизуванні [22]. У висушеному виді білок розмірами 3-4 мікрона легко поширюється у довкілля з частинками шерсті [31]. Визначено, що Fel d 1 належить до сімейства утероглобулінів, має молекулярну масу 35-39 кДа і на 10-20% пов'язаний з вуглеводневим комплексом [15].

Іншим мажорним алергеном kota виступає ліпокаїн Fel d 4 (20 кДа), який виявляється приблизно в 60% осіб з алергією до котів, в основному з низькими рівнями IgE. Найбільше його продукується у підщелепній слинній залозі і в подальшому при облизуванні він наноситься на шерсть. Можливі перехресні реакції даної молекули з основними алергенами коня, собаки та корови [14]. Загалом, ліпокаїни тварин мають низьку схожість між собою. Водночас, за даними шведських досліджень, наявність у пацієнтів сенсibiliзації до Fel d 4 і ліпокаїнів собаки Can f 1 і Can f 2 є предиктором формування тяжкої неконтрольованої астми, або астми, ускладненої екземою [4].

Домінантним білком у лупі є кислий сироватковий альбумін kota – Fel d 2 з молекулярною масою 67 кДа. Альбумін kota є мінорним алергеном, сенсibiliзація до якого виявлена у 25% пацієнтів з алергією до цієї тварини. Його наявність добре виявляється як у сироватці крові, так і в епітеліальному екстракті. Визначено, що специфічна сенсibiliзація до котячого альбуміну буває частіше серед пацієнтів з atopічним дерматитом, ніж з проявами риносинуситу. За рахунок значної гомології сироваткових альбумінів ссавців, можуть виникати перехресні реакції на свинину (Sus s), яловичину (Bos d 6), баранину, конину (Equ s 3), що отримало назву «rogk-cat» синдрому [10].

Серед інших алергенів, знайдених у лупі kota, немалий інтерес представляє еволюційно збережений інгібітор цистеїнової протеази (цистатин) – Fel d 3, який визначається щонайменше у 10% пацієнтів з алергією до kota. Fel d 3 має молекулярну масу 11 кДа і містить 98 амінокислотних залишків. Близько 80% амінокислотної послідовності Fel d 3 є ідентичною бичачому чи людському цистатину А. Виявлена також значна гомологія Fel d 3 з алергенами собаки Can f 1 і Can f 2 [18].

Алергени Fel d 5 та Fel d 6 є імуноглобулінами kota класів IgA та IgM відповідно, що також виявляються у лупі. Особливістю цих імуноглобулінів є наявність на важкому ланцюзі антитіла до вуглеводного епітопу галактоза- α -1,3-галактози (Alpha-gal). Alpha-gal – це олігосахарид ссавців (не приматів), визнаний як причинний фактор пізніх (відтермінованих) анафілактичних реакцій до м'яса ссавців (яловичина, свинина, баранина, оленина). Окрім цього, даний вуглеводний епітоп присутній у молоці, продуктах тваринного походження (желатин, желеїні цукерки), медикаментах (креон, моноклональне антитіло – цетуксимаб) [16]. Па-

тогенез даної реакції тісно пов'язують зі споживанням жирних видів м'яса і попередніми укусами кліщів [12].

Fel d 7 – білок залоз Ебнера з молекулярною масою 18 кДа, виділений з язика kota. Виявлено, що гомологічність з головним алергеном собаки Can f 1 становить 63%. Обидва алергени є димерами. За даними різних досліджень Fel d 7 може зв'язуватися зі специфічними IgE осіб з алергією до собак від 52 до 75% [7].

Fel d 8 – латерин-подібний білок з молекулярною масою 24 кДа, виділений з підщелепної залози kota. Доведено його гомологію до мінорних алергенів коня Equ c 4 та Equ c 5. Дані латерин-подібні білки володіють поверхнево-активними властивостями і продукуються шкірою і слинними залозами коней. Визначено також, що Fel d 8 може зв'язуватися з IgE до Equ c 4 в 77% пацієнтів з алергією до коня [17].

Отже, широкий діапазон молекулярних даних про алергенні компоненти собаки/kota з однієї сторони дає можливість з високою точністю розібратись у причинно-наслідкових питаннях при виявленні клінічної симптоматики, яка анамнестично пов'язана (чи не пов'язана!) з цими тваринами, а з іншої сторони – вказує на необхідність високоточних підходів до діагностики цього виду алергії для вибору ефективного лікування.

Метою нашого дослідження було вибрати правильний підхід до АІТ та оцінити прогноз її ефективності у пацієнтів із сенсibiliзацією і клінічними проявами алергії до kota та собаки на підставі алергокомпонентної діагностики.

Методика. Під нашим спостереженням знаходилось 22 пацієнтів, які звернулись на консультативний прийом у Регіональний центр клінічної імунології на алергології впродовж 2014-2015 року з підозрою на алергію до домашніх тварин. Вік пацієнтів був 16-36 років, з них 63,6% жінок, 36,4% чоловіків. Верифікацію діагнозу проводили на підставі клінічної картини захворювання, даних анамнезу, в т.ч. алергічного. Пацієнтам проводились загальні лабораторні та інструментальні дослідження, цитологічні дослідження мазка відбитка зі слизової порожнини носа, прік-тести екстрактами алергенів (Diater, Іспанія), визначення загального і специфічних IgE (sIgE) методом імуноферментного аналізу з використанням тест-систем «Euroimmun» згідно з інструкцією фірми виробника. Для виявлення видоспецифічних компонентів алергенів використовували імунофлюоресцентний метод ImmunoCAP («Phadia AB», Швеція). Матеріалом дослідження була сироватка крові.

Результати дослідження та їх обговорення. Скарги у пацієнтів були наступними: закладеність носа і утруднене дихання (100%), ринорея, сльозотеча, яка періодично супроводжувалась свербіжем, часте чхання, особливо при перебуванні у закритих приміщеннях. 31,8% відзначали кашель, який набував приступоподібного характеру і часто супроводжувався утрудненим диханням при контакті з тваринами. Об'єктивно у 27,3% пацієнтів на момент обстеження виявлені шкірні прояви у вигляді почервоніння, сухості з локалізацією на відкритих ділянках рук, в області плечей та обличчя. 45,5% осіб відмічали, що на тлі приймання антигістамінних засобів стан їх

покращувався, однак виникало відчуття загострення нюху на будь-який запах і, як результат – відновлення клінічної симптоматики. Про наявність обтяженого алергологічного анамнезу констатували 27,3% пацієнтів. Результати опитування на наявність домашніх тварин були наступними: 3 особи проживали у приміщенні з котом (один з них утримував двох котів), 2 особи мали собак, а в 7 осіб собаки і коти утримувались на території біля будинку. Троє пацієнтів мали різних тварин у дитинстві. Отже, за анамнестичними даними можна стверджувати, що безпосередню експозицію алергенами домашніх тварин мали 68,2% пацієнтів (50,0% – з котами). Аналіз результатів загальних лабораторних даних показав, що у розгорнутому аналізі крові у 31,8% осіб виявлена абсолютна еозинофілія легкого ступеня, у 22,7% абсолютний лімфоцитоз, у біохімічних показниках особливих відхилень не спостерігалось. У мазку-відбитку слизової порожнини носа у 8 (36,4%) осіб виявлена підвищена кількість еозинофілів (від 19% до 82% у полі зору), що вказує на алергічний характер ринореї. Пацієнтам зі скаргами на періодичну задишку проведена оцінка функціонального стану легень на підставі спірографії, за результатами якої у 2-х (9,1%) осіб виявлено незначне зниження об'єму форсованого видиху (ОФВ1) та життєвої ємності легень, що вказувало на порушення бронхіальної прохідності та потребувало подальших досліджень.

Результати обстеження на наявність гельмінтів (ІФА на наявність імуноглобулінів А, М, G до антигенів лямблій, аскариди, токсокари («+»-≥0,35) + кал на яйця гельмінтів і найпростіші) були наступними: токсокароз – одна особа, аскаридоз – дві, лямбліоз – три, аскаридоз+лямбліоз – 2 особи). Загалом, паразитарна інвазія виявлена у 36,4% пацієнтів.

Таким чином, отримані попередні результати суб'єктивних і об'єктивних даних з високою вірогідністю вказували на формування у пацієнтів алергії до домашніх тварин і диктували необхідність проведення наступних етапів алергодіагностики, які ми здійснювали на підставі Консенсусу з молекулярної алергодіагностики (A WAO-ARIA-GA2LEN consensus document on molecular-based allergy diagnostics, 2013) [9]. Окрім цього, виникла потреба диференційної діагностики з іншими ймовірними побутовими алергенами, зокрема цвілевими грибами і кліщами домашнього пилу. З цієї метою було проведено прік-тестування всіх пацієнтів екстрактами kota – *Felis domesticus*, собаки *Canis familiaris*, кліща *Dermatophagoides pteronyssinus*, кліща *Dermatophagoides farinae*, цвілевих грибків – *Alternaria alternate*, *Aspergillus fumigates*, *Candida albicans*, *Cladosporium herbarum* (Diater, Іспанія).

Результати другого етапу обстеження наведено в таблиці 1. За результатами шкірних тестів виявлено, що у всіх пацієнтів була підвищена шкірна реакція на різні види домашніх алергенів, причому з різним ступенем сенсibiliзації від «+» до «++++», з них у 9 (40,9%) пацієнтів – моно сенсibiliзація, у 13 (59,1%) – полісенсibiliзація. Сенсibiliзація до kota виявлена у 18 (81,8%) осіб, з них – моносенсibiliзація у п'яти (27,8%),

асоціація алергенів kota з іншими видами алергенів у 72,2%, найчастіше це – кіт+собака (33,3%).

За результатами наступного етапу досліджень виявлено, що у 17 (77,3%) пацієнтів загальний сир-

ватковий IgE був підвищений і коливався в межах від 117 до 1755 МО/мл, що вказувало на формування істинної алергії (таблиця 1). На підставі досліджень специфічних IgE (ІФА > 0,35 kU/l) сенсibilізацію до

Таблиця 1. Результати визначення прік-тестів, загального та специфічних IgE (ІФА), n=22

№ п. № пац	Вік, Роки	Стать	Прік-тести	Гельмінти	Заг. IgE (МО/мл)	sIgE ≥ 0,35 KU/l						
						Кіт	Собако	Сум. кліщі D.p. D.f.	альтернарія	кінь	морська свинка	Кролик
1	32	Ч	Суміш кіт +++ Суміш собака+ Суміш кліщів ++	Токс	314	32,1	0,75	1,9	0	0	0,75	0
2	18	Ч	Суміш кіт+++ Суміш собака+	Аск	215	19,5	1,76	0	0	0,36	0	0,42
3	30	Ж	Суміш кліщів+++	Лямб	954	0	0	24,8	0	0	0	0
4	31	Ж	Суміш кіт+++ Суміш собака++	0	56	15,8	13,2	0	0	0	0	0
5	24	Ж	Суміш кіт+++	0	89	41,6	0	0	0	0	2,1	0
6	22	Ч	Суміш грибки+++	0	652	0	0	0	67,5	0	0	0
7	16	Ж	Суміш кіт + Суміш грибки+++	0	117	0,36	0	0	39,6	0	0	0
8	17	Ж	Суміш кіт+ Суміш собака+	0	110	1,2	1,93	0	0	0	0	0
9	20	Ж	Суміш кіт ++++ Суміш собака++	0	1265	>100	22,1	0	0	0	0	0
10	17	Ч	Суміш кіт+ Суміш кліщів++++	Аск	412	1,1	0	>100	0	0	0	0
11	25	Ж	Суміш кіт+ Суміш кліщів+	Лямб	212	1,08	0	1,3	0	0	0	0
12	18	Ч	Суміш кіт+++ Суміш грибки++Суміш собака++ Суміш кліщів+	Лямб	311	19,86	5,8	1,9	12,3	0,36	0	0,36
13	36	Ч	Суміш кіт+ Суміш собака+	0	65	0,5	0,36	0	0	12,9	0	0
14	20	Ж	Суміш кліщів++	лямб+аск	957	0	0	21,3	0	0	0	0
15	22	Ж	Суміш кіт+++ Суміш собака+++ Суміш кліщів++	лямб+аск	453	65,2	31,5	12,9	0	0	0	0
16	25	Ж	Суміш кіт ++++	0	56	47,5	1,45	0	0	0	1,01	0
17	29	Ч	Суміш кіт ++ Суміш собака+++ Суміш грибки++	0	265	3,25	19,7	0	0,36	0	0	0
18	30	Ж	Суміш собака+++	0	211	-	62,7	0	0	0	0	0
19	19	Ж	Суміш кіт+++	0	201	54,2	0	0	0	0	0	0
20	18	Ж	Суміш кіт+++ Суміш собака++	0	1755	41,0	1,13	0	0	0	0	0
21	33	Ж	Суміш кіт++++	0	64	11,2	0	0	0	0	0	0
22	31	Ч	Суміш кіт+++	0	301	45,5	0	0	0	0	0	0

кота виявлено у 18 (81,8%) осіб, з них – моно-сенсibilізацію у 3-х (16,6%), у решти 83,4% пацієнтів – наявні специфічні IgE до kota у комбінації з різними алергенами, в. т.ч. – з алергенами різних тварин (собака, морська свинка, кінь, кролик). Як і слідувало очікувати – результати шкірних прік тестів і вияв-

лення специфічних IgE мали відмінності. Однак, найбільше труднощів для вибору адекватного лікування складала пацієнти з полісенсibilізацією, що і стало визначальним критерієм для проведення компонентних досліджень. При наявності у пацієнта сенсibilізації лише до первинних видоспецифічних

(мажорних) алергенів ефект від АІТ складає 85-90%. Водночас, виявлення значних титрів IgE до мінорних алергенів на тлі сенсibilізації до головного алергену є предиктором відсутності ефекту АІТ.

Оскільки метою нашої роботи було оцінити прогноз ефективності АІТ у пацієнтів із сенсibilізацією і клінічними проявами алергії до kota, ми проаналізували результати алергокомпонентного дослідження саме даної групи пацієнтів – 18 осіб (таблиця 2).

Таблиця 2. Результати алергокомпонентних досліджень (Immuno CAP, sIg E ≥ 0,35 KU/l), n=20

№ пац	rFel d 1	rFel d 2	rCan f 1	rCan f 2	rCan f 3	rDer p 1, rDer p 2	rDer p 10	Alt a 1	Рекомендовано
	Маж	мін	Маж	Мін	мін	Маж	мін	маж	
1	20,3	0	5,1	0	0	0	0,75	0	SLIT кіт → еф. висока + протигельмінтна терапія
2	10,3	17,5	0	1,35	4,0	0	0	0	SLIT кіт → еф. середня
3/4	11,5	3,6	0	0	3,75	0	0	0	SLIT кіт → еф. середня
4/5	13,7	0	0	0	0	0	0	0	SLIT кіт → еф. Висока
5/7	0	5,35	0	0	0	0	0	15,6	SLIT альтернатива → еф. висока до Alt a 1
6/8	2,0	0	26,5	0	0	0	0	0	АІТ собака → еф. Висока
7/9	28,5	1,5	14,7	1,5	1,5	0	0	0	SLIT кіт + АІТ собака → еф. Середня
8/10	0	2,5	0	0	0	27,8	14,3	0	SLIT кліщ → еф. висока
9/11	22,5	0	0	0	0	0	1,6	0	SLIT кіт → еф. висока + протигельмінтна терапія
10/12	11,6	9,3	0	10,5	5,4	0	2,3	0	SLIT кіт → еф. середня + протигельмінтна терапія
11/13	0	0	0	0	0	0	0	0	SLIT (-), необхідно ISAC
12/15	1,3	6,3	0	0	1,64	0	0,96	0	спостереження + протигельмінтна терапія
13/16	-	2,4	0	0	1,5	0	0	0	SLIT (-)
14/17	0,9	3,5	0	1,7	2,0	0	0	0	SLIT (-)
15/19	23,9	0	0	0	0	0	0	0	SLIT кіт → еф. Висока
16/20	1,3	8,5	33,5	0	0	0	0	0	АІТ собака → еф. висока
17/21	7,5	2,3	0	0	0	0	0	0	SLIT кіт → еф. Середня
18/22	30,7	0	0	0	0	0	0	0	SLIT кіт → еф. Висока

На підставі алергенкомпонентної діагностики сенсibilізація алергенами kota була підтверджена у 17 (94,4%) пацієнтів з позитивними шкірними тестами до екстракту лупи kota (Diater, Іспанія), що вказувало на високу чутливість даних епідермальних алергенів. Серед вказаних пацієнтів моносенсibilізація до kota виявлена у 5-ти (29,4%) осіб, що підтверджувалась наявністю молекули головного білку Fel d 1, або мінорного маркера перехресної алергії Fel d 2, або їх сукупності. В інших 12 випадках (70,6%) виявлена полісенсibilізація різними видами алергенних компонентів, здебільшого – асоціація різних алергенів kota і собаки. Загалом, за даними компонентних досліджень головний алерген kota Fel d 1 виявлено у 14 (82,4%) пацієнтів, з них у «чистому виді» у 3-х (21,4%) осіб. Акцентуємо також увагу, що у більшості (78,6%) пацієнтів з виявленим Fel d 1 алергічна реакція була IgE опосередкованою.

Для вибору методу лікування і прогнозу його ефективності проведений детальний аналіз отриманих даних компонентної діагностики, що дозволив поділити пацієнтів на наступні групи:

1 група – пацієнти 5, 11, 19, 22 – з моносенсibilізацією до мажорного алергену kota Fel d 1. Даним пацієнтам рекомендовано проведення сублінгвальної алергенспецифічної імунотерапії (SLIT) «Суміш кіт» (Diater, Іспанія)», причому з прогнозом її високої ефективності. Щодо пацієнта 11, у якого виявлено Fel d 1 в асоціації з Der p 10 (тропоміозином) – мінорним алергеном кліщів домашнього пилу. Відомо, що тропоміозин входить до складу клітин всіх представників тваринного світу. Ступінь перехресної реактивності

між тропоміозином кліщів та іншими джерелами сягає 75-80%, а найбільша перехресна реактивність проявляється з морепродуктами, тарганами і нематодами [2]. Оскільки в даного пацієнта виявлені лямблії, то очевидно саме вони були причиною наявності даного компонента. Тому пацієнту 11 рекомендовано додатково антипаразитарне лікування, дотримання елімінаційної дієти з виключенням морепродуктів, гігієнічних рекомендацій щодо побутових умов і періодичного моніторингу за паразитарними інвазіями тощо.

2 група – пацієнт 21 з сенсibilізацією до мажорного компонента kota Fel d 1 і мінорного сироваткового альбуміну Fel d 2. Пацієнту рекомендовано проведення SLIT «Суміш кіт» (Diater, Іспанія)», прогноз її ефективності очікуємо середній.

3 група – пацієнти 2, 4, 12, 15, 17 з сенсibilізацією до головного алергену kota на тлі мінорних алергенів kota і собаки. У даних пацієнтів має місце перехресна реакція між сироватковими альбумінами kota і собаки (Fel d 2, Can f 3). Якщо пацієнтам 2, 4, 12 з високим рівнем Fel d 1 запропоновано SLIT «Суміш кіт» (Diater, Іспанія)» з прогнозом середньої її ефективності, то пацієнтам 15 і 17 з низьким рівнем Fel d 1 рекомендовано спостереження і протигельмінтна терапія, уникнення контакту з відповідними тваринами.

4 група – пацієнти 1, 8 – з паралельної сенсibilізацією до головних алергенів kota Fel d 1 і собаки Can f 1. Пацієнту 1 рекомендовано SLIT «Суміш кіт» (Diater, Іспанія)», оскільки рівень Fel d 1 є значно вищий, ніж Can f 1 (відповідно, 20,3 KU/l, 5,1 KU/l) і додатково протигельмінтне лікування з низькою гігієнічних настанов. Пацієнт 8 за анамнестичними дани-

ми не міг точно визначити причину алергічної симптоматики, однак у дитинстві мав собаку. Йому запропоновано АІТ до собаки, оскільки переважала концентрація Can f 1 (26,5 KU/l проти 2,0 KU/l - Fel d 1). Прогноз ефективності специфічної терапії до вказаних тварин в обох пацієнтів високий.

5 група – пацієнт 20 – з паралельною сенсibiliзацією до головних алергенів kota і собаки на тлі мiнорного сироваткового альбумiну kota Fel d 2. За анамнестичними даними вiдомо, що даний пацiєнт нiколи не утримував домашнiх тварин, мав ускладнений спадковий анамнез, перiодичнi шкiрнi прояви були ще з раннього дитинства, якi помилково асоцiювали з реакцiєю на продукти харчування. З 14-ти рокiв додалися симптоми ринокон'юнктивiту. Пацiєнту рекомендовано АІТ до собаки, оскільки концентрацiя даного компонента є вищою (33,5 KU/l проти 1,3 KU/l - Fel d 1) та уникнення контакту з тваринами. Прогноз ефективностi АІТ високий. Щодо чутливостi до kota і виявленого мажорного алергену Fel d 1, то варіант етапного додавання SLIT «Суміш кіт» необхідно розглядати за умов наявностi клiнiчної симптоматики у майбутньому.

6 група – пацієнт 9 з сенсibiliзацією до головних алергенів kota і собаки на тлі мiнорних алергенiв цих тварин Fel d 2, Can f 2, Can f 3. За анамнестичними вiн тривалий перiод утримував обох тварин на прибудинковiй територiї. Пацiєнту рекомендовано поетапну терапiю з вибором сумiшi для початку лiкування залежно вiд концентрацiї мажорного алергена. Прогноз ефективностi терапiї середнiй.

7 група – пацієнти 7, 10 16 з сенсibiliзацією лише до мiнорного алергену kota Fel d 2:

У пацiєнта 16 даної групи виявлено сироватковi альбумiни kota і собаки Fel d 2 і Can f 3. На пiдставi детально зiбраного анамнезу вияснили про наявнiсть перiодичних проявiв алергiчної реакцiї у виглядi оро-фарингiальної кропив'янки пiсля вживання свинини, при цьому – чим бiльше вживалось свинини в поєднаннi з алкоголем, тим сильнiшою була алергiчна реакцiя. На пiдставi отриманих анамнестичних і специфiчних алергологiчних досліджень можна стверджувати про наявнiсть у пацiєнта «rok-sat» синдрому. Пацiєнту рекомендовано пройти обстеження ISAC з метою виявлення додаткових алергенних компонентiв, зокрема – альбумiну свинини Sus s і дотримуватись вiдповiдної дiєти. SLIT «Сумiш кіт» даному пацiєнту не рекомендована, оскільки вона не буде ефективною.

Пацiєнту 7 SLIT «Сумiш кіт» не рекомендовано, вiдтак запропоновано SLIT «Сумiш цвiлевих грибкiв» через наявнiсть у нього мажорного алергену альтернативної альтернати Alt a 1, ефективностi якої буде високою. Щодо мiнорного алергену kota Fel d 2, то можливо багатоконпонентна дiагностика ISAC допоможе знайти головне джерело появи цього маркера перехресних реакцiй.

Пацiєнту 10 зi сенсibiliзацією до мажорних і мiнорних алергенiв клiщiв домашнього пилу рекомендовано SLIT «Сумiш клiщiв домашнього пилу», ефективностi якої буде високою за умов лiкування

наявного аскаридозу, дотримання гiгiєнiчних рекомендацiй у побутi і дiєти з вилученням морепродуктiв. Аналогiчно, як і пацiєнту 7 – йому рекомендовано дослідження ISAC.

8 група – пацієнт 13, у якого алергенкомпонентний аналіз виявився негативним. З детального анамнезу стало вiдомо, що два рази мав алергiчну симптоматику при контактi з конем, причому – якщо перший раз у виглядi покашлювання і проявiв ринореї, то другий раз на тлі кашлю додалось утруднене дихання. Вочевидь, є пiдозра на наявнiсть у даного пацiєнта сенсibiliзацiї до Fel d 8, який має високу гомологiю з мiнорними алергенами коня Equ c 4 та Equ c 5. Вiдповiдно, для верифiкацiї дiагнозу пацiєнту першочергово рекомендовано пройти обстеження ISAC.

Таким чином, на пiдставi проведеного алергокомпонентного аналізу – SLIT до kota з високим/середнім прогнозом її ефективностi була рекомендована лише 10-ти (58,8%) пацiєнтам, а для 23,5% вміст алергоiмунотерапiї був змiнений. Рiзниця у 41,2% мiж першими етапами алергодiагностики і компонентним дослідженням пояснюється наявнiстю паналергенної сенсibiliзацiї. Диференцiйний пiдхiд до вибору тактики лiкування і прогнозу її ефективностi диктує необхiднiсть проведення молекулярних досліджень методом ImmunoCAP i/або ImmunoCAP ISAC.

Висновки.

1. Серед пацiєнтiв з сенсibiliзацією до побутових алергенiв визначено абсолютну еозинофiлію у 31,8%, пiдвищений рiвень еозинофiлiв у цитологiчних дослідженнях слизової носової порожнини у 36,4%, пiдвищений рiвень загального сироваткового IgE у 77,3%, порушення функцiонального стану легень у 9,1%, паразитарна iнвазiя у 36,4%.

2. Сенсibiliзацiя алергенами kota на пiдставi алергенкомпонентної дiагностики пiдтверджена у 17 (94,4%) пацiєнтiв з позитивними шкiрними тестами до екстрактiв лупи kota (Diater, Iспанiя), що вказувало на високу чутливiсть даних епiдермальних алергенiв.

3. Моносенсибилизација до kota виявлена у 29,4% осiб, що пiдтверджувалась наявнiстю молекули головного бiлку Fel d 1, або мiнорного маркера перехресної алергiї Fel d 2, або їх сукупностi.

4. У 70,6% осiб виявлена полiсенсibiliзацiя, здебiльшого – асоцiацiя рiзних алергенiв kota і собаки.

5. У 78,6% пацiєнтiв з виявленим головним алергеном kota Fel d 1 алергiчна реакцiя була IgE опосередкованою.

6. Компонентне визначення сенсibiliзуючого профiлю згiдно Консенсусу з молекулярної алергодiагностики та висока чутливiсть даного метода дозволяє виявити iстинний бiлок, який є першопричиною виникнення алергiї та призначити етiотропну алерген-специфiчну iмунотерапiю саме тим алергеном, до якого виявлена сенсibiliзацiя.

7. У лiкуваннi пацiєнтiв важливо використовувати стандартизованi за активнiстю алергени, якi контролюванi на наявнiсть мажорних компонентiв, що дозволяє досягнути максимально високого ефекту лiкування.

ЛІТЕРАТУРА

- Anderson MC, Baer H, Ohman JL Jr. A comparative study of the allergens of cat urine, serum, saliva, and pelt. *J Allergy Clin Immunol.* 1985;76:563-9.
- Asyuso R, Reese G, Leong-Kee S, Plante M, Lehrer SB. Molecular basis of arthropod cross-reactivity: IgE-binding cross-reactive epitopes of shrimp, house-dust mite and cockroach tropomyosins. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2002;129:38-48.
- Basagana M, Bartolome B, Pastor C, Torres F, Alonso R, Vivanco F, et al. Allergy to human seminal fluid: cross-reactivity with dog dander. *J Allergy Clin Immunol.* 2008;121:233-9.
- Bjerg A, Winberg A, Berthold M, Mattsson L, Borres MP, Rönmark E. A population-based study of animal component sensitization, asthma, and rhinitis in school-children. *Pediatr Allergy Immunol.* 2015;26(6):557-63.
- Bousquet J, Michel FB, Creticos PS. Sublingual immunotherapy for cat allergy. *J Allergy Clin Immunol.* 1995;95:920-1.
- Boutin Y, Hebert H, Vrancken ER, Mourad W. Allergenicity and cross-reactivity of cat and dog allergenic extracts. *Clin Allergy.* 1988;18:287-93.
- Brandt R, Ponterius G, Yman L. The allergens of cat epithelia and cat serum. Comparative studies based on the radioallergosorbent technique (RAST). *Int Arch Allergy Appl Immunol.* 1973;45:447-55.
- Cabanas R, Lopez-Serrano MC, Carreira J, Ventas P, Polo F, Caballero MT, et al. Importance of albumin in cross-reactivity among cat, dog and horse allergens. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2000;10:71-7.
- Canonica GW, Ansotegui IJ, Pawankar R, Schmid-Grendelmeier P, van Hage M, Baena-Cagnani CE, et al. A WAO-ARIA-GA2LEN consensus document on molecular-based allergy diagnostics. *World Allergy Organ J.* 2013;6(1):17.
- Custovic A, Simpson B, Simpson A, Hallam C, Craven M, Woodcock A. Relationship between mite, cat, and dog allergens in reservoir dust and ambient air. *Allergy.* 1999;54:612-6.
- D'Amato G, Liccardi G, Russo M, Barber D, D'Amato M, Carreira J. Clothing is a carrier of cat allergens. *J Allergy Clin Immunol.* 1997;99:577-8.
- Fuentes AV, Sanchez MI, Perez MA, Baeza ML, de Barrio FM. Allergy to mammal's meat in adult life: immunologic and follow-up study. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2005;15(3):228-31.
- Gordon S. Allergy to furred animals. *Clin Exp Allergy.* 1997;27:479-81.
- Goubran Botros H, Poncet P, Rabillon J, Fontaine T, Laval JM, David B. Biochemical characterization and surfactant properties of horse allergens. *Eur J Biochem.* 2001;268:3126-36.
- Griffith IJ, Craig S, Pollock J, Yu XB, Morgenstern JP, Rogers BL. Expression and genomic structure of the genes encoding FdI, the major allergen from the domestic cat. *Gene.* 1992;113:263-8.
- Gronlund H, Adedoyin J, Commins SP, Platts-Mills TA, van Hage M. The carbohydrate galactose-alpha-1,3-galactose is a major IgE-binding epitope on cat IgA. *J Allergy Clin Immunol.* 2009;123:1189-91.
- Guerin B, Hewitt B. A comparative study of allergen extracts from cat fur, cat pelt and cat saliva. *Ann Allergy.* 1981;46:127-31.
- Konieczny A, Morgenstern JP, Bizinkauskas CB, Lilley CH, Brauer AW, Bond JF, et al. The major dog allergens, Can f 1 and Can f 2, are salivary lipocalin proteins: cloning and immunological characterization of the recombinant forms. *Immunology.* 1997;92:577-86.
- Lau S, Illi S, Sommerfeld C, Niggemann B, Bergmann R, von Mutius E, et al. Early exposure to house-dust mite and cat allergens and development of childhood asthma: a cohort study. *Multicentre Allergy Study Group. Lancet.* 2000;356:1392-7.
- Luczynska CM, Li Y, Chapman MD, Platts-Mills TA. Airborne concentrations and particle size distribution of allergen derived from domestic cats (*Felis domesticus*). Measurements using cascade impactor, liquid impinger, and a two-site monoclonal antibody assay for Fel d I. *Am Rev Respir Dis.* 1990;14:361-7.
- Nelson HS, Oppenheimer J, Vatsia GA, Buchmeier A. A double-blind, placebocontrolled evaluation of sublingual IT with standardized cat extract. *J Allergy Clin Immunol.* 1993;92:229-36.
- Ohman JL Jr, Lowell FC. IgE antibody to cat allergens in an allergic population. *J Allergy Clin Immunol.* 1977;60:317-23.
- Ohman JL Jr, Lowell FC, Bloch KJ. Allergens of mammalian origin. Properties of a major feline allergen. *J Immunol.* 1974;113:1668-77.
- Patelis A, Gunnbjörnsdóttir M, Malinowski A, Mattsson P, Onell A, Högmán M, et al. Population-based study of multiplexed IgE sensitization in relation to asthma, exhaled nitric oxide, and bronchial responsiveness. *J Allergy Clin Immunol.* 2012;130(2):397-402.
- Perzanowski MS, Runmark E, Platts-Mills TA, Lundbeck B. Effect of cat and dog ownership on sensitization and development of asthma among preteenage children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:696-702.
- Sicherer SH, Wood RA, Eggleston PA. Determinants of airway responses to cat allergen: comparison of environmental challenge to quantitative nasal and bronchial allergen challenge. *J Allergy Clin Immunol.* 1997;99:798-805.
- Spitzauer S, Schweiger C, Anrather J, Ebner C, Scheiner O, Kraft D, et al. Characterisation of dog allergens by means of immunoblotting. *Int Arch Allergy Immunol.* 1993;100:60-7.

Molecular allergodiagnosics as a method of differential approaches to selection immunotherapy of allergy to pets

Zubchenko S., Yuryev S., Maruniak S.

Abstract. One of the topical problems is allergy to home pets, viz. to cat and dog that occurs among adults at the rate of 5-15%. To choose an adequate therapy and to make the prognosis of its efficacy in patients with sensitization and clinical manifestations of allergy to cat and dog. 22 patients aged 16-36 have been studied. The diagnosis was verified on the basis of objective and subjective data, overall laboratory and instrumental tools, prick tests, general and specific IgE determination. The study of allergen components was made by immunofluorescence method ImmunoCAP. According to the results of skin prick tests sensitization to cat was traced in 81.8% persons, of whom monosensitization was traced in 27.8%, association of cat allergens with other types of allergens – in 72.2%, most frequently this being – cat+dog. Higher levels of general IgE were traced in 77.3% patients. Specific IgE only to cat was traced in 16.6% ones, while the rest 83.4% of patients had specific IgE to cat in the combination with different domestic allergens. Patients with major cat allergen Fel d 1 alone or in combination with minor allergen Fel d 2 were prescribed allergen immunotherapy with high/medium efficacy prognosis. People with panallergy were prescribed a stage-by-stage therapy. Patients with only minor allergens traced were not recommended to undergo allergen immunotherapy. On the basis of allergen-component analysis allergen immunotherapy was recommended for 58.8% of patients only, and for 23.5% the content of allergen immunotherapy was modified.

Keywords: allergy to home pets, allergen-component diagnostics, allergen immunotherapy.

Молекулярная диагностика как метод дифференцированного подхода при выборе аллергоиммунотерапии при аллергии к домашним животным

С. О. Зубченко, С. Д. Юрнев, С. Р. Маруняк

Аннотация. Распространение аллергических заболеваний с каждым годом увеличивается. Одной из актуальных проблем является аллергия на домашних животных, а именно на наиболее распространенных – кошку и собаку, которая встречается у 5-15% взрослого населения. Среди детей с atopическим анамнезом сенсибилизация аллергенами кошки и собаки является потенциальным триггером развития тяжелых форм аллергопатологии. Сегодня проблема выбора эффективной терапии указанных пациентов может решиться с помощью алергокомпонентной диагностики. Определить адекватный подход к терапии и оценить прогноз ее эффективности у сенсибилизированных пациентов с клиническими проявлениями аллергии на домашних животных. Проведено исследование 22 пациентов 16-36 лет с подозрением на аллергию к домашним животным. Верификацию диагноза проводили на основании объективных и субъективных данных, общих лабораторных и инструментальных исследований, прик-тестов экстрактами аллергенов, определения общего и специфических IgE. Исследование компонентов аллергенов проводили иммунофлюоресцентным методом ImmunoCAP. По результатам кожных прик-тестов Diater Laboratorios (Испания) сенсибилизация к кошке выявлена у 18 (81,8%) лиц, из них – моносенсибилизация у пяти (27,8%), ассоциация аллергенов кошки с другими видами аллергенов у 72,2%, чаще всего (33,3%) это – кот+собака. Повышенные уровни общего IgE выявлены у 17 (77,3%) пациентов. Специфические IgE только к кошке были у 3-х (16,6%) лиц, в остальных 83,4% – присутствовали специфические IgE к кошке в комбинации с различными бытовыми аллергенами, в т.ч. аллергенами домашних животных, что осложняло выбор терапии. По результатам компонентного анализа пациентам с наличием только мажорных аллергенов кошки Fel d 1 или в комбинации с минорным аллергеном Fel d 2 назначено аллергоиммунотерапию с высоким/средним прогнозом ее эффективности. Лицам с выявленной паналлергией – рекомендовано поэтапную терапию. Пациентам с наличием только минорных аллергенов проведение аллергоиммунотерапии не рекомендовано. На основании алергокомпонентного анализа алергоиммунотерапия рекомендована только 58,8% пациентам, а для 23,5% содержание алергоиммунотерапии было изменено. Дифференцированный подход к выбору терапевтической тактики и прогноз ее эффективности диктует необходимость проведения молекулярных исследований методом ImmunoCAP и/или ImmunoCAP ISAC.

Ключевые слова: аллергия к домашним животным, алергокомпонентная диагностика, алергоиммунотерапия.

INFORMATION TECHNOLOGIES

Імплементація специфічного UI мобільного додатку у Android Lollipop

О. Г. Хамула, Н. В. Сорока

Українська Академія Друкарства, м. Львів, Україна

Paper received 21.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Анотація. Розглядаються нововведення в Android Lollipop ОС з точки зору користувацького інтерфейсу. Наводиться аналіз концепцій дизайну і варіанти їх реалізації з точки зору розробника. Надаються рекомендації по впровадженні UI особливостей концепту музичного програвача.

Ключові слова: UI, користувацький інтерфейс, мобільний додаток, прототип, дизайн, музичний програвач, Android 5, Lollipop.

Постановка проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень в галузі інформаційної технології розробки мобільних додатків, розробники періодично стикаються із необхідністю вибору кращих методів імплементації специфічного користувацького інтерфейсу. Це пов'язано із регулярними оновленнями мобільних операційних систем.

Компанія Google ближче до середини грудня 2015 збрала статистику своєї мобільної операційної системи Android за листопад. Зайняло це 7 днів, з 1 по 7 грудня, статистика збиралася в офіційному магазині Play Store, доступному з Android 2.2 і вищих версій.

Основний приріст частки користувачів в минулому місяці трапився у Android 5.x Lollipop. У жовтні частка цієї версії ледь перевищувала 25%, а тепер це значення зросло до 29,5%. Зокрема, версія Android 5.1 набрала за місяць 3,1%.

Android 4.4 KitKat на ринку присутня більше двох років і поки продовжує лідувати з часткою 36,6%, проте її спад виявився максимальним, склавши 1,2%. Всі інші версії Android 4.x також трохи втратили, в сумі 2,1%. У Android Jelly Bean частка дорівнює 2,9%, менше ніж у вийшла раніше за неї Gingerbread з 3,4%.

Через два місяці після релізу Android 6.0 Marshmallow швидких темпів її поширення традиційно не спостерігається. У момент появи оновлення Android 6.0.1 версія 6.0 добралася всього до 0,5% Android-пристроїв, збільшивши свою частку за місяць на 0,2%. Відповідно, 99,5% пристроїв не можуть похвалитися наявністю найбільш актуальної версії Android.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дослідженням інформаційних систем мобільних

операційних систем присвячують свої наукові роботи багато авторів. Проте, Android Lollipop являється відносно новою ОС і на даний момент немає досліджень по проблемі активного залучення в дизайн System bars.

Питання впровадження в інтерфейс додатку анімації також є актуальним враховуючи, що робота базується на власному концепті мобільного додатку і відповідно оригінальним анімаційним ефектам.

Формування цілей статті. На основі дизайну користувацького інтерфейсу концепту мобільного додатку, дослідити варіанти його реалізації. Розглянути нововведення в UI для Android Lollipop ОС. Зокрема, провести аналіз проблеми активного залучення в дизайн System bars. Надати рекомендації по можливостях імплементації анімаційних ефектів, на основі концепту.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Наш концепт додатку мобільного програвача базується, з точки зору візуального інтерфейсу – UI, на основах Material Design, про те із оригінальними рішеннями: відмова від використання тіней, активне залучення системних блоків операційної системи (Status Bar і Navigation Bar), анімація основних іконок, динамічна кольорова палітра інтерфейсу.

Відмова від використання тіней. Тіні в Material Design покликані розділяти елементи інтерфейсу у просторі по осі z. За закладеною ідеєю і особливістю UX, елементи інтерфейсу користувача розміщені в одній площині (Рис. 1). Зокрема акцент на одній площині диктується вертикальним свайпом, який в парі із суцільним кольором викликає відчуття єдності трьох екранів.

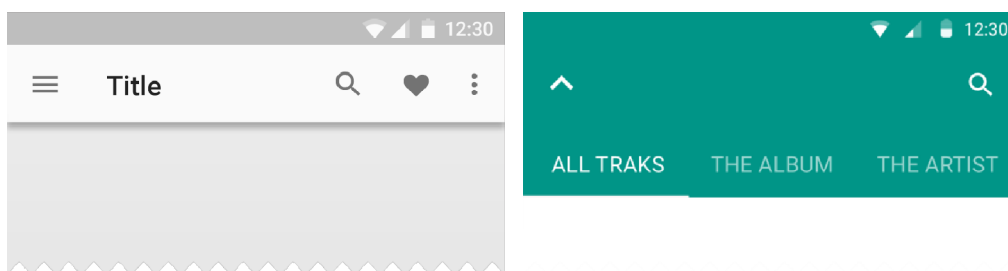


Рис. 1. Використання тіней у Material Design і їх відсутність у концепті.

Активне залучення в дизайн системних блоків операційної системи (Status Bar і Navigation Bar). За замовчуванням, при розробці додатку системні блоки забарв-

лені у чорний колір (Рис. 2). Починаючи із Android 5, для розробників відкрились додаткові можливості по стилізації цих блоків: забарвлення кольором, прозорість [1].

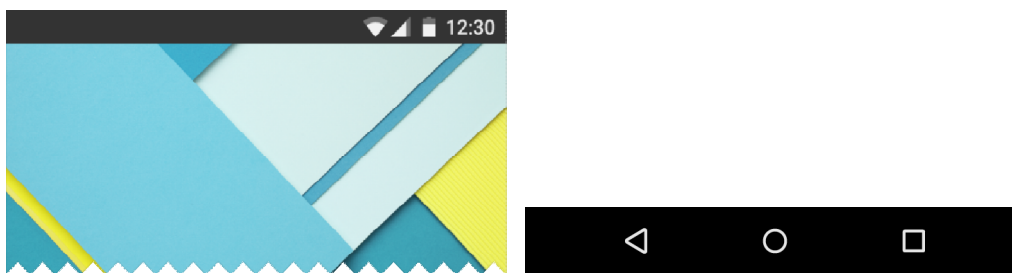


Рис. 2. Стандартний темний (Dark) тип Status і Navigation блоків.

Внесення змін до Status Bar полягають у використанні прозорості 20% чорного кольору (#000000). Це необхідно коли музичний файл містить зображення альбому до якого відноситься. Поверх цього зображення відображається загальна інформація, відповідно для її кращого відображення рекомендується використовувати підкладку. Відповідно в даному випадку використовується Translucent параметр:

```
<style name="AppTheme" parent="AppTheme.Base">
<item
name="android:windowTranslucentStatus">true</item>
```

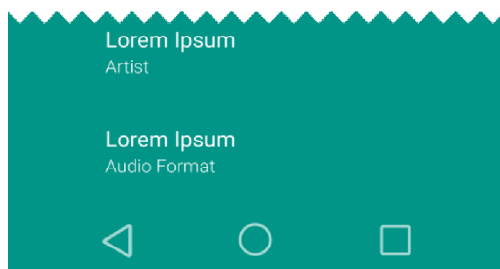


Рис. 3. Вигляд Navigation Bar концепту музичного програвача для Android 5+.

Для реалізації зміни кольору системного блоку навігації є декілька варіантів реалізації:

1. Редагування xml-файлу "values-v21/style.xml"

```
<item name="android:navigationBarColor">@color/
/navigationbar_color</item>
```

2. Редагування xml-файлу "values/style.xml"

```
<item name="android:navigationBarColor" tools:
:targetApi="21">@color/navigationbar_color</item>
```

3. Програмно

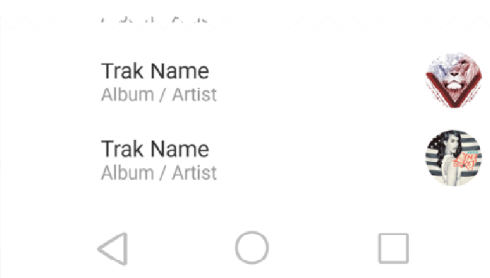
```
if (Build.VERSION.SDK_INT >= 21)
getWindow().setNavigationBarColor(getResources().getColor(R.color.navigationbar_color));
```

Анімація основних іконок. В дизайні концепту робиться акцент на простоту і чистоту у візуальному стилі і це досягається, також завдяки використанню іконок. Іконки рекомендується створювати у професійних програмах для векторної графіки, як приклад Adobe Illustrator, або використовувати готові із пакету іконок наданих компанією розробником ОС – Google.

Наша рекомендація полягає у використанні ресурсів іконок у форматі svg (Рис. 4). Оскільки даний формат представлення графіки дозволяє якісно застосовувати анімацію і зберігати пропорції в залежності із розміром екрану. Scalable Vector Graphics (скорочено SVG) – специфікація мови розмітки, що базується на XML та формат файлів для двовимірної векторної графіки, як статичної, так і анімованої та інтерактивної. SVG може бути вик-

```
</style>
```

Враховуючи логіку навігації концепту, що здебільшого полягає у вертикальному свайпі, постала необхідність динамічної стилізації системного блоку Navigation (Рис. 3). На головному екрані навігації і в крайній верхній точці(екран з інформацією про музичний файл, який активний на даний момент) системний блок зафарбовується кольором #019587, або #ff4b3b., іконки навігації приймають білий колір #ffffff. На екрані із списком музичних файлів(крайня нижня точка концепту при свайпі) Navigation Bar приймає параметр "Transparent" [2].



лючно декларативним, або містити описи сценаріїв. Зображення можуть містити зовнішні посилання шляхом застосування простих XLink-ів. Ця специфікація є відкритим стандартом, розробленим робочою групою SVG Working Group організації World Wide Web Consortium. Використання даного формату в Android проекті ми реалізували завдяки бібліотеці 1.2.2-beta-1-tweaked-2 [3].

Для створення іконок: press_to_play(okay_icon).svg, press_to_stop(2lines_icon).svg і progress_bar.svg використовувалося програмне забезпечення від компанії Adobe, Illustrator CC.

Приклад представлення res_to_play(okay_icon).svg у кодї:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!-- Generator: Adobe Illustrator 15.0.1, SVG Export
Plug-In . SVG Version: 6.00 Build 0) -->
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG
1.1//EN"
"http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">
<svg version="1.1" id="Layer_2"
xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" x="0px"
y="0px"
width="280.184px" height="198.702px"
viewBox="-2.603 -1.977 280.184 198.702"
enable-background="new -2.603 -1.977
280.184 198.702" xml:space="preserve">
```



Рис. 4. Вигляд основних svg-іконок і часової шкали.

```
<polyline fill="none" stroke="#FFFFFF" stroke-  
width="4.5" stroke-miterlimit="10" points="0.091,114.9  
80.005,194.814
```

```
274.886,-0.065 "/>
```

```
</svg>
```

Враховуючи вищенаведений код, який описує графічний елемент за допомогою точок, ми можемо програмно змінювати ці параметри. В результаті отримувати ефектні, для користувача, анімаційні ефекти.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Користувачський інтерфейс, створеного нами концепту музичного програвача для Android ОС, базується на основних принципах концепції дизайну від Google. Проте нововведення запропоновані і реалізовані в прототипі відкривають нові границі для взаємодії з користувачем.

Грунтуючись на вищезгаданому, рекомендується активно використовувати UI ресурси з типом фалів

svg. Цей тип надає можливість використання одного ресурсу для різних розмірів екранів, оскільки масштабування проходить без втрати якості, також видозмінювати графічний елемент за допомогою функцій описаних в кодї.

Jon Wiley, один із керуючих директорів відділу дизайну компанії Google, наводить рекомендацію по активному впровадженню нових моделей взаємодії, зберігаючи лише базові принципи. Відповідно задається активний розвиток в цьому.

Перспективою подальшого дослідження є проведення тестування реалізованого концепту. Особливу увагу необхідно сконцентрувати на системному блоці навігації і блоці відображення статусу. Також, даний користувачський інтерфейс концепту передбачає взаємодію із керуванням жестами. Дана адаптація інтерфейсу є логічним і наступним етапом реалізації проекту в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Google Design. Layout Structure [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/design/spec/layout/structure.html#structure-system-bars>
2. Developer Android. Using the Material Theme [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://developer.android.com/training/material/theme.html>
3. Androidsvg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mvnrepository.com/artifact/de.greenrobot/androidsvg/1.2.2-beta-1-tweaked-2>

REFERENCES

1. Google Design. Layout Structure. WEB resource: <https://www.google.com/design/spec/layout/structure.html#structure-system-bars>
2. Developer Android. Using the Material Theme. WEB resource: <http://developer.android.com/training/material/theme.html>
3. Androidsvg. WEB resources: <http://mvnrepository.com/artifact/de.greenrobot/androidsvg/1.2.2-beta-1-tweaked-2>

How to implement a special user interface in Android Lollipop

Soroka N., Khamula O.

Abstract. We review a new user interface structure in Android Lollipop. We describe our innovative mobile design concept, with special logic of user interaction, and visual elements for support that logic. The Android Lollipop uses material design style like a default, however our visual elements need non-standard implementation. A main accent is on custom status and navigation bars, also on svg animations.

Keywords: UI, concept, app, android.

Имплементация специфического UI мобильного приложения на Android Lollipop

Н. В. Сорока, О. Г. Хамула

Аннотация. Мы рассматриваем новую структуру пользовательского интерфейса в Android Lollipop. Мы описываем нашу инновационную концепцию мобильного дизайна, с особой логикой взаимодействия с пользователем, а также с визуальными элементами для поддержки этой логики. Android Lollipop использует "material" стиль по умолчанию, однако наши визуальные элементы имеют нестандартную реализацию, которая и описана в статье. Основной акцент делается на адаптированном дизайне "StatusBar&NavBar" элементов, а также на SVG анимации.

Ключевые слова: интерфейс, концепт, мобильное приложение, android.

MEDICAL SCIENCE

Оцінка імунотоксичного впливу нітроксоліну в умовах експерименту на лабораторних тваринах

Г. І. Яськів

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна
Corresponding author. E-mail: annajaskiv@ukr.net

Paper received 22.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Анотація. Проведено дослідження впливу нітроксоліну на імунну систему мурчаків. Вивчали неспецифічну резистентність організму за формулою крові, за фагоцитарним показником. Клітинний імунітет оцінювали за вмістом Т-лімфоцитів, їх субпопуляцій. Гуморальний імунітет - вмістом імуноглобулінів IgA, IgM, IgG та ЦКів. Нітроксолін впливає на імунну систему і викликає алергенну перебудову організму. Підвищує кількість еозинофілів, лімфоцитів, активує фагоцитарну активність нейтрофілів. Діє на клітинну ланку імунітету: підвищує CD₈; IP1; CD₃, NK-клітини. Порушує гуморальну відповідь адаптивного імунітету, підвищує рівень ЦК у крові, чим сприяє виникненню аутоімунних захворювань.

Ключові слова: нітроксолін, імунотоксичний вплив, клітинний та гуморальний імунітет.

Вступ. В даний час, як і раніше для лікування інфекції нирок і сечових шляхів застосовують похідне хінолонової кислоти – нітроксолін, який ефективний щодо широкого спектра грампозитивних, грамнегативних бактерій і грибів. Багаточисельні дані наукової літератури свідчать про те, що довготривале застосування нітроксоліну супроводжується розвитком алергічних реакцій [1, 2]. В умовах виробництва агрегатний стан нітроксоліну – аерозоль дезінтеграції, тому в організм працівників речовина може потрапити через дихальні шляхи та шкірні покриви і викликати алергенну перебудову організму.

Короткий огляд публікації по темі. Хімічні речовини здатні викликати стан підвищеної чутливості дихальних шляхів, що призводить до виникнення респіраторної алергії, несприятливих наслідків для здоров'я, що настають в результаті стимуляції адаптивного імунітету.

Хімічна респіраторна алергія визначається як імуноопосередкована реакція гіперчутливості до екзогенних хімічних речовин [3]. Експериментальні дослідження показують, що внутрішньошкірний або місцевий вплив алергену на організм мурчаків призводить до ефективної сенсibilізації дихальних шляхів.

При сенсibilізації відбувається зміна імунологічного статусу після першого контакту з алергеном, який зазвичай не дає будь-яких клінічних проявів. В результаті повторного впливу алергену відбувається прискорена та більш агресивна імунна відповідь, що клінічно проявляється симптомами алергії [3].

Мета. Оцінити вплив нітроксоліну на імунну систему лабораторних тварин в рамках проведення токсикологічного експерименту з розробки гігієнічного регламенту допустимого вмісту речовини у повітрі робочої зони на хіміко-фармацевтичних підприємствах.

Матеріали та методи. Дослідження на лабораторних тваринах проводилися згідно методичних рекомендацій [4] при дотриманні принципів біоетики у відповідності з положенням Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях (Страсбург, 1986 р.), Директиви Ради Європи 2010/63/EU, Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Для проведення експерименту було сформовано 2 групи мурчаків світлої масті масою 300-350 г по 8 особин кожна (контрольна та сенсibilізована), які утримувалися у віварію згідно санітарно-гігієнічних норм.

Сенсibilізацію проводили за методом О. Г. Алексеевої, А. І. Петкевич [5] шляхом внутрішньошкірного введення 200 мкг (в 0,02 мл) препарату в зовнішню поверхню вуха. Тваринам з контрольної групи вводили по 0,02 мл 0,9% NaCl. Ступінь сенсibilізації встановлювали після постановки внутрішньошкірних проб в розведеннях: 1 : 100, 1 : 1000. Реакцію організму оцінювали шляхом візуального огляду поверхні шкіри на місці введення проб через 24 год. після введення і за результатами клінічних та імунологічних тестів.

Стан неспецифічної резистентності організму вивчали по формулі крові за числом нейтрофілів, фагоцитарним показником організму [6], кількістю NK-клітин.

Обчислювали співвідношення окремих популяцій лейкоцитів у лейкоцитарній формулі для загальної характеристики клітинних реакцій неспецифічного і специфічного захисту організму [7]. Вираховували: індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів (ІСНЛ), індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів (ІСНМ), індекс співвідношення нейтрофілів та еозинофілів (ІСНЕ), індекс співвідношення моноцитів та еозинофілів (ІСМЕ), індекс співвідношення лімфоцитів та моноцитів (ІСЛМ), індекс співвідношення лімфоцитів та еозинофілів (ІСЛЕ) [8].

Оцінка клітинного імунітету організму проводилася за показниками відносного та абсолютного вмісту в периферичній крові субпопуляцій Т-лімфоцитів і В-лімфоцитів, шляхом реакції розеткоутворення з еритроцитами, на яких адсорбовані моноклональні антитіла проти рецепторів CD₃ (Т-лімфоцитів), CD₄ (Т-хелпери), CD₈ (Т-цитотоксичні), CD₁₆ (натуральні кілери), CD₂₂ (В-лімфоцити). За кількістю еритроцитів, адсорбованим одним лімфоцитом аналізують ступінь активності Т- і В-клітин, оскільки цей феномен обумовлений щільністю рецепторів на поверхні лімфоцитів і характеризує функціональні властивості останніх.

Підраховували імунорегуляторний індекс по відношенню CD₄/CD₈.

Гуморальний імунітет оцінювали за вмістом імуноглобулінів IgA, IgM, IgG та циркулюючих імунних комплексів (ЦК).

Концентрацію імуноглобулінів в сироватці крові мурчаків вивчали за допомогою радіальної імунодифузії в гелі за Манчіні; – метод базується на дифузії імуноглобулінів в агар, який містить специфічну сироватку та в результаті реакції утворює кільце преципітації, ширина якого прямопропорційна кількості імуноглобулінів. Рівень імуноглобулінів визначали за калібрувальною кривою, яка виражає залежність між рівнем імуноглобулінів та діаметром кільця преципітації [9].

Отримані дані, що виражали у відсотках і в абсолютних одиницях у перерахунку на 1 літр крові ($10^9/л$), аналізували з використанням загальноприйнятих методів статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень, з використанням t-

критерія Ст'юдента та попередньою перевіркою нормальності розподілу.

Результати та їх обговорення. При проведенні внутрішньошкірних проб у дозі 1 : 1000 у дослідній групі тварин на місці введення відмічали незначне почервоніння, діаметром 2-3 мм, у дозі 1 : 100 спостерігали еритемію, набряк, розміром 3-6 мм з утворенням папули по відношенню до контрольної групи (розчинник – 0,9% NaCl), де змін шкіри не було виявлено.

Аналіз показників лейкоцитарної формули показав, що значення відсоткового вмісту і абсолютної кількості еозинофілів та відсоткового вмісту лімфоцитів достовірно перевищує допустимий вміст. Вміст лейкоцитів, базофілів, нейтрофілів та моноцитів у крові тварин контрольної та сенсibilізованої груп вірогідно не відрізнявся (табл. 1).

Між еозинофілами в контрольних та сенсibilізованих тварин спостерігається вірогідна ($p<0,05$)

Таблиця 1. Показники лейкоцитограми крові мурчаків сенсibilізованих нітросоліном

Назва показників	Контрольні тварини	Сенсibilізовані тварини
Лейкоцити, Г/л	9,40±0,52	10,70±0,53
Базофіли, %	0,25±0,16	0,50±0,19
Базофіли, Г/л	0,03±0,02	0,06±0,02
Еозинофіли, %	1,88±0,35*	3,25±0,36*
Еозинофіли, Г/л	0,18±0,03*	0,36±0,06*
Нейтрофіли, %	21,88±1,20	23,63±0,73
Нейтрофіли, Г/л	2,06±0,16	2,52±0,15
Моноцити, %	2,50±0,19	2,75±0,37
Моноцити, Г/л	0,24±0,02	0,28±0,03
Лімфоцити, %	73,50±1,04*	69,88±0,79*
Лімфоцити, Г/л	6,90±0,40	7,49±0,39

Примітка: *достовірність різниці між показниками $p<0,05$.

різниця в середніх показниках. Кореляційний зв'язок між відповідними показниками є недостовірний. Існує вірогідний ($p<0,05$) кореляційний зв'язок між моноцитами і лімфоцитами в контрольній групі.

Підвищення кількості еозинофільних гранулоцитів може бути свідченням активації знешкодження токсичних речовин шляхом поглинання дрібних частинок, які

обволікають їх своєю стінкою, втягуючи їх у себе (мікрофаги).

У показниках крові в контрольних та сенсibilізованих тварин спостерігали достовірну різницю ($p<0,001$) між індексами співвідношення ІСНЕ, ІСЛЕ, ІСНМ, ІСНЛ та ІСМЛ. Між ІСМЕ такої вірогідної достовірності не виявлено (табл. 2).

Таблиця 2. Показники лейкоцитарних індексів мурчаків

Назва показників	Значення показників, $M\pm m$	
	Контрольні тварини	Сенсibilізовані тварини
ІСНЛ	0,30±0,02	0,34±0,01
ІСНМ	9,16±0,91	10,48±2,05
ІСНЕ	14,54±2,51*	8,10±1,10*
ІСМЕ	1,66±0,32	0,92±0,13
ІСЛМ	30,69±2,40	30,81±6,12
ІСЛЕ	48,36±7,94*	23,73±2,88*

Примітка: *достовірність різниці між показниками $p<0,001$.

З наведених в даних видно, що ІСЛМ та ІСНМ достовірно не змінилося в обох групах. ІСНЕ достовірно змінився за рахунок зменшення нейтрофілів та збільшення кількості еозинофілів в дослідній групі порівняно з контрольною.

Вірогідна різниця ($p<0,001$) в показниках ІСНЛ вказує на клітинний баланс показників неспецифічного та специфічного захисту. Достовірно збільшений ІСЛЕ вказує про порушену рівновагу клітин, що приймають участь в реакціях гіперчутливості сповіль-

неного та негайного типів.

Згідно даних таблиці 3, у сенсibilізованих тварин відмічено достовірно вірогідне підвищення $СД_8$ у порівнянні з тваринами контрольної групи у відсотках та в абсолютних величинах, що свідчить про порушення механізмів імунорегуляції. Вірогідно підвищений ІРІ сенсibilізованих тварин та достовірно вірогідне підвищення $СД_3$, НК-клітин та фагоцитарної активності. Усі ці порушення можуть свідчити про токсичний вплив нітросоліну на клітинну ланку імунітету.

Таблиця 3. Вплив нітроксоліну на стан клітинної ланки імунітету сенсibilізованих тварин

Назва показників	Значення показників, М±m	
	Контрольні тварини	Сенсibilізовані тварини
T-лімфоцити (CD ₃), %	48,88±1,57*	53,38±1,54*
T-лімфоцити (CD ₃), Г/л	3,38±0,24	3,99±0,25
T-хелпери (CD ₄), %	31,25±1,14	30,88±1,86
T-хелпери (CD ₄), Г/л	2,15±0,14	2,28±0,10
T-цитотоксичні (CD ₈), %	17,63±0,70*	22,50±1,44*
T-цитотоксичні (CD ₈), Г/л	1,23±0,10*	1,75±0,14*
NK-клітин (CD ₁₆), %	15,75±0,77	17,63±0,66
NK-клітин (CD ₁₆), Г/л	1,00±0,20	1,32±0,097
B-лімфоцити (CD ₂₂), %	19,75±1,48	20,13±1,34
B-лімфоцити (CD ₂₂), Г/л	1,39±0,15	1,51±0,13
Імунорегуляторний індекс (ІРІ)	1,78±0,08*	1,43±0,15*
Фагоцитарна активність, %	14,00±0,46	14,85±0,40
Фагоцитарний індекс	3,57±0,76	4,24±0,41

Примітка: достовірність між показниками $p < 0,05$.

При дослідженні функціонального стану В-системи імунітету за рівнем сироваткових імуноглобулінів IgA, IgM, IgG та ЦІК (табл. 4) відмічено вірогідне ($p < 0,05$) підвищення ЦІК у сенсibilізованих мурчаків

по відношенню до тварин контрольної групи. Показники імуноглобулінів (IgA, IgM, IgG) у сенсibilізованих тварин суттєво не відрізнялися від показників у контролі.

Таблиця 4. Вплив нітроксоліну на гуморальну ланку адаптивної імунної відповіді

Назва показників	Значення показників, М±m	
	Контрольні тварини	Сенсibilізовані тварини
Циркулюючі імунні комплекси (ЦІК), ум.од.	25,13±3,71*	47,75±5,73*
Імуноглобулін А (IgA), г/л	1,82±0,21	1,93±0,18
Імуноглобулін М (IgM), г/л	0,22±0,03	0,30±0,04
Імуноглобулін G (IgG), г/л	2,15±0,28	2,48±0,30

Примітка: *достовірність між показниками $p < 0,05$.

Підвищений рівень ЦІК вказує на стимуляцію імунної відповіді на надходження антигенів, які запускають ланцюги патологічних змін, що призводять до аутоімунних захворювань.

Висновки. Нітроксолін впливає на імунну систему і викликає алергенну перебудову організму.

При внутрішньошкірній сенсibilізації мурчаків спостерігали достовірні зміни у показниках периферичної крові: збільшення відсоткового вмісту і абсолютної кількості еозинофілів та відсоткового вмісту лімфоцитів.

Не змінює рівень нейтрофілів у сироватці крові. Збільшує ІСЛЕ, який вказує на порушену рівновагу

клітин, що приймають участь в реакціях гіперчутливості сповільненого та негайного типів.

Нітроксолін діє на клітинну ланку імунітету: підвищує CD₈ у порівнянні з тваринами контрольної групи у відсотках та в абсолютних величинах; підвищує ІРІ сенсibilізованих тварин; CD₃, NK-клітин та фагоцитарну активність.

Порушує гуморальну відповідь адаптивного імунітету. Підвищує рівень ЦІК у сироватці крові, що сприяє виникненню аутоімунних захворювань. Рівень імуноглобулінів IgA, IgM, IgG у сенсibilізованих тварин суттєво не відрізнявся від тварин контрольної групи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пухлик Б.М. Лекарственная аллергия и побочные эффекты лекарственных средств в аллергологии. – Львів: Медицина світу, 2008. – 108 с.
2. Победенная Г.П. Лекарственная аллергия: проблемы и пути решения/ Г.П. Победенная // Здоров'я України. – №1(17). – 2012. – С. 60 - 63.
3. Stella A. Cochrane, Josie H.E. Arts. Thresholds in chemical respiratory sensitization. / Stella A. Cochrane, Josie H.E. Arts. [et al.] // Toxicology. – 2015. – V.333 – P. 179-94.
4. Дослідження імуноотоксичної дії потенційно небезпечних хімічних речовин при їх гігієнічній регламентації: МР 8.1.4.104-2003 [Затв. МОЗ України 25.07.2003]. К., 2003. – 30 с.
5. Постановка исследования по гигиеническому нормированию промышленных аллергенов в воздухе рабочей зоны: методические указания № 2121-80 от 23.01.1980 г.-Рига, 1980.
6. Посібник з лабораторної імунології / Л.Є. Лаповець, Б.Д. Луцик, Г.Б. Лебедь, В.М. Акімова – Львів, 2008. – С. 26 - 33.
7. Лабораторные методы исследования в клинике. Справочник / В.В. Меньшиков, Л.Н. Делекторская, Р.П. Золотницкая и др. - М.: Медицина, 1987. - С. 106 - 126.
8. Порушення імунного статусу організму людини за дії хімічних чинників та методи їх визначення: метод. Рекомендації / укл.: І.М. Трахтенберг, Н.М. Дмитруха, О.С. Моложава та ін.-Київ, 2007. – 48 с.
9. Логинский В.Е. Количественное определение циркулирующих иммунных комплексов у гематологических и онкологических больных / В.Е. Логинский, Т.Г. Фецич, Л.С. Захарчук // Лабораторное дело – 1983. - №6 - С. 16 - 18.
10. Гемодитограма (Клінічний аналіз крові): МР ЛНМУ ім. Данила Галицького. Видання 2. – Львів – 2003. – 40 с.

REFERENCES

1. Pukhlyk B.M. Lekarstvennaya allerhyya y pobochnye efekty lekarstvennykh sredstv v allerholohyy. – L'viv: Medytsyna svitu, 2008. – 108 s.
2. Pobedennaya H.P. Lekarstvennaya allerhyya: problemy i puty reshenyya/ H.P. Pobedennaya // Zdorov'ya Ukrainy. – #1(17). – 2012. – S. 60 - 63.
3. Stella A. Cochrane, Josie H.E. Arts. Thresholds in chemical respiratory sensitization. / Stella A. Cochrane, Josie H.E. Arts. [et al.] // Toxicology. – 2015. – V.333 – P. 179 - 94.
4. Doslidzhennya imunotoksychnoyi diyi potentsiyno nebezpechnykh khimichnykh rechovyh pry yikh hiihyenichniy rehlamentatsiyi: MR 8.1.4.104-2003 [Zatv. MOZ Ukrainy 25.07.2003]. K., 2003. – 30 s.
5. Postanovka yssledovannya po hyhyenyeshkomu normyrovanyu promyshlennykh allerhenov v vozdukhe rabochey zony: metodycheskye ukazannya # 2121-80 ot 23.01.1980 h.-Ryha, 1980.
6. Posibnyk z laboratornoyi imunolohiyi / L.Ye. Lapovets', B.D. Lutsyk, H.B. Lebed', V.M. Akimova – L'viv, 2008. – S. 26 - 33.
7. Laboratornye metody yssledovannya v klynyke. Spravochnyk / V.V. Men'shykov, L.N. Delektorskaya, R.P. Zolotnytskaya y dr. - M.: Medytsyna, 1987. - S. 106 - 126.
8. Porushennya immunooho statusu orhanizmu lyudyny za diyi khimichnykh chynnykiv ta metody yikh vyznachennya: metod. Rekomendatsiyi / ukl.: I.M. Trakhtenberh, N.M. Dmytrukha, O.S. Molozhava ta in.-Kyiv, 2007. – 48 s.
9. Lohynskyy V.E. Kolychestvennoe opredelenye tsyrkulyruyushchykh ymmunnykh kompleksov u hematolohycheskykh y onkolohycheskykh bol'nykh / V.E. Lohynskyy, T.H. Fetsych, L.S. Zakharchuk // Laboratornoe delo – 1983. - #6 - S. 16 - 18.
10. Hemotsytograma (Klinichnyy analiz krovi): MR LNMU imeni Danyla Halyts'koho. 2 vydannya. – L'viv – 2003. – 40 s.

Immunotoxic impact assessment Nitroxoline in the experiment on laboratory animals

Iaskiv G.

Abstract. The influence Nitroxoline on the immune system murchakiv. Studied non-specific resistance of the organism by the formula of blood, the phagocytic index. Cellular immunity was assessed on the content of T-lymphocytes and their subpopulations. Humoral immunity - containing immunoglobulin IgA, IgM, IgG and CIC. Nitroxoline affects the immune system and cause allergenic restructuring of the body. Increases the number of eosinophils, lymphocytes, activates neutrophil phagocytic activity. Effects on cellular immunity, increases SD8; IRI; SD3, NK-cells. Violates humoral response adaptive immunity, increases the level of CIC in blood, what contributes to autoimmune diseases.

Keywords: Nitroxoline, immunotoxic effect, cellular and humoral immunity.

Оценка иммунотоксического влияния нитроксолину в условиях эксперимента на лабораторных животных

А. И. Яскив

Аннотация. Проведено исследование влияния нитроксолину на иммунную систему морских свинок. Изучали неспецифическую резистентность организма по формуле крови, фагоцитарному показателю. Клеточный иммунитет оценивали по содержанию Т-лимфоцитов, их субпопуляций. Гуморальный иммунитет - содержанием иммуноглобулинов IgA, IgM, IgG и ЦИКов. Нитроксолин влияет на иммунную систему и вызывает аллергенную перестройку организма. Повышает количество эозинофилов, лимфоцитов, активирует фагоцитарную активность нейтрофилов. Действует на клеточное звено иммунитета: повышает СД₈; ИРИ; СД₃, НК-клетки. Нарушает гуморальный ответ адаптивного иммунитета, повышает уровень ЦИК в крови, способствует возникновению аутоиммунных заболеваний.

Ключевые слова: нитроксолин, иммунотоксическое влияние, клеточный и гуморальный иммунитет.

Peculiarities of cerebellar cortex ultrastructure under the influence of opioid in experiment

L. R. Mateshuk-Vatseba, A. M. Bekesevych

Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

Paper received 09.05.2016; Accepted for publication 25.05.2016.

Abstract. The first signs of impairment of the structure of the rat's cerebellar cortex have been noted already after 2 weeks of the experimental effect of nalbuphine which is manifested by the change of the form of cerebellum cells, by clarified cytoplasm, formation of vacuoles as well as by the development of microangiopathies. Destructive changes in cerebellar cortex cells and in parts of hemomicrocirculatory bloodstream increase in the course of 6 weeks of the experiment, which leads to disorganization of the structure of cerebellar cortex.

Keywords: cerebellum, ultrastructure, nalbuphine, experiment, hemomicrocirculatory bloodstream.

Introduction. Pain is defined as an unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage. Chronic pain is pain that persists over a period of time, typically for at least three months [1]. More women than men reported chronic pain [2]. Overall, 31% of men and 37% of women reported this. The prevalence of chronic pain increased with age, from 14% of men and 18% of women aged 16-34 to 53% of men and 59% of women aged 75 and over [3]. There are four major classes of medications used in the treatment of chronic pain: non-opioids (Aspirin, and acetaminophen), opioids, also called narcotics (examples of opioids include but are not limited to morphine, codeine, hydrocodone, oxycodone, and Nalbuphine.), adjuvant analgesics, etc [4, 5]. The pressing problem today in modern medicine is the growing tolerance to the narcotic analgesics that induces patients take them in ever greater doses and such property of opioid drugs as causing euphoria in case of their systematic injection [6]. This sooner or later leads to the formation of psychic and then physical dependence, that is, drug addiction [7]. The final stage of any drug addiction is degradation of personality, dramatic trophic and functional changes in the entire organism, especially in central nervous system [8]. The mechanism of the analgesic effect of narcotic analgesics is explained by the fact, that they suppress the processes of interneuronic transmission of the pain impulses in the central part of the afferent paths, slow down conduction of the pain impulses in the reticular formation of the brain, thalamus and therefrom to the cerebral cortex. In most cases analgesic action of the opioids can be explained by the binding and activation of μ - or κ -opioid receptors [9, 10]. Narcotic analgesics alter the psychic appreciation of painful sensation, eliminating the fear of such sensation by way of disruption of the subjective-emotional perception [11]. A great number of problems pertaining to the structural changes in tissues in case of the use of narcotic drugs remain unresolved. The data presented in professional literature on these problems are contradicting and require further studies. As the function of each organ is based on its adequate structure and its impairment under the effect of pathogenic factors is the foundation for the development of a pathologic process that determines its character and peculiarities of clinical manifestations, there is undoubtedly the need for the study of morphological peculiarities of the organ.

Aim. The objective of our work was to determine ultrastructural peculiarities of the cerebellar cortex and its hemo-

microcirculatory bloodstream components in the dynamics of 6-week long injection of nalbuphine in the experiment.

Materials and methods. The study was carried out on 24 mature white male rats aged 3.0-3.5 months and body weight 160-180 g. Nalbuphine (Rusan Pharma Ltd, India) was injected intramuscularly daily to the experimental animals of the first group (5 rats) during 2 weeks (1st week - 8 mg/kg, 2nd week - 15 mg/kg), of the second group (5 rats) during 4 weeks (1st week - 8 mg/kg, 2nd week - 15 mg/kg, 3rd week - 20 mg/kg, 4th week - 25 mg/kg, of the third group (5 rats) during 6 weeks (1st week - 8 mg/kg, 2nd week - 15 mg/kg, 3rd week - 20 mg/kg, 4th week - 25 mg/kg, 5th week - 30 mg/kg, 6th week - 35 mg/kg. 9 white rats to which saline solution was injected served as the control group. All animals were kept in the vivarium of Danylo Halytsky National Medical University of Lviv, and the experiments were conducted in compliance with the provisions of the European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes (Strasbourg, 1986), European Council Directive 86/609/EEC (1986), the Law of Ukraine #3447-IV "On protection of animals from cruel treatment", general ethical principles of experiments on animals approved by the first National Congress of Ukraine on Bioethics (2001) [12]. Sampling of the material was made after 2, 4, 6 weeks of the experiment. The animals were withdrawn from the experiment by the use of thiopental sodium at the rate of 25 mg/kg of body weight. The research materials were presented by ultramicroscopic sections of the cerebellar cortex. Ultrastructural study of the rat's cerebellum was conducted with the aid of electron microscope UEMB-100K (Ukraine) at acceleration speed 75 kV and magnification on the microscope screen $\times 4000$, $\times 8000$. Ultrathin sections were prepared with the aid of ultramicrotome UMTP-3M with the help of glass knives produced on CCH-1 device.

Results. Changes in the cerebellar cortex after two weeks of nalbuphine injection. Morphological indications of pathological changes appear in the bodies of the neurons of all layers of cerebellar cortex after 2 weeks of injection of nalbuphine. Nuclei of most of the cells have a rounded form, contain no nucleoli. Occasionally occur the cells with the altered form of the nucleus containing both, condensed and non-condensed chromatin (Fig. 1a). A greater part of heterochromatin is concentrated near the internal surface of the nucleus membrane. Nucleolemma of these nuclei forms

invaginations. Their neuroplasm contains an insignificant quantity of organelles. Mitochondrions are not numerous,

they have a clarified matrix and partially with degraded cristae (Fig. 1b).

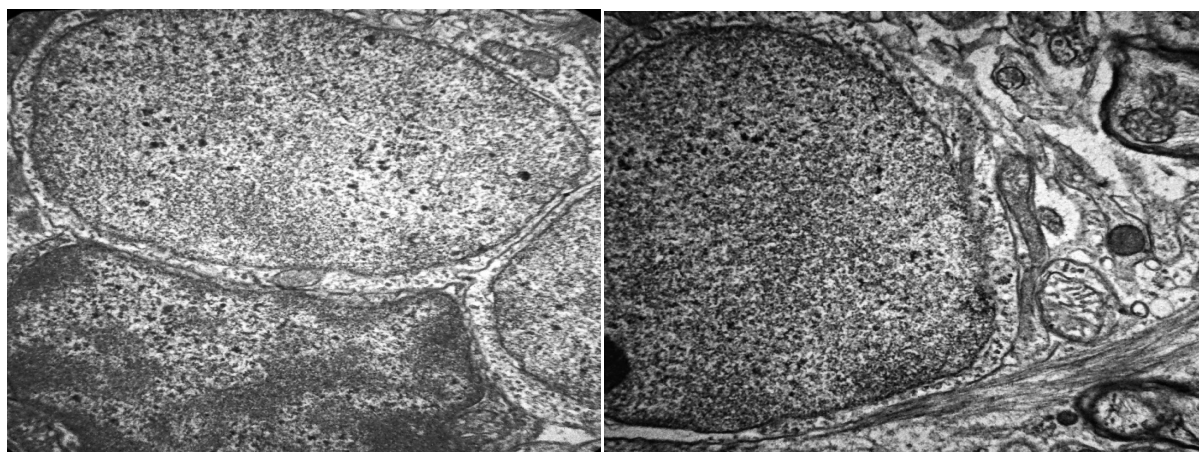


Fig. 1. Altered form of the nucleus (a), clarified matrix and partially degraded cristae of mitochondrions (b) of the white rat's cerebellar cortex after 2 weeks of injection of nalbuphine. Electron microphotograph. Magnification: a – $\times 4000$, b – $\times 8000$.

The first signs of angiopathy, perivascular edema (Fig. 2a) appear at this stage of the experiment in parts of hemomicrocirculatory bloodstream. Lumens of capillaries

become constricted acquiring an irregular slit-like form (Fig. 2b).

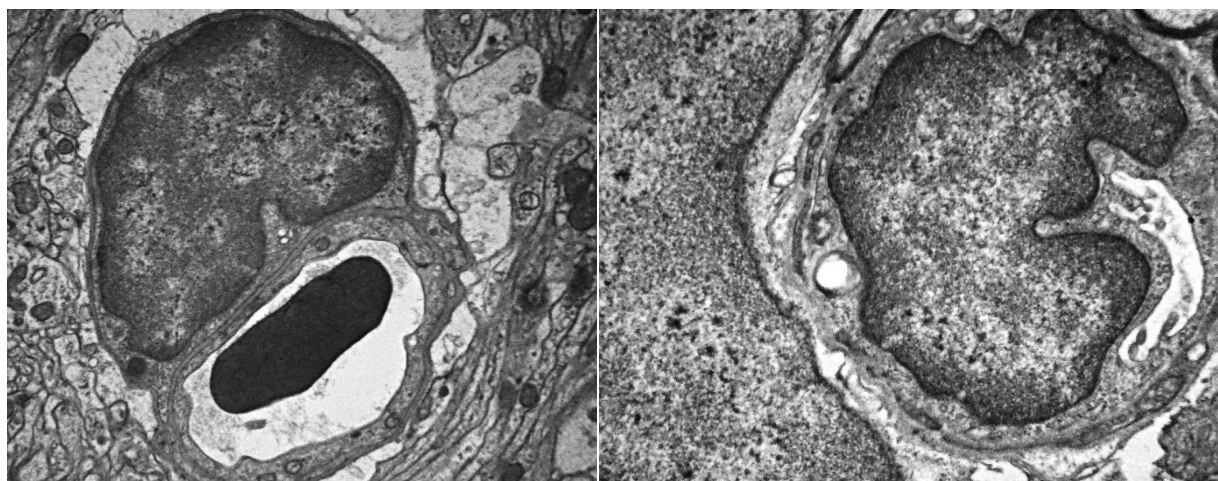


Fig. 2. Perivascular edema (a), slit-like form of lumen of the capillary (b) of the white rat's cerebellar cortex after 2 weeks of injection of nalbuphine. Electron microphotograph. Magnification: $\times 4000$.

Excessively elongated electron-dense nuclei of endotheliocytes protrude into the vessels' lumen. Nucleolemma forms numerous protrusions and deep invaginations. Akaryotic regions of endotheliocytes are thinned. Occasional protrusions of plasmolemma are found in the vessels' lumen. A great number of destructively altered mitochondrions are present in the cytoplasm perinuclear region. Mitochondrions' cristae are shortened, often ruined. Lumens of the white rat's cerebellar cortex arterioles at this stage of the experiment are somewhat constricted. Basal membrane is thickened, its contours lose their sharpness. Thickening of the elastic membrane is also observed.

Changes in the cerebellar cortex after four weeks of nalbuphine injection. Distinct changes in the ultrastructural organization of endotheliocytes in hematoencephalic barrier capillaries are observed after 4 weeks of injection of nalbuphine: ruined (Fig. 3a), local

clarification and compaction of endothelial cells' matrix, condensation of chromatin take place, mitochondrions' cristae are ruined, basal membrane is fluffy and thickened, the phenomena of the vessels' walls swelling increase (Fig. 3b).

Nuclei of the cerebellar cortex neurons at this stage of the experiment acquire their polygonal form (Fig. 4a). Heterochromatin is present in the periphery of the nucleus, in the center – the zone of low electron density filled with occasional granules of non-condensed chromatin. Nucleolemma is thickened, fluffy. Perinuclear space is expanded. Cytoplasm contains no organelles in some areas. A great number of swollen mitochondrions whose size varies considerably (Fig. 4b).

Changes in the cerebellar cortex after six weeks of nalbuphine injection. After 6 weeks of experiment, electron microphotographs of ultrathin sections of the white rats' cerebellar cortex show morphological signs of

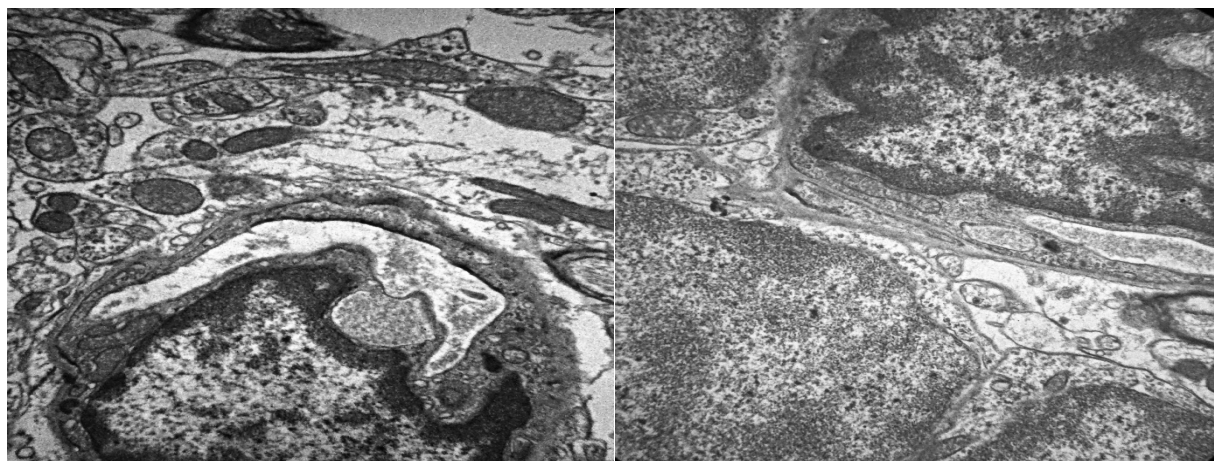


Fig. 3. Deformed nuclei of endotheliocytes protrude into the capillaries' lumen (a), destructurized hematoencephalic barrier (b) of the white rat's cerebellar cortex after 4 weeks of nalbuphine injection. Electron microphotograph. Magnification: $\times 4000$.

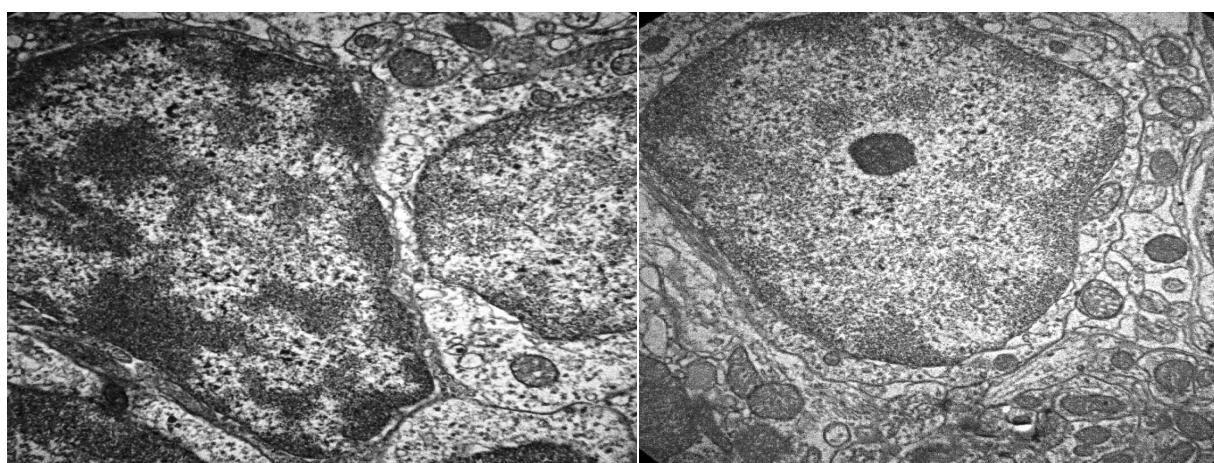


Fig. 4. Nucleus of polygonal form (a), edema of the mitochondrions (b) of the rat's cerebellar cortex neurons after 4 weeks of nalbuphine injection. Electron microphotograph. Magnification: $\times 8000$.

degenerative changes, in particular, the nerve cells are disorganized, their form is altered, the boundaries between them are blurred (Fig. 5a). Occasional neurocytes occur with an increased electron density of nucleolus and neuropil. The nuclei are of irregular form, occupy the entire cell. Nucleolemma forms protuberances that have a prepyknotic appearance. Nucleoli are often missing. Few round-shaped mitochondria with a lucid matrix can be seen against the background of neuron cytoplasm compaction and vacuolization. The contours of internal mitochondrial membrane are blurred, cristae disrupted, spaces between them dilated. Canalliculi of granular endoplasmic reticulum are dilated unevenly, fragmented. Lumens of the cerebellar cortex arterioles are dilated, nuclei of endothelial cells have large sizes relative to cytoplasm, their nucleolemma forms finger- and cupola-shaped protrusions. The wall of the arterioles and precapillary arterioles is thickened, sclerotized. Intracellular membrane structures, particularly, mitochondria and the endoplasmic reticulum have no distinct contours. Luminal surface of endotheliocytes forms a considerable number of minute microvilli, and cytoplasm contains vacuolized mitochondria, it contains few ribosomes and polysomes, pinocytotic vesicles. Mural thrombi have been found in the arterioles' lumens.

Lumens of the cerebellar cortex capillaries are constricted because of swelling of the cytoplasm of endotheliocytes and protrusions of cytoplasm into the lumen. Lumens of hemocapillaries are filled with the accumulations of erythrocytes, their adhesion was noted in places of erythrocyte plasmolemmas fluffing on the luminal surface of endothelial cells (Fig. 5b). Cytoplasm of endotheliocytes is filled with precipitates and coagulates. Basal membrane of hemocapillaries is thickened, laminated, contains electron-dense deposits. Venules are hyperemic. Acidophilic leukocytes, thrombocytes, erythrocytes are in the venules' lumens. Interendothelial contacts are expanded, which indicates diapedesis of leukocytes through the venules' walls. Basal membrane the venules is fluffy.

Discussion. The results of the present work are a fragment of the project scientific research «The structure of organs and their bloodstream in ontogenesis under the effect of laser irradiation and pharmaceutical agents in cases of blood supply disorders, reconstructive surgeries and diabetes mellitus" (state registration number 0110U001854), being conducted at the Department of General Anatomy of Danylo Halatsky National Medical University of Lviv in accordance with the state plan and program.

Drug addiction has become a serious problem not only

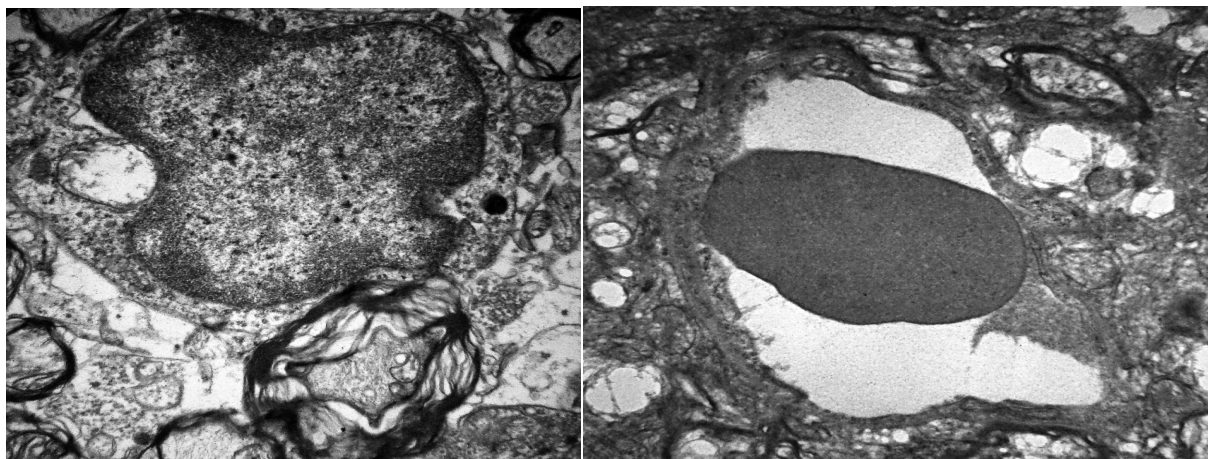


Fig. 5. Degenerative changes in the neuron (a) and in the hemocapillary wall (b) of the white rats' cerebellar cortex after 6 weeks of nalbuphine injection. Electron microphotograph. Magnification: a – $\times 8000$, b – $\times 4000$

because of the progressing pathopsychological changes in drug using patients, but also because of the development of multiple polyorgan comorbid pathology, that together with the great economic and moral losses place the problem of drug addiction in the range of the most important problems in many countries of the world.

Despite the wide range of modern methods of research on the morphological level in the mechanisms of lesions of various organs and system that appear under the effect of opioids, the results of ultramicroscopic investigations that could fully explain this problem practically have not yet been described. Data on the development of pathological changes of the cerebellum under the influence of drugs are insufficient and need to be studied further on. That is why the study of the ultrastructure of the cerebellar cortex in dynamics of a long lasting effect of the opioid is undoubtedly of an essential practical importance both, in medical and in social aspects. The studies that we have carried out have shown, that already after 2 weeks of nalbuphine injections to the white rats there appear the first signs of impairment of the ultrastructural organization of the cerebellar cortex and its angioarchitecture. First of all there have been detected intra- and extravascular changes in the elements of cerebellar cortex hemomicrocirculatory bloodstream. Similar changes in the ultrastructural organization of the rat's optic nerve microvessels have been observed in the case of a short-lasting duration of streptozotocin-induced diabetes mellitus that kept on increasing in subsequent stages of the experiment [13]. Angiopathy, in the author's opinion, became the triggering mechanism for the development of the optic nerve neuropathy which confirms the opinion that hemomicrocirculatory bloodstream vessels are among the first to react to the pathogenic factors by structural changes that appear to be the soil for the development of a pathological process and determine its character and the peculiarities of its clinical manifestations [14]. This is why the study of the structure of vessels, ultrastructure of their walls under normal conditions and under the effect of various factors allows to examine importance of the vascular factor in morphofunctional insufficiency of internal organs.

A long-term injection of nalbuphine causes appearance of morphological signs of pathologic changes in the

perikaryons of neurons of all cerebellar cortex layers. The same situation was after the long-term effect of morphine sulphate treatment [15]. The light microscopy revealed that the molecular layer of cerebellum showed vacuolation. The Purkinje cells lost their specific shaped appearance, decreased in size and numbers. The granular cells highly degenerated. Electron microscopy revealed fragmentation of the cisterns of the both types of endoplasmic reticulum, resulted in a progressive depletion of total protein contents as well as general carbohydrates in all treated groups as supported by histochemical observation. Obvious destruction of mitochondrial inner membrane and cristae mediate cell death. Also, abnormal nucleus with deformed perforated nuclear membrane and deformation of the plasma membrane with degeneration of the synapses could interpreted as a sign of necrosis.

Changes in the cerebellar cortex cells were studied also under the effect of ethanol [16]. The ultrastructural examination of the cerebellar cortex of ten-day-old rat pups of ethanol-treated dams during pregnancy (1 group), pregnancy and lactation (2 group), and lactation (3 group) revealed that alcohol administration leads to a delayed maturation of Purkinje cells. It was most strongly manifested in the pups of dams treated with ethanol during pregnancy and lactation. Moreover, this study showed degenerative changes in Purkinje cells as well as in granular layer cells in all experimental groups. There was a difference in the ultrastructural picture of both types of dying cells, which might result from different time frame of their sensitivity to ethanol administration. The quantitative analysis showed the most pronounced decrease in the density of Purkinje cells in the posterior superior fissure of cerebellar cortex in the pups of dams treated with ethanol during pregnancy.

The changes we have discovered in the cerebellar cortex structure after 4 and 6 weeks of injection of nalbuphine in the experiment, in our opinion, can be explained by the data of professional literature that antibodies to the opioids have specific sites of binding in certain structures of the brain, particularly, in the cerebellar cortex granular layer [17]. Reports in the professional literature show, that signs of edema and swelling of its tissues and arachnoid membrane have been found in the brain under the effect of narcotic

substances [18]. This is explained by the combination of impairment of microcirculation, which is characteristic of the acute intoxication by drugs. Histologically, aside from the edema of drainage glia that is manifested microscopically by perivascular and pericellular edema, there have been found various impairments of microcirculation in the form of erythrocyte aggregations stasis in the capillaries, general venous hyperemia, paresis of microcirculation resistant link, sludge of erythrocytes, sometimes formation of fibrin-erythrocytic thrombi and multiple small diapedetic hemorrhages in the subcortical regions and the brainstem. Sometimes hemorrhages encroach pia matter of the brain. Hemorrhages in the brainstem are linked to the acute venous hyperemia of hypoxic genesis and impairment of rheological properties of blood.

This project research work differs from other already known works of this kind by the fact that new data on the effect of opioid on the peculiarities of ultrastructure of the cerebellar cortex of the white rat have been obtained on the basis of a complex of micro-, macro- and electron microscopic studies. For the first time we have inves-

tigated dynamics of ultrastructural changes of the cortex of the rat's cerebellum under the effect of injection of opioid. The data obtained enable us to extend our notions and resolve the disputable problems of the effect of opioid on the cerebellar cortex ultrastructure, which will create the morphological basis for understanding pathogenesis of nervous system diseases of drug users and patients who have to take opioids for an extended period of time, and for finding optimal methods of treatment. The obtained data are important for both, morphologists and clinicians.

Conclusions. Phenomena of angiopathy have been observed already after 2 weeks of nalbuphine injections which testifies to the reaction of hemomicrocirculatory bloodstream elements to the injection of opioid as primary that serves as soil for the development of system structural changes. Destructive changes in the cells of all cerebellar cortex layers in the dynamics of the long-term opioid injection increase, which is manifested by the alteration of the form and size of the nucleus, by vacuolization of cytoplasm, destructive changes in the organelles.

REFERENCES

1. Classification of chronic pain. Descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. Prepared by the International Association for the Study of Pain, Subcommittee on Taxonomy. Pain Suppl. 1986; 3:S1-226.
2. Smith BH, Elliott AM, Chambers WA, Smith WC, Hannaford PC, Penny K. The impact of chronic pain in the community. Fam Pract. 2001 Jun;18(3):292-9.
3. Sally Bridges HSE 2011: VOL1. Chapter 9: Chronic pain
4. Turk DC, Wilson HD, Cahana A. Treatment of chronic non-cancer pain. Lancet 2011; 377:2226
5. Von Korff M, Kolodny A, Deyo RA, Chou R. Long-term opioid therapy reconsidered. Ann Intern Med 2011; 155:325.
6. Martini L, Whistler JL. The role of mu opioid receptor desensitization and endocytosis in morphine tolerance and dependence. Curr Opin Neurobiol. 2007; 17(5):556-564. doi: 10.1016/j.conb.2007.10.004.
7. Dunn KM, Saunders KW, Rutter CM, Banta-Green CJ, Merrill JO, Sullivan MD, et al. Opioid prescriptions for chronic pain and overdose: a cohort study. Ann Intern Med. 2010; 152:85-92.
8. Ducoffe AR, Baehr A, Peña JC, Rider BB, Yang S, Hu DJ., Adverse Drug Event Prevention: 2014 Action Plan Conference, Am J Med Qual., 2015. pii: 1062860615588105. [Epub ahead of print] . PMID:26024666
9. Chou R, Turner JA, Devine EB, et al. The effectiveness and risks of long-term opioid therapy for chronic pain: a systematic review for a National Institutes of Health Pathways to Prevention Workshop. Ann Intern Med 2015; 162:276.
10. Karim Nagi and Graciela Piñeyro. Regulation of opioid receptor signalling: Implications for the development of analgesic tolerance. Mol Brain. 2011 Jun 13;4:25. doi: 10.1186/1756-6606-4-25.
11. O'Connor G, McMahon G, Complications of heroin abuse, Eur J Emerg Med, 2008, 15 (2):104-6
12. Guide for the care and use of laboratory animals, 8th edition, Institute for Laboratory Animal Research (ILAR), National Research Council (NRC), The National Academies Press, Washington, D.C., 2011.
13. Dats R.I. The ultrastructure hemomicrocirculatory channel of the optic nerve in experimental diabetes mellitus /R.I. Dats// Clinical Anatomy and Operative Surgery. – 2011. – V.10 (3). – P. 30-33.
14. Mateshuk-Vatseba L, Pidvalna U, Kost A. Peculiarities of vascular tunic microstructure of the white rat eyeball under the effect of opioid. Rom J Morphol Embryol. 2015;56(3):1057-62.
15. Bekheet SH, Saker SA, Abdel-Kader AM, Younis AE. Histopathological and biochemical changes of morphine sulphate administration on the cerebellum of albino rats. Tissue Cell. 2010 Jun;42(3):165-75. doi: 10.1016/j.tice.2010.03.005.
16. Lewandowska E1, Stępień T, Wierzbą-Bobrowicz T, Felczak P, Szpak GM, Pasennik E. Alcohol-induced changes in the developing cerebellum. Ultrastructural and quantitative analysis of neurons in the cerebellar cortex. Folia Neuropathol. 2012;50(4):397-406.
17. Murányi M, Cinar R, Kékesi O, Birkás E, Fábrián G, Bozó B, Zentai A, Tóth G, Kicsi EG, Mácsai M, Dochnal R, Szabó G, Szücs M. Ligand-specific regulation of the endogenous mu-opioid receptor by chronic treatment with mu-opioid peptide agonists. Biomed Res Int. 2013;2013:501086. doi: 10.1155/2013/501086. Epub 2013 Nov 24.
18. Bailey CP, Connor M, Opioids: cellular mechanisms of tolerance and physical dependence, Curr. Opin. Pharmacol., 2005, 5 (1):60-68.

Особенности ультраструктуры коры мозжечка под влиянием опиоида в эксперименте

Л. Р. Матешук-Вацеба, А. М. Бекесевич

Аннотация. Первые признаки нарушения структуры коры мозжечка крысы обнаружено уже через 2 недели течения экспериментального воздействия налбуфина, что проявляется изменением формы клеток коры мозжечка, просветлением их цитоплазмы, формированием вакуолей, а также развитием микроангиопатий. В процессе эксперимента в течение 6 недель нарастают деструктивные изменения клеток коры мозжечка, и звеньев гемомикроциркуляторного русла, что приводит к дезорганизации структуры мозжечка.

Ключевые слова: мозжечок, ультраструктура, налбуфин, эксперимент, гемомикроциркуляторное русло.

KARTOGRAPHY

Трансформування картографічних проєкцій за методом Кригінга

В. Мельник, В. Расюн*, Н. Муляр

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

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

Paper received 22.06.2016; Accepted for publication 01.07.2016.

Анотація. В статті проаналізовано два методи трансформації картографічних проєкцій в ГІС. Розглянуті алгебраїчний і метод Кригінга. Перший метод простий у виконанні, проте вимагає ітераційного підходу, що призводить до втрати точності. Водночас метод Кригінга, який є порівняно новим – більш надійний і коректний. Експериментальні дослідження підтверджують його достатньо високу точність.

Ключові слова: картографічна проєкція, алгебраїчний поліном, згладжування, трансформування, Кригінг.

Вступ. Геометрична трансформація даних, отриманих із картографічних джерел є найважливішим етапом під час створення ГІС. Оскільки базові проєкції, в яких відображаються шари ГІС, обирає користувач, і їх параметри відомі, то досить трансформувати прямокутні координати з усіх інших картографічних джерел у геодезичні [1]. При відомій проєкції карт трансформування виконується за оберненими формулами проєкції. В такому випадку, інтерес представляє лише корекція оцифрованих координат, яка виконується з метою зменшення помилок, пов'язаних із спотвореннями, що виникають під час друкування карт та похибками процесу оцифрування. Проте, на практиці параметри проєкції картографічного джерела часто є невідомими, або обернених формул не існує. Прикладом є проєкція, задана за допомогою координат вузлів градусної сітки із певним кроком, отримуваних чисельними методами при розв'язанні так званих обернених задач картографії.

Певні проблеми виникають при перетворенні (трансформуванні) картографічних зображень з однієї проєкції в іншу. Вони ускладнюються тим, що на радянських тематичних картах не прийнято вказувати вхідні дані, які відносяться до їх геодезичних і математичних основ. Разом з тим, для автоматизованої обробки важливо знати для якого еліпсоїда будувалася проєкція, та за якими рівняннями. Ці причини, а також велика потреба у ГІС-продуктах сприяють різкому підвищенню попиту на географічні карти в традиційному електронному варіанті [2]. Тому, отримання достовірних і коректних карт є важливим та актуальним завданням.

Аналіз останніх публікацій. Протягом останніх років спостерігається пошук досліджень, пов'язаних із питаннями математичної картографії. Особливої уваги заслуговують роботи таких авторів, як В. М. Мельник, П. П. Король, Р. І. Соса, В. Д. Барановський та ін. Цікавими і перспективними є методи застосування варіаційних принципів оптимізації картографічних проєкцій для України та її окремих регіонів [3, 5, 11].

Мета. Обґрунтування застосування методу Кригінга для трансформації картографічних проєкцій.

Виклад основного матеріалу.

І. Традиційний метод. Процес трансформування двох картографічних проєкцій можна представити

рівняннями точкової відповідності двох плоских полів:

$$X = F_1(x, y); Y = F_2(x, y), \quad (1)$$

де x, y – координати точок трансформуючого поля; X, Y – координати точок трансформованого поля; F_1, F_2 – деякі однозначні, неперервні разом зі своїми похідними першого і другого порядків функції, що задані в обмеженій області та мають в усіх своїх точках області якобіан перших похідних

$$I = \frac{\partial(X, Y)}{\partial(x, y)} \neq 0. \quad (2)$$

Такий підхід можливий, коли відомі рівняння проєкцій, де аргументами є переважно географічні координати. Враховуючи можливі деформації вихідного картографічного зображення та неточності географічних координат, побудова рівнянь (1) можлива з використанням наближених методів. Для цього часто використовують метод апроксимуючих функцій двох змінних:

$$\left. \begin{aligned} B &= \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t a_{ij} x^i y^j \\ L &= \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t b_{ij} x^i y^j \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Відомо, що збільшення степеня полінома підвищує точність апроксимації. Однак, спрогнозувати необхідний порядок апроксимуючого полінома функції двох змінних (3) для забезпечення потрібної точності досить складно. Тому цей метод має обмежене застосування. Приклад трансформації двох картографічних проєкцій показано на рис. 1, де праворуч – карта Гренландії в стереографічній проєкції, а ліворуч – карта, отримана з попередньої після трансформації [4].

В сучасних умовах достатньо ефективним і універсальним методом трансформації картографічних проєкцій в ГІС є метод Кригінга.

II. Метод згладжування. Для отримання оптимальних параметрів варіограм необхідна попередня фільтрація (згладжування) вихідних даних. Для цього часто використовують метод ковзного середнього [7; 8; 9]. Розглядаючи елемент зображення під маскою (вікно), яка дорівнює зоні впливу, необхідно знайти таку множину вагових коефіцієнтів a_i при

$i = 1, \dots, k, n$, завдяки яким середнє зважене значення буде найкращою оцінкою досліджуваних параметрів:

$$f(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sum_{i=1}^n a_i f(x_i, y_i), \quad (4)$$

де a_i – вагові коефіцієнти; $f(\tilde{x}, \tilde{y})$ – нове,

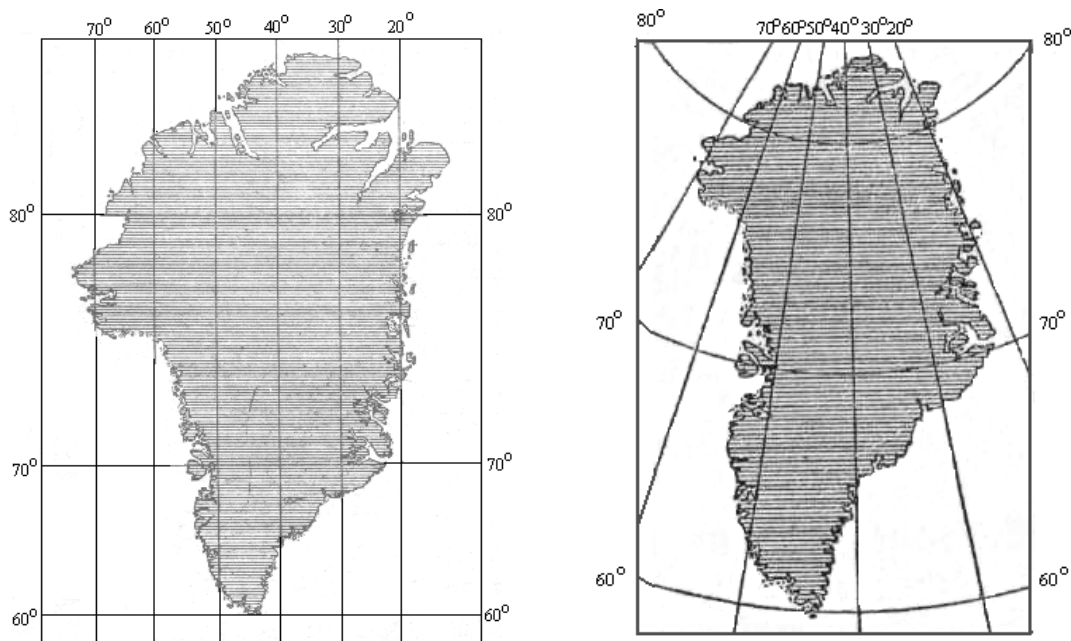


Рис. 1. Приклад трансформації картографічних проєкцій.

фільтроване значення центрального елемента під маскою; $f(x_i, y_i)$ – нефільтроване значення.

Вагові коефіцієнти a_i шукають за методом найменших квадратів. Для знаходження визначають частинні похідні, які прирівнюються до нуля.

Інший варіант визначення якості процедури оцінювання полягає у знаходженні дисперсії помилок

σ_e , які при цьому виникають. В свою чергу дисперсія помилок визначаються через коваріаційні характеристики. Останні знаходять на основі емпіричних варіограм як різницю $C + C_0 - \gamma(h)$, де $C + C_0$ – поріг іваріограми, $\gamma(h)$ – значення варіограми.

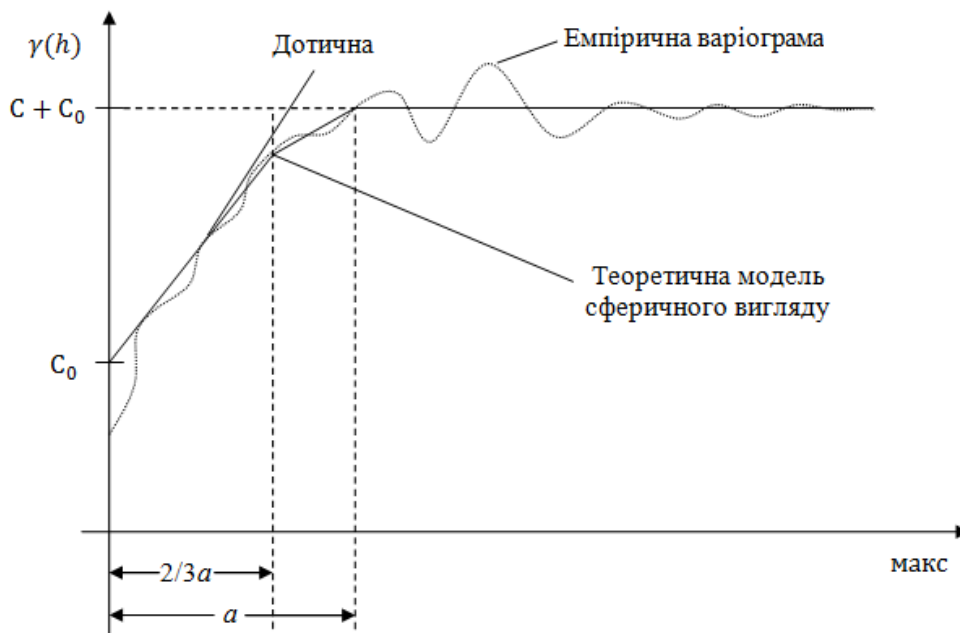


Рис. 2. Параметри сферичної теоретичної варіограми: a – зона впливу, C_0 – дисперсія шумів, $C + C_0$ – поріг варіограми.

Можна підібрати такі коефіцієнти $a_i(a_j)$, які б мінімізували дисперсію, варіюючи значеннями

коефіцієнтів, щоб мати зважене середнє з найменшою дисперсією помилок. Шукана оцінка не повинна мати систематичних помилок, тобто, повинна виконуватися

умова незміщеності $\sum_i a_i = 1$. Отже, з урахуванням додаткових умов необхідно мінімізувати функцію F :

$$F = \sigma_e^2 + 2\mu \left(\sum_i a_i - 1 \right), \quad (5)$$

де μ – множник Лагранжа.

III. Розрахунок варіограм на площині. При двовимірних даних варіограми можна розраховувати принаймні в чотирьох напрямках для перевірки анізотропії. Перший крок є вибір лага (lag) варіограми і його допуск, потім – основних кутів і кутовий допуск [8].

Процедура розрахунку реалізується наступним чином. На першому кроці для кожної точки програма вибирає всі можливі пари з рештою точок і класифікує їх за встановленими класами відстаней і напрямків. Потім для кожної пари обчислюється квадрат різниці

$$(f(x_i, y_i) - f(x_i, y_i + h))^2 \quad (6)$$

і результати додаються до суми відповідного класу. Кількість пар в класі також збільшується на одиницю. Коли всі можливі пари будуть оброблені для точки $f(x_i, y_i)$, програма перейде до наступної точки. В

кінці процесу підсумок діляться на два і на кількість пар, які були вибрані для даного класу.

IV. Метод Кригінга. Як показали дослідження [6;8] у випадку застосування методу Кригінга, для трансформації картографічних проєкцій доцільніше працювати з одновимірним випадком, тобто здійснювати опрацювання в широтному та довготному напрямках. Розглянемо детальніше ці питання.

Перетворення прямокутних координат можна представити у вигляді двох функцій:

$$\begin{aligned} B &= F_b(x, y), \\ L &= F_l(x, y). \end{aligned} \quad (7)$$

За методом Кригінга ці функції можна представити у вигляді зваженої суми значень в опорних точках:

$$\begin{aligned} F_b(x, y) &= \sum_{i=1}^N b_i(x, y) B_i; \\ F_l(x, y) &= \sum_{i=1}^N l_i(x, y) L_i, \end{aligned} \quad (8)$$

де b_i та l_i – вагові коефіцієнти, що вираховуються окремо для кожної точки $\bar{P} = (x_i, y_i)$. У традиційній формі запису система рівнянь може бути записана наступним чином.

Перший випадок – без врахування лінійного тренду.

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_n \\ 1 \\ X_p \\ Y_p \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Тут враховано:

$$\sum b \gamma_{ij} = \sum \gamma_i; \sum b_i = 1; X_p = \sum b \cdot x_i; Y_p = \sum b \cdot y_i. \quad (10)$$

Другий випадок – з урахування лінійного тренду – $\mu + x \cdot a_x + a_y$:

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} & 1 & x_1 & y_1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} & 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} & 1 & x_n & y_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \\ \mu \\ a_x \\ a_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_n \\ 1 \\ X_p \\ Y_p \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Для отримання експериментальної варіограми спочатку задаються деяким кроком усереднення h ,

потім для відстаней $t_k = \frac{h}{2} + kh, \quad k = 0, 1, 2, \dots$ обчислюються значення $\tilde{\gamma}(t_k) = \frac{1}{2n_k} \sum_{i,j} (B_i - B_j)^2$,

де підсумок ведеться при всіх парах точок \bar{P}_i, \bar{P}_j , для яких $kh < |\bar{P}_i - \bar{P}_j| \leq (k+1)h$ – число таких пар.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1,89 & 1,89 & 1,89 & 1,89 & 1 \\ 1,89 & 0 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1,89 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1,89 & 2 & 2 & 0 & 2 & 1 \\ 1,89 & 2 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,88 \\ 1,86 \\ 1,86 \\ 1,86 \\ 1,86 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

З розв'язку (12) отримаємо:

$$a_1 = 0,60; a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = 0,1,$$

тобто

$$\sum_{i=1}^5 a_i = 1.$$

Важливим моментом при застосуванні варіограм є коректний вибір теоретичної варіограми. Відома значна кількість теоретичних варіограмних моделей, поширених на практиці. Обмежимося кількома найбільш широко застосовуваними: сферичній, експоненціальній, гаусівській та логарифмічній. Значні картографічні дослідження, виконані в лабораторії картографії і геоінформатики МДУ ім. М. В. Ломоносова за програмою «Чорне море», показали, що найкращі результати досягаються при використанні логарифмічних теоретичних варіограм. В цьому випадку процедура обчислюваної операції така. Логарифмічна варіограма виглядає наступним чином:

$$\gamma(t) = \begin{cases} 0, & t = 0, \\ c \left(\frac{t}{a} \right)^2 \left[1 - 2 \log \left(\frac{t}{a} \right) \right], & 0 < t \leq a, \\ c & t > a, \end{cases} \quad (13)$$

Проілюструємо зроблені викладки модельним прикладом. За даними роботи [8; 9; 10], метричне рівняння має вигляд:

де варіограмами є радіус впливу (лаг) a і поріг c .

Для перевірки ефективності трансформації картографічних проєкцій за методом Кригінга було виконано наступні дослідження. Була складена комп'ютерна програма «засміченості» через старіння і деформації вихідних зображень. Випадковий шум враховувався шляхом накладання гаусівської кривої нормального розподілу.

Крім цього моделювалися локальні деформації. Опрацьовувалися три рівні зашумленості. Рівень зашумленості оцінювався по відношенню до ідеальної комплексної картографічної сітки. В результаті таких досліджень встановлено, що особливо важливою є попередня фільтрація вихідної картографічної сітки, яка дозволяє підвищити точність в середньому на 45% і дає можливість визначити координати трансформованої картографічної сітки з точністю 0,1мм в масштабі карти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лященко А. А. Методологічні основи та інформаційно-технологічні моделі інфраструктури геопросторових даних міських кадастрових систем: Дис. ... д-ра наук: 05.24.04 / Лященко Анатолій Антонович. – 2004.
2. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование и информатика: недавнее прошлое и настоящее / И. К. Лурье // Сб. Взаимодействие картографии и информатики. – М.: Научный мир, 2000. – С. 73-84.
3. Соса Р. І. Обґрунтування вибору рівнопроміжної кінчної проєкції для середньо- і дрібномасштабного картографування України / Р. І. Соса, П. П. Король, В. У. Волошин // Вісник геодезії і картографії. – 2014. – № 4 (91). – С. 7-13.
4. Мельник В. М. Основи картографії / В. М. Мельник. – Луцьк: СЛУ ім. Лесі Українки, 2012. – 211 с.
5. Барановський В. Д. Варіаційні методи оптимізації картографічних проєкцій для України та її окремих регіонів / В. Д. Барановський // Вісник геодезії та картографії. – 2006. – № 3. – С. 13-18.
6. Світличний О. О. Основи геоінформатики / О. О. Світличний, С. В. Плотницький // Суми: Університетська книга, 2008. – 293 с.
7. Бурштинська Х. В. Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.24.02 / Христина Василівна Бурштинська. – Львів: Б.в., 2003. – 36 с.
8. Армстронг М. Основы линейной геостатики / М. Армстронг / Пер. Р. М. Фомкина. – Фонта-небло, 1998. – 149 с.
9. Щеглов В. М. Математические методы и автоматизированные системы в геологии. Практические методы Кригінга / В. М. Щеглов. – М.: ВИЭМС, 1989. – 50 с.
10. Аляутдинов А. Р. Электронный атлас картографических проєкций / А. Р. Аляутдинов, Б. Б. Серапинас // Сб. Взаимодействие картографии и геоинформатики. – М.: Научный мир, 2000. – С. 112-117.
11. Мельник В. М. До вибору картографічних проєкцій транскордонних екологічних ситуацій / В. М. Мельник, В. Л. Расюн, Н. В. Лавренчук // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Геодезія, картографія і аерофотознімання» – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – Вип. 81, 2015. – С. 58-67.

REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED

1. Liashchenko A. A. Metodolohichni osnovy ta informatsiino-tehnolohichni modeli infrastruktury heoprosorovykh danykh miskykh kadastryvkh system: Dys. ... d-ra nauk: 05.24.04 [Methodological bases and information technology infrastructure of geospatial data model of urban cadastral system: Dis. ... Dr. sciences: 05.24.04] / Liashchenko Anatolii Antonovych. – 2004.
2. Lur'e I. K. Geoinformacionoe kartografirovanie i informatika: nedavnee proshloe i nastoyashchee [GIS mapping and computer science: recent past and the present] / I. K. Lur'e // Sb. Vzaimodejstvie kartografii i informatiki. – M.: Nauchnyj mir, 2000. – S. 73-84.
3. Sosa R. I. Obruntuvannia vyboru rivnopromizhnoi konichnoi proektsii dlia seredno- i dribnomasshtabnoho kartohrafuvannia Ukrainy [Justification of the choice rivnopromizhnoyi conical projection for medium and small-scale mapping Ukraine] / R. I. Sosa, P. P. Korol, V. U. Voloshyn // Visnyk heodezii i kartografii. – 2014. – № 4 (91). – S. 7-13.
4. Melnyk V. M. Osnovy kartografii [Fundamentals of cartography] / V. M. Melnyk. – Lutsk: SNU im. Lesi Ukrainky, 2012. – 211 s.
5. Baranovskyi V. D. Variatsiini metody optymizatsii kartohrafichnykh proektsii dlia Ukrainy ta yii okremykh rehioniv [Variational methods of optimization map projections for Ukraine and its separate regions] / V. D. Baranovskyi // Visnyk heodezii ta kartografii. – 2006. – № 3. – S. 13-18.
6. Svitlychnyi O. O. Osnovy heoinformatyky [Basics of Geoinformatics] / O. O. Svitlychnyi, S. V. Plotnytskyi // Sumy: Universytetska knyha, 2008. – 293 s.
7. Burshtynska Kh. V. Teoretychni ta metodolohichni osnovy tsyfrovoho modeliuvannia reliefu za fotogrammetrychnymy ta kartometrychnymy danymy: avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.24.02 [Theoretical and methodological foundations for digital terrain modeling and photogrammetric data kartometrychnymy: Author. Dis. ... Dr. Sc. Sciences: 05.24.02] / Khrystyna Vasylivna Burshtynska. – Lviv: B.v., 2003. – 36 s.
8. Armstrong M. Osnovy linejnoy geostatiki [Fundamentals of linear geostatic] / M. Armstrong / Per. R. M. Fomkina. – Fonta-neblo, 1998. – 149 s.
9. Shcheglov V. M. Matematicheskie metody i avtomatizirovannye sistemy v geologii. Prakticheskie metody Kriginga [Mathematical methods and automated systems in geology. Practical methods of Kriging] / V. M. Shcheglov. – M.: VIEHMS, 1989. – 50 s.
10. Alyautdinov A. R. Elektronnyj atlas kartograficheskikh proekcij [Electronic atlas map projections] / A. R. Alyautdinov, B. B. Serapinas // Sb. Vzaimodejstvie kartografii i geoinformatiki. – M.: Nauchnyj mir, 2000. – S. 112-117.
11. Melnyk V. M. Do vyboru kartohrafichnykh proektsii transkordonnykh ekolohichnykh sytuatsii [The choice of map projections transboundary environmental emergencies] / V. M. Melnyk, V. L. Rasiun, N. V. Lavrenchuk // Mizhvidomchyi nauko-tekhnichniy zbirnyk «Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia» –Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniki. –Vyp. 81, 2015. – S.58-67.

The transformation of map projections by Kryhinh's method

Melnyk V., Rasiun V., Muliar N.

Abstract. The article deals with the analysis of two methods of map projections in GIS. The algebraical and Kryhinh's method are considered. The first method is simple in execution, but requires an iterative approach that results in loss of precision. However Kryhinh's method, which is relatively new - is more reliable and correct. Experimental studies confirming the sufficient high accuracy.

Keywords: Cartographic projection, algebraic polynomial, smoothing, transformation, kriging.

Трансформация картографических проекций по методу Кригинга

В. Мельник, В. Расюн, Н. Муляр

Аннотация. В статье проанализированы два метода трансформации картографических проекций в ГИС. Рассмотрены алгебраический и метод Кригинга. Первый метод прост в исполнении, однако требует итерационного подхода, что приводит к потере точности. В то же время метод Кригинга, который является сравнительно новым - более надежный и корректный. Экспериментальные исследования подтверждают его достаточно высокую точность.

Ключевые слова: картографическая проекция, алгебраический полином, сглаживание, трансформации, Кригинг.

PHYSICS

The use of the structural units for the description of the short-range order in the amorphous substances

V. P. Ivanitsky¹, V. S. Kovtunenکو², M. M. Ryaboschuk¹, M. V. Stojka¹

¹ Uzhgorod National University, Uzhgorod, ² Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

*Corresponding author: E-mail: ivancvp@yandex.ua

Paper received 06.04.2016; Accepted for publication 15.04.2016.

Abstract. It is proposed to define the structure of the amorphous substance by the set of all realized structural units with the allowance made for the functions of their statistical distribution in the disordered atomic network. In the aggregate, all these elements make basis for constructing the minimal elementary structural fragment of the amorphous substance – an analog of the elementary cell in the crystal. Solution of this task is reduced to the correct choice of structural units and determination of their structural parameters. In this relation, the partitioning of the sample that expresses its structural and chemical composition using the minimal number of different-kind structural units seems to be optimal.

Keywords: *amorphous materials, disorder structure, short range order, structural unit.*

The atoms of different chemical elements are the primary structural particles that build any substance. However such structural particles are less informative for the description of the structure of the substances. The description of the atomic network structure in the language of chemical bonds between the atoms is also inadequate and insufficiently informative, though in some cases it may provide quite useful structural information. This requires the introduction of the secondary large-scaled structural particles, which are a certain spatial location of the group of atoms and, respectively, describe the real atomic environment, where the certain chemical bonds are realized. Thus, in such formations, the chemical composition of the substance is fixed and the set of constant parameters having the sense of characteristics of the forces of interaction between the atoms both in the above formations and at their boundaries is defined [1]. The procedure of partitioning the macrosample into the set of the structural particles leads to the important question concerning the choice of such structural particles. To describe the short range order (SRO) structure and the properties defined by SRO the use of traditional structural units (SU) as the structural particles is quite efficient [2]. The SU's are the groups of the adjacent atoms that correspond to the chemical composition of given substance and contain a fixed number of the chemical bonds. Binding with each other in different ways, they form the whole disordered atomic network of the amorphous substances. In some cases the separate chemical bond can be the structural unit. As a result, the condensed medium may be presented on the local structural level by the set of SU's with different types and structures. The structural units are the universal objects, which contain information on the topology and the character of the chemical bonds within the SRO of the substance. Therefore SU's describe simultaneously both topological and chemical SRO.

The chemical interaction parameters realized between the atoms in the disordered network, i.e. the type of the chemical bonds, the binding energy, the ionicity degree etc. are the driving forces of SU formation. The main parameter that determines the formation of the chemical bonds is, certainly, their energy. However, its action is revealed on the particular material basis – the system of

atoms, which is defined by the chemical composition of the substance. Another quite important parameter of the influence on the formation of certain SU deals with the technological conditions of production of the amorphous substance. For example, the existence of the compound polyatomic complexes in the vapor phase may affect significantly the form of SU, which will be formed in the disordered atomic network of the condensed amorphous films. It should be noted that the chemical bonds themselves directly reflect the structure and the properties of the electron shell of the atoms. They define the SU's dimension and the character of their linkage in the disordered network (chains, clusters, layers, 3D networks etc.).

A detailed approach of pointing SU out in the region of the first coordination sphere was developed by R. L. Muller [3] when working on the methods of partitioning the atomic network of the oxide glasses into the structural particles. He suggested the correct combination of the formula notation of the chemical composition and geometric representation of the structure of SU, which allow the conditions of additivity of the composition and volume of the amorphous system to be satisfied. According to this method, SU's are mainly represented in a form of the central atom surrounded by the nearest neighbors. The central atom is usually chosen with the maximal coordination number, though the necessity of this choice is not substantiated [2]. Therefore, introduction of SU is assumed to be not completely clear and unambiguous. SU is defined by setting its spatial structure that reflects the geometry of the chemical bonds of the central atom with the nearest environment. If one denotes the central atom A, its neighboring atoms – B and the relevant coordination numbers Z_A and Z_B , then the formula notation of SU has a following form: AB_{Z_A/Z_B} . It is always assumed here that $Z_A > Z_B$. In the covalent amorphous substances (like in the crystals), the maximal numbers of the nearest neighbors of given atom in the most cases are equal to the number of the valence bonds, which it may form in the atomic network under the particular conditions.

The classical choice of SU in the atomic network of the oxygen glasses is stipulated by the dominant formation of stronger heterobonds as compared to the homobonds.

In the chalcogenide glasses, when oxygen is substituted by sulfur, selenium and tellurium, the difference between the energies of the homobonds and heterobonds is decreased. In these materials, the unambiguous choice of SU is more complicated. Therefore, more general and more formalized approach to the SU selection is usually suggested, which is normally used for the metallic glasses. In accordance with this approach, SU is expressed by the cluster with the chemical composition that corresponds to the atomic parts of each element with the allowance made for the pair interaction between them. Here the transition from choosing the classical SU of the covalent substances to setting the Voronoy's polyhedrons of metals and ionic substances is observed. Chalcogenides are the intermediate variant of the two extreme methods of setting SU, which can be widely used to describe their structure in the amorphous state. In particular, this allows one to include in SU the atoms of not only the first, but also the second and further coordination spheres.

More augmented interpretation of SU is given in Ref. [4]. SU's are considered there as the separate atoms or groups of chemically bound atoms with individual compositions and structure, which are multiply repeated in the glass matrix and are grouped in the rings, chains, layers etc. SU's are the carriers of information about the chemical composition of the glass and geometric location of the atoms within the SRO limits. They are suggested to be considered the elementary cells of the atomic network of the glassy substances, which define almost all physical and chemical properties of the glass. However, there are several comments on this definition. First, the notion of SU works efficiently for the description of not only the structure of glass but also of any other kind of the condensed state. Second, SU's themselves can hardly be the elementary cells of the amorphous substance in the sense used for the crystalline lattices. Third, the role of the elementary cell in the amorphous substances can be played by the large-scale structural fragment of the atomic network constructed of different SU's inherent in given substance.

Application of the above approach to introduce SU allows the structure of SRO of the atomic network in the region of first coordination spheres to be described only for the central, more coordinated, atom. The structure of the atomic network around the less coordinated atoms is completely indefinite, and this is quite inconsistent, because from the viewpoint of the properties and the structure of the amorphous substance no distinctions in the approaches to the description of SRO around different atoms should be found. The shortages of such approach were indicated in Ref. [2]. In particular, it was stated that the vibrational spectra of the quartz glasses couldn't be explained by the vibrations in the $\text{SiO}_{4/2}$ SU only. For these purpose one has also to take into account the strong influence of the atomic network linkage around the bridge oxygen atoms, which requires the analysis of the Si–O–Si-like SU's as well. The similar problems exist when interpreting the vibrational spectra of the As_2O_3 glasses.

Thus, the description of the SRO structure in the amorphous substance with preset chemical composition could be reduced to identification of any SU's realized in it and to the search of their relative parts [4] or distribution functions. Solution of this task is reduced to the correct choice of SU's and determination of their structural

parameters. The choice of SU is related to the construction of the boundaries that separate it from other SU's. In this relation, the partitioning of the sample that expresses its structural and chemical composition using the minimal number of different-kind SU's seems to be optimal.

There is also a possibility to introduce the same SU's in the amorphous substances with different chemical compositions. In Ref. [5], such SU's are suggested to be called the optimally close ones. Entering the atomic networks of different chemical compositions, they slightly modify their properties. The example of such optimally close SU's are the atomic formations of different chalcogenides, which keep their molar volume (shown below in brackets) independent of the chemical composition of the matrix: $\text{AsSe}_{3/2}$ (41,3 - 42,3); $\text{GeSe}_{4/2}$ (52,2 - 54); $\text{SeSe}_{2/2}$ (35,6 - 36,8); $\text{SbSe}_{3/2}$ (38,9 - 54,3); $\text{PSe}_{3/2}$ (34,8 - 59,7).

In Refs. [5, 6], the choice of the traditional SU's as the structural particles is also substantiated for the case of chalcogenides. The argument supporting this approach is the presence of mainly covalent short-range forces of the interatomic interaction. Then the manifold of all possible structures of the atomic network of this substance could be found by enumerating all combinations of the atomic linkage (or all chemical bonds combinations). Methodically, this can be done more conveniently and more efficiently by considering the set of all possible SU combinations in the system of preset chemical composition. By virtue of the additivity principle the macroproperties of the substance will be specified by the ratio of different SU's in its disordered atomic network. The changes of these ratios could be matched with the change of the structure and different properties of the substances, e.g., at the expense of the change of technological conditions of synthesis or the action of external factors.

The structure of the amorphous substance could be defined by the set of all realized SU's with the allowance made for the functions of their statistical distribution in the disordered atomic network. In the aggregate, all these elements make basis for constructing the minimal elementary structural fragment of the amorphous substance – an analog of the elementary cell in the crystal. Such elementary fragment will carry the whole information about the chemical composition and the structure of SRO. Thus, the physical and chemical properties of the amorphous substance will be defined not only by SU's but also by the character of their linkage on the largescale levels in a form of a certain structural fragment.

Therefore, each SU combination in the amorphous atomic network, which we denote \vec{R}_n , will have its specific properties and certain fixed values of the physical and chemical quantities. The change of the ratio of different SU's, which can be described in terms of spontaneous or stimulated transitions between different \vec{R}_n [6], will automatically define the change of the properties of the atomic network. It is important here to know also the specific mechanism, which provides certain change of the ratio of different SU's in the amorphous substance of specified chemical compositions with fixed structure. Obviously, the total number of different \vec{R}_n for given system defines the limits of variations of its properties. As the change of the SU ratio for the system of fixed chemical composition means

the change of the SU distribution function, then such changes automatically mean the transition from one amorphous matrix structure to another one (e.g., from the model of the total chemical disorder to the model of the total chemical order). The maximal variation of the properties will take place at the transitions between \bar{R}_n with extreme possible SU distribution functions given the preservation of the system homogeneity (the lack of the secondary phases, eutectic or spinodal decay etc.). The changes in \bar{R}_n are possible due to different structural transformations: the transitions of some SU's to other ones, the appearance of new SU's, the formation of defective SU's and so on.

The probability of realization of certain SU's in the substance is defined by the energy of the chemical bonds between the atoms involved in them. Respectively, the most probable will be those SU's, which have the maximal energies of the chemical bonds, while vanishing of some SU's and the appearance of other SU's must be accompanied by the energy absorption or release.

Determination of the elementary fragment of the atomic network in the particular amorphous substance corresponds to the certain description of its structure, since, using different translations of this fragment, one may obtain the whole volume of this sample. Such procedure is an analog of filling the space with the crystalline lattice by transferring its elementary cell along the translation vectors. However, the dimensions of the elementary amorphous fragment can be much larger as compared to those of the elementary cell of corresponding crystal. In addition, these elementary amorphous fragments must be related to the above vectors \bar{R}_n setting. As a result, each elementary fragment will describe a certain structural state of the atomic network of given substance.

The number of different structural states, which can be realized in given amorphous substance, is specified by its chemical composition. At the same time the energy of each particular structural state, $U(\bar{R}_i)$, is determined by the average binding energy per one atom, \bar{E} , or by the ratio of different SU's in it. Availability of different structural states \bar{R}_i for certain substance means the possibility of the structural changes due to the variation of SU's and their ratio. Respectively, for each disordered fixed-composition substance there exists a certain interval of internal energies $\Delta U = \bar{E}_{max} - \bar{E}_{min}$, within the limits of which different structural states can be realized and different structural changes may occur due to the change of the ratio of different SU's. For example, in the system this interval is maximal for the $As_2(S, Se)_3$ composition and equals to 34 kJ/mole [6].

Thus, not only identification of all SU's of the atomic network but also the studies of their statistical distribution functions and construction on their basis of the relevant elementary structural fragments are the important practical task. In this context, of special interest is the influence of mutual location and linkage of different SU's in the space on the structure and properties of the amorphous substances. To study all these peculiarities, it

was suggested in Ref. [7] to take as the basis the structural chemical steric factors of different atoms that form given SU's. In such approach, SU's are to a great extent arbitrarily linked with the atomic network of a certain amorphous material. It is more expedient to point out SU's and the character of their mutual linkage in the atomic network of the amorphous material in accordance with its real structure and real properties [8]. In this case one has to take into account the peculiarities of the atomic network structure on any level: SRO, intermediate range order, mesoscopic and nanodimensional levels.

In many cases, the particular predictions of the amorphous atomic network structure, i.e. its model, are useful for solving such problems. This model can be taken as a certain theoretical approximation or as a result of the experimental data analysis. Furthermore, when determining the probability of realization of different SU's, the additional trivial regularities can be used, e.g. the condition of constancy of the number of chemical bonds in the system of certain chemical composition or the condition of total saturation of all bonds in the matrix. For each model of the atomic network the particular SU distribution function will exist. The number of the atoms included in the system under consideration, i.e. the size of the elementary fragment of the structure under study, is an important parameter of the above function. Besides the geometrical and combinatorial factors, the probability of the SU realization will be defined by its internal energy. It is insufficient to take into account the energies of the chemical bonds only, like Ref. [6], but one has to make allowance for the energies of deformation of the angles between the bonds. At the same time, an essential role in the SU production is also played by the weaker interactions, e.g., Van-der-Vaals interaction. Their active influence is manifested in the effects of the atomic network clusterization, its phase separation on the molecular level, formation of the different-scale structural inhomogeneities. Accounting these components can change substantially the SU distribution function in given amorphous atomic network.

Thus, the chemical composition of the substance is a leading parameter that defines the type of SU's realized in this substance and the dimension of their linkage in the joint structural motive of the atomic network [9]. Since SU's are the carriers of all solid body properties, then the properties, in general, will be determined by the ratio of different SU's according to the additivity principle. It should be noted that different properties of the atomic network could be related to different structural carriers. After determining some structural carriers and studying their properties, one can find their statistical distribution functions and construct the elementary structural fragment, which will reflect all the properties of the amorphous substance as a whole. Translation of such integral structural fragment in the space allows the whole macrosample of given amorphous substance to be obtained. The paper [5] confirms this fact and demonstrates that any condensed quantum-mechanical macrosystem can be partitioned into the arbitrary number of microfragments identical by any finite set of properties with the accuracy up to the infinitely small positive number ϵ .

The problem of choosing SU is closely related to the strategy of distinguishing the equivalent (by the structural environment) atoms and equivalent (identical) SU's in the

atomic network. The equivalent atoms are called the atoms of the same chemical element, which have equal number of electrons, equal (or quite close) structure of electron shells and type of their hybridization. Since it is rather difficult to determine the electron structure of the atoms, then, usually, the simplified definition of equivalence is applied: the equivalent atoms are those, which have the same set of characteristics of their nearest environment. The number of the neighbors, the lengths of the bonds and the angles between them lie within the narrow limits defined by the dispersions of the corresponding distributions. In many cases the equivalence of the atoms can be found according to the parameters of the first coordination sphere only, because often it makes no sense to take the large-scale structural formations as SU's [2].

In general case, when defining the atoms of the same type and their SU's in the atomic networks of solids, one has to take into account such specific feature inherent in them all, as SRO [8]. One has to take into account here the parameters of not only the first coordination sphere, but those of all coordination spheres that define this SRO. It is expedient to use the number of the neighbors of a certain chemical element in each coordination sphere, the lengths of the chemical bonds, the interatomic distances and the angles between them as the quantitative limits of atomic equivalence. A special attention should be drawn to those SU's, which are characteristic for the different molecules, clusters and stable and metastable condensed phases of the relevant chemical compositions. According to such equivalent atoms of the atomic network, the equivalent SU's will also be related. Obviously, the central atoms of the equivalent SU's could be considered identical from the viewpoint of their local environment within the SRO limits.

The equal SU's are related to the equivalent atoms as the central ones. Respectively, we shall call the atoms and SU's characterized by different local environment and different topological parameters, the different-type ones. The different-type SU's will be realized in the disordered atomic network of the particular amorphous substances with different probability.

The most optimal for the amorphous substances is the statistically probabilistic method of setting all SU's that reflects correctly their inherent entity [8]. According to this method, each atom of the disordered atomic network should be related to its own SU defined by this atom (as the central one) and its nearest neighbors. Then one has to distribute all SU's into the groups of equivalent SU's and to find the regularities of the statistical distribution of such equivalent SU's. Determination of the main different-type SU's and the probabilities of their realization or the statistical distributions in the atomic network is the principal problem of studying the atomic structure of the amorphous state of the substances.

Recently the structure of the atomic network of the amorphous state was considered quite stable and constant up to initiating the crystallization processes. Today a number of results are available indicating that even for the amorphous films of elementary Ge and Si the structure depends on the technologies of production and varies in the process of further storage and low-temperature processing. Such results show that in general case the amorphous substance may be in the three main thermodynamical states: the stable, the metastable and the labile states. The peculiarities of the structure of the amorphous substances are to a great extent determined by the energy parameters of atoms and SU's in the disordered network.

It is assumed in the studies that the energy of certain atomic network subsystem depends both on its internal parameters and on the external parameters of the state. The potential energy is minimized according to the internal parameters, while its dependence on the external parameters of the state occurs in the potential parametrically. Since the internal parameters have fluctuations from one area (ensemble) to other one, some of these structural fluctuations correspond to the double-level or multi-level potentials. From the point of view of the phase transformations, these potentials arise in the amorphous structure due to the instability of a certain class of potentials to the fluctuations of microscopic parameters of SU's.

REFERENCES

1. Physics and application of disordered materials / Ed. by M.Popescu. – Bucharest: JNOE publishing house, 2002. – 390 p.
2. Non-Crystalline Materials for Optoelectronics / Ed. By G.Lukovsky and M.Popescu. – Bucharest: INOE publishing house, 2004. – V.1. – 378 p.
3. Tanaka K. Chalcogenide glasses // Encyclopedia of materials: science and technology / Ed. by K.H.J.Bushow. – Amsterdam: Elsevier Science Ltd, 2001. – V.2. – P.1123-1132.
4. Elliott S.R. Physics of amorphous materials. – London: Longman Scientific and Technical, 1990. – 481 p.
5. Dembovsky S.A., Chechetkina E.A. Glassy state clarified through chemical bonds and their defects // J. Non-Cryst. Solids. – 1986. – V.85. – №3. – P.346-357.
6. Phillips J.P. Topology of covalent non-crystalline solids: 1.Short-range order in chalcogenide alloys // J. Non-Cryst. Solids. – 1979. – V.34, №2. – P. 153-181.
7. Wright A.C. How much do we really know about the structure of amorphous solids // J.non-cryst.solids. – 1985. – V.75, №1-3. – P.15-28.
8. Luksha O.V., Borkach E.I., Ivanytsky V.P. Structural-technological modification of As₂S₃ glasses // Journal of optoelectronics and Advanced Materials. – 2002. – V.4, №1. – P.45-50.
9. Bienenstock A. Structural studies of amorphous materials // Phys. Properties of amorphous mater. – London, 1983. – P.171-200.

Использование структурных единиц для описания ближнего порядка в аморфных веществах

В. П. Иваницкий, В. С. Ковтуненко, М. М. Рябошук, М. В. Стойка

Аннотация. Предложено определять структуру аморфных веществ установлением набора всех тех структурных единиц, которые реализуются в неупорядоченной атомной сетке, с учетом статистической функции их распределения. Совокупность всех таких единиц есть основой для создания минимального элементарного структурного фрагмента аморфных веществ – аналога элементарной ячейки кристаллов. Решение этой задачи требует корректного выбора вида структурных единиц и определения их структурных параметров. В этом отношении оптимальным будет такое разбиение образца, которое выражает его химический состав и структуру с помощью минимального количества структурных едини разных вида.

Ключевые слова: аморфные материалы, разупорядоченная структура, ближний порядок, структурная единица.

Фрактальний аналіз РЕМ-зображень із застосуванням вейвлетів

В. Мельник, О. Піскунова, Л. Вакулюк

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

*Corresponding author. E-mail: oli4ka_1308@mail.ru

Paper received 07.06.2016; Accepted for publication 20.06.2016.

Анотація. Розглянуті питання застосування вейвлет-перетворень для фільтрації растрово-електронномікроскопічних (РЕМ) зображень. Проілюстровано ефективність цього методу в порівнянні з класичним Фур'є-аналізом зображень. Пропонується здійснювати фрактальний аналіз РЕМ-зображень трьома методами – клітинковим планіметричного покриття, методом визначення показника Херста і на основі фрактальної моделі Серпінського. Здійснено практичну апробацію клітинкового методу.

Ключові слова: вейвлет, фрактальний аналіз, фрактальна розмірність, фільтрація, растрова електронна мікроскопія.

Вступ. В останні роки набувають широкого застосування методи фрактальної геометрії, які є ефективними при аналізі явищ самоорганізації та стохастичної природи.

Основною характеристикою фрактальної геометрії є дробова або фрактальна розмірність Хаусдорфа-Безиковича, що є кількісною мірою неоднорідності або самоподібності об'єкта [2].

Проте її розрахунок неочевидний, особливо, коли використовуються сильно зашумлені зображення, як це має місце в растровій електронній мікроскопії (РЕМ) [4]. Відповідно для достовірного визначення фрактальної розмірності Хаусдорфа-Безиковича необхідна попередня фільтрація зображення.

В останні роки для фільтрації зображень успішно застосовуються вейвлет-перетворення [5; 6]. Отримані за допомогою таких перетворень результати мають більшу інформативність та оперативність, завдяки чому можна безпосередньо обробляти такі дані, які за традиційного підходу аналізувати важко. Вейвлет-перетворення вносять в обробку зображень додатковий ступінь свободи. На сьогодні вейвлет-обробці зображень, отриманих в РЕМ, присвячено ряд робіт [7; 8; 9]. У теоретичному плані доцільно було б застосовувати двовимірні вейвлети, але через складність їх аналітичного представлення, а також через об'ємні та тривалі розрахунки, ми використали одновимірні вейвлети, які дозволяють проводити ефективний фрактальний аналіз РЕМ-зображень [10].

Аналіз останніх публікацій. В роботах [6; 11; 12]

$$W_{\psi}(a,b)f = \frac{1}{\sqrt{C_{\psi}}} \int \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx, \quad (1)$$

де a і b – параметри, що визначають відповідно масштаб і зміщення функції ψ , яку називають аналізуючим вейвлетом; C_{ψ} – нормований множник.

Інтегрування ведуть по всій числовій осі.

Базисний, або материнський вейвлет ψ отримують

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{C_{\psi}}} \iint \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) [W_{\psi}(a,b)f] \frac{dadb}{a^2}. \quad (2)$$

Прямі (1) та обернені (2) перетворення залежать від деякої функції $\psi(x) \in L^2(\mathbb{R})$, яку називають базисним вейвлетом. Практично єдиним обмеженням в його виборі є умова скінченності нормованого множника. Цю

пропонується здійснювати теоретичне обґрунтування окремих питань фрактальної геометрії з позицій відносно нового математичного апарату так званих вейвлет-перетворень [8]. Такий підхід перспективний, проте потребує подальших спеціальних досліджень. Цікавою є публікація [12], в якій обговорюється алгоритм ідентифікації текстурних особливостей із застосуванням спектрів фрактальних розмірностей Реньї. Експериментально підтвердження такої методики виконане на основі аналізу фрактографічних зображень. Для можливостей застосування в цифровій фотограмметрії потрібні окремі дослідження.

Мета. Показати ефективність використання вейвлет-перетворень для обробки РЕМ-зображень. Здійснити теоретичне обґрунтування методу клітинкового планіметричного покриття, методу визначення показника Херста та фрактальної моделі Серпінського та отримати практичні результати їх застосування.

Виклад основного матеріалу.

І. Вейвлет фільтрація РЕМ-зображень.

Ефективним є застосування вейвлет-перетворень у цифровій обробці РЕМ-зображень. Термін вейвлет-перетворення об'єднує два види перетворень – пряме та обернене, які, відповідно, переводять досліджувану функцію $f(x)$ в набір вейвлет-коефіцієнтів $W_{\psi}(a,b)f$ і навпаки. Розрізняють неперервне та дискретне перетворення [5; 7].

Пряме вейвлет-перетворення здійснюється згідно правила:

шляхом розтягування і зсуву сімейства $\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)$.

Маючи відомий набір коефіцієнтів $W_{\psi}(a,b)f$, можна відновити вихідний вигляд функції $f(x)$, тобто, здійснити обернене перетворення:

умову задовільняє безліч функцій, тому можна підібрати вид вейвлета, найбільш придатного для вирішення конкретної задачі.

Для вибору вейвлетоутворюючої функції для фільтрації РЕМ-зображень необхідно оцінити рівень шуму на РЕМ-зображенні. Для цього доцільно застосувати методику вибору параметрів за профільними перерізами. На вихідному зображенні вибирають декілька перерізів (від 2 до 5) в найбільш характерних місцях. Для кожного профілю виконують фільтрацію за допомогою одновимірного вейвлет-перетворення і вибирають параметри, які найкращим чином видаляють шум зображення.

Описана процедура здійснюється за наступним алгоритмом, що включає такі етапи [6; 10]:

1. Отримання вихідних даних:

- задання функції $f(x)$ або набору її значень з постійною частотою дискретизації $f(x_i)$;

- перетворення вихідних даних в формат, придатний для обробки.

2. Постановка задачі:

- вибір материнського вейвлета;

- задання границь (параметрів) вейвлет-перетворення: інтервалу масштабів і границі оброблюваного відрізка функції;

- допустима похибка обчислень (якщо функція визначена формулою).

3. Перевірка коректності умов задачі:

- перевірка початкових даних;

- перевірка параметрів перетворення;

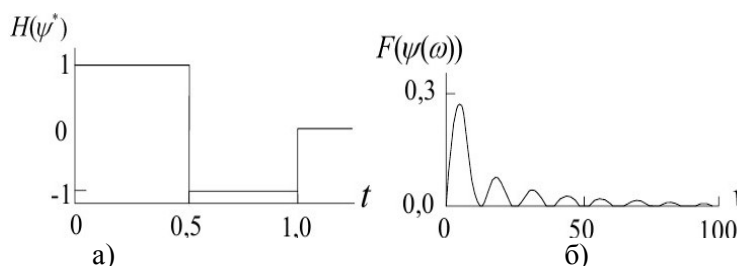


Рис. 1. Порівняння ефективності перетворень Хаара (а) і Фур'є (б)

Для усунення специфічних для РЕМ-зображення спотворень, обумовлених дисторсією, зарядженням електронним пучком, дрейфом зображення та іншими причинами, необхідно здійснювати неklasичну фільтрацію.

- розрахунок абсолютної похибки (якщо дані задаються набором значень).

4. Попередні обчислення:

- побудова матриці базисних вейвлетів $\Psi_{i,j}$;

- переорганізація початкових даних $F_{i,j}$.

5. Вейвлет-перетворення.

6. Візуалізація результатів розрахунків.

7. Збереження результатів розрахунків.

Комп'ютерна реалізація методу вейвлет-перетворення здійснюється в середовищі Matlab.

Не менш важливою задачею є вибір материнського вейвлета, який бере участь в формуванні фрактальної розмірності. Як правило, для вирішення конкретної задачі вибирається такий вейвлет, який найбільш краще відображає особливості досліджуваного зображення (наприклад, присутність чітко виражених горизонтальних або вертикальних компонент), а також якнайкраще співвідноситься з метою здійснюваного фрактального аналізу (знаходження та локалізація сингулярностей, підкреслення границь, сегментація та ін.). В якості вихідного вейвлета найчастіше використовуються вейвлети з класу радіально-ізотропних вейвлетів, характерні представники яких наступні: мексиканський капелюх, оптичний, вейвлет Морле, Добеші та Хаара. Детальний виклад застосування цих вейвлетів дано в спеціальній літературі [6].

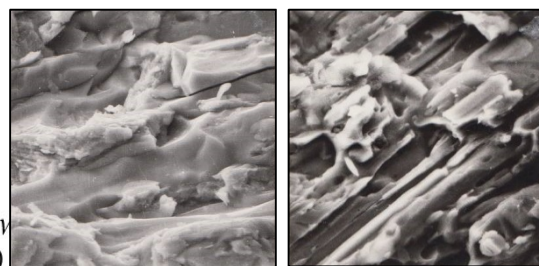


Рис. 2. Мікрофотографії характерних зломів фрактографічних зразків

Застосовувані на сьогодні методи фільтрації РЕМ-зображень не мають достатньої точності та оперативності. В цьому змісті особливо перспективною є вейвлет-фільтрація. В наших дослідженнях застосовувався вейвлет Хаара [9]:

$$\psi_t = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & \text{при } 1/2 \leq t < 1 \\ 0 & \text{у решті випадків} \end{cases} \quad (3)$$

У високій ефективності такого перетворення можна пересвідчитись з рис. 1 а, б, на якому зіставлено фільтрації класичним методом Фур'є і вейвлет-перетвореннями Хаара.

II. Фрактальний аналіз РЕМ-зображень.

Поняття «фрактал» було введено Б. Мандельбротом [1] і фрактальними множинами зазвичай називають множини з вкрай нерегулярною розгалуженою або порізаною структурою. Теорія фрактальних множин дає надзвичайно компактний спосіб опису істотно нелінійних, як з геометричної, так і фізичної точок зору об'єктів і стохастичних процесів. Відомо [2], що багато систем володіють фундаментальною властивістю геометричної регулярності, яка визначається як

інваріантність по відношенню до масштабу, або «самоподібність» (скейлінг). Якщо розглядати ці об'єкти в різних масштабах, то можна виявити одні й ті ж фундаментальні елементи. Ці повторювані закономірності визначають дробову, або фрактальну, розмірність структури. Інваріантність по відношенню до масштабу має характерну паралель в сучасній теорії хаосу і випадкових процесів, згідно з якою багато явищ, незважаючи на те, що вони підпорядковуються чітким детерміністським правилами, в принципі виявляються стохастичними.

Стосовно аналізу РЕМ-зображень, що відображають різні об'єкти як системи, визначення фрактальності зводиться до оцінки спектру сингулярності, що

представляє собою Хаусдорфову розмірність множини S_h точок досліджуваної поверхні зображення, які

характеризуються однаковими значеннями індексу сингулярності h [6]:

$$D(h) = d_H \{ \bar{x} \in \bar{R}^2, h(\bar{x}) = h \}. \quad (4)$$

Це слідує з постулату, що елементи зображення можуть бути класифіковані у відповідності зі значеннями показника Ліпшица-Гельдера, отриманого за тим чи іншим чином сформованою мультифрактальною мірою. Позначимо поле яскравості цифро-

вого напівтонового зображення як $I(\bar{x})$ де \bar{x} – координати центру пікселя. Тоді міра μ для кожної підмножини $A \in I$ може визначатися наступним чином:

$$\mu(A) = \int_A d\mu(\bar{x}). \quad (5)$$

З врахуванням припущення про локальну гладкість зображення, приходимо до наступного виразу для обчислення щільності міри $d\mu(\bar{x}) \equiv d(\bar{x})|\nabla I|(\bar{x})$. Міра μ , визначена таким чином, дає повне уявлення про локальний розподіл градієнта і його сингулярність в межах РЕМ-зображення. Це загальні положення фрактальної геометрії.

На практиці в більшості випадків для обчислення важливої характеристики фрактальної розмірності Хаусдорфа-Безиковича обмежуються наступними трьома методами: клітинковим, Херста і Серпінського, суть яких наступна [4].

Клітинковий метод планіметричного покриття.

Враховуючи часту вживаність цього методу охарактеризуємо його більш детально. Нехай досліджувана РЕМ-поверхня покривається деякою множиною, яка залежить від r (для спрощення алгоритму за множини взято квадрат зі стороною r). Розрахунок фрактальної розмірності проводиться в такій послідовності. Нехай досліджувана в РЕМ поверхня задається масивом (файлом) аплікату z у вузлах регулярної сітки, які заносяться в двовимірний масив. Потім проводиться відбір базових покриттів. Базове покриття складається із квадратів, довжина сторін яких рівна $8r, 4r, 2r, r$ і $r/2$. Далі проводиться послідовний підрахунок площі поверхні зразка. Ця процедура використовується для всіх базових покриттів, зокрема процедура підрахунку площі поверхні з базовим покриттям r така. Продивляється кожна клітинка рівномірної сітки аплікату окремо і визначається інтерполяванням аплікату z для точки, що лежить на перетині діагоналей клітинки регулярної сітки. Потім

проводиться обчислення площ чотирьох трикутників, утворених на даній клітинці регулярної сітки, через просторові координати точок регулярної сітки і середньої точки клітинки. Цей процес продовжується до того часу, поки не будуть переглянуті всі клітинки розбиття. Просумувавши всю площу трикутників по кожній клітинці регулярної сітки, визначається площа поверхні зразка. Для інших базових покриттів процес підрахунку площі поверхні проводиться аналогічно. Маючи набір довжин базових покриттів і, відповідно їх площу поверхні, будується залежність $\ln S - \ln r$. Через отриману множину точок проводиться пряма найкращого наближення, вираховується коефіцієнт нахилу цієї прямої, і визначається фрактальна розмірність досліджуваної поверхні.

Можлива модифікація цього алгоритму полягає в заповненні «рельєфного» об'єму поверхні кубами, довжина ребер яких дорівнює $8\varepsilon, 4\varepsilon, 2\varepsilon, \varepsilon$ і $\varepsilon/2$, з послідовним підрахунком кількості кубів $N(\varepsilon)$ зі стороною ε , яка повторюється для всіх базових покриттів, в тому числі і для проінтерпольованої більш густої сітки з ребром $\varepsilon/2$. Маючи набір довжин ребер покриттів та відповідну їм кількість цих покриттів, будується графік залежності $\ln N(\varepsilon) - \ln(\varepsilon)$.

Коваріантна фрактальна модель Херста. Цей метод обчислення показника Херста базується на застосуванні принципів скейлінгового співвідношення. Відповідно до цієї концепції середньоквадратична шорсткість самоафінної поверхні, визначається виразом [11]:

$$\delta(L, \langle h \rangle) = \left[\frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N [h(x_i, y_j) - \langle h \rangle] \right]^2, \quad (6)$$

де L – довжина профілю досліджуваної області поверхні уздовж осей x або y ; $\langle h \rangle$ – середнє значення висоти на досліджуваній ділянці поверхні; N – число

точок у профілі поверхні довжиною $h(x_i, y_j)$; h – висота поверхні в точці (x_i, y_j) .

Величина σ залежить від розміру досліджуваної ділянки наступним чином:

$$\sigma(L) \propto L^H, \quad (7)$$

де $0 < H < 1$ – показник Херста, пов'язаний з величиною фрактальної розмірності співвідношенням:

$$D_f = 3 - H. \quad (8)$$

Щоб обчислити показник Херста, необхідно одержати набір значень середньоквадратичної шорсткості для ряду ділянок однієї і тієї ж поверхні різного розміру.

Фрактальна розмірність може бути визначена, як альтернатива, через зв'язок логарифма потужності спектра з логарифмом відповідної частоти за рівнянням регресії:

$$\log S_f = a + b \log 1/T, \quad (9)$$

де S_f – потужність спектра; T – період коливань.

3D фрактальна модель Серпінського. Для фрактального аналізу пористих матеріалів, як у випадку зразків порошкової металургії, ґрунтів, ефективним є 3D фрактал Серпінського, який реалізується за методом Менгера [2].

Пористі фрактальні середовища, сформовані за цим методом називаються губками Менгера і утворю-

$$V_n = 20^n (L/3^n)^3, \delta_n = L/3^n. \quad (10)$$

Виключивши n отримаємо:

$$V_\delta = \delta^3 (L/\delta)^D, \quad (11)$$

де $D = \ln 20 / \ln 3 - 2.73$.

Моделювати середовища з різним значенням пористості можна використовуючи фрактальну множину, яку називають узагальненою губкою Менгера, побудова якої проводиться наступним чином [13]. Сторона вихідного куба висотою L ділиться на k частин. Потім з центрального об'єму куба вида-

$$D = [\ln(k^3 - 3kp^2 + 2p^3)] / \ln k, \quad (12)$$

де $(0 < p \leq k - 2)$. При значеннях параметрів $K = 3, p = 1$ отримаємо класичну губку Менгера розглянути вище. Не складно помітити, що фрактальна розмірність отриманих множин коливається в межах

$$D = \ln[4(3k - 4)] / \ln k, \quad (13)$$

а сам фрактал – високопористий.

Практична апробація. З цією метою виконані фрактальні дослідження РЕМ-зображення металографічних зразків злому (рис. 2). РЕМ-стереозйомка виконувалась на РЕМ «НІТАСНІ S-800» (МДУ) при збільшеннях 500, 1000 та 2000 крат з кутами конвергенції 6° та 8° .

ються наступним чином. Вибирається куб зі стороною $h = L$ складений із 27 кубів в три рази меншого розміру. Із центральної частини об'єму куба видаляється 7 складових кубів. Потім така ж процедура здійснюється для кожного складаючого великого куба кубів і т.д. Об'єм частини куба, що залишилася на n -ому етапі побудови можна обчислити за формулою:

ляються p складових його кубів з ребром L/k . Потім ті ж дії повторюються для кожного із складових основного куба кубів і т.д. n разів. Фрактальна розмірність отриманого фрактала визначається виразом:

$2 < D < 3$. При $p = 1$ частка пор буде невеликою в порівнянні з твердим каркасом і значення D буде ближче до трьох. При $p = k - 2$ фрактальна розмірність буде рівною:

Визначення фрактальної розмірності Хаусдорфа–Бежиковича здійснювалася за клітинковим методом із застосуванням програмного продукту Fractal analysis system for Windows ver. 3. 4. 7., отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Фрактальна розмірність ЦММР

№ п/п	№ мікро-об'єкта	Базові покриття	Розмір в пікселях	Розмір в мкм (збільшення 500x)	D_f першого алгоритму	D_f другого алгоритму	$ \Delta = D_{1f} - D_{2f}$
1	248609	$8r$	32	4,8	2,097	2,156	0,059
2	291712	$4r$	16	2,4	2,068	2,066	0,002
3	68212	$2r$	8	1,2	2,120	2,062	0,058
4	85823	r	4	0,6	2,141	2,326	0,185

$$\Delta_{cp} = 0,076$$

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Розроблено методику використання вейвлет-фільтрації для покращення якості РЕМ-зображень. Рекомендується використовувати вейвлет Хаара.

2. Запропоновано здійснювати фрактальний аналіз РЕМ-зображень клітинковим методом планіметричного покриття або його модифікації.

3. Практичне застосування обох варіантів цього методу дозволяє отримувати тотожні результати.

4. Обґрунтовується доцільність здійснення фрактального аналізу дисперсних матеріалів порошкової металургії, ґрунтів тощо із застосуванням 3D фрактала Серпінського, зокрема його модифікації, губки Менгера.

ЛІТЕРАТУРА

- Mandelbrot B. V. The Fractal Geometry of Nature / B. V. Mandelbrot. – San Francisco: W. H. Freeman. – 1984. – 468 p.
- Федер Е. Фракталы / Е. Федер.–М.:Мир.–1991.–258 с.
- Arneodo A. A wavelet-based method for multifractal image analysis. I. Methodology and test applications on isotropic and anisotropic random rough surfaces / A. Arneodo, N. Decoster, S. G. Roux // The European Physical journal B. – 2000. – No15. – P.567–600.
- Мельник В. М. Кількісна стереомікрофрактографія: Монографія [Текст] / В. М. Мельник, А.В. Шостак. – Вид. «Твердиня». – М. Луцьк, 2010. – 457 с.
- Morev S. Applying Wavelet Analysis Method to Processing of Electrocardiographical Data / S. Morev, G. Ososkov, A. Spitov // Proceedinge of Ratmino Summer School Dubna. – 2001. – P. 34–43.
- Малинников В. А. Применение методики мультифрактальной сегментации изображений для выделения контуров на аэрокосмических снимках / В. А. Малинников, Д. В. Учаев // Известия вузов. Серия геодезия и аэросъемка. – 2008. – № 6. – С. 37–41.

7. Ярмоленко А. С. Использование вейвлетов в аналитическом представлении дискретных функций графической информации / А. С. Ярмоленко // Изв. Вузов. – 2008. – №3. – С. 20–30.
8. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
9. Zabel V. Applications of Wavelet Analysis in. Sistem Identification : dis. Dr.–Ing. / Zabel Volkmar – Weimar, 2002. – 175 с.
10. Симонов К. В. Быстрый алгоритм вейвлет–преобразования данных наблюдений / К. В. Симонов, С. А. Перетокин // Материалы VII Междунар. семинара «Кубатурные формулы и их приложения». – Красноярск: ИЦП КГТУ. – 2003. – с. 96–100.
11. Толстихин А. М. Применение фрактального описания для анализа изображений в сканирующей зондовой микроскопии / А. М. Толстихин // Зав. лаб. – 1995. – №9. Т.65. – С. 28–37.
12. Журавель І. М. Аналіз текстури фрактографічних зображень на основі спектра фрактальних розмірностей Реньї / І. М. Журавель // Искусственный интеллект.– 2013.–№ 1.–С. 204–208.
13. Поляков В. В. Фрактальный анализ структуры пористых материалов / В. В. Поляков, С. В. Кучерявский // Письма в ЖТФ. – 2001. – Т. 27. Вып. 14. – С. 42–46.

REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED

1. Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W. H. Freeman. – 1984. – 468 p.
2. Feder E. Fraktaly [Fractals] / E. Feder.–М.:Mir.–1991.–258 s.
3. Arneodo A. A wavelet–based method for multifractal image analysis. I. Methodology and test applications on isotropic and anisotropic random rough surfaces / A. Arneodo, N. Decoster, S. G. Roux // The European Physical journal B. – 2000. – No15. – P.567–600.
4. Melnyk V. M. Kilkisna stereomikrofraktohrafia: Monohorafia [Quantitative stereomicrofracturing. Monograph] [Tekst] / V. M. Melnyk, A. V. Shostak. – Vyd. «Tverdynia». – М. Lutsk, 2010. – 457 s.
5. Morev S. Applying Wavelet Analysis Method to Processing of Electrocardiographical Data / S. Morev, G. Ososkov, A. Spitov // Proceeding of Ratmino Summer School Dubna. – 2001. – P. 34–43.
6. Malinnikov V. A. Primenenie metodiki multifraktalnoy segmentatsii izobrazheniy dlya vyideleniya konturov na aerokosmicheskikh snimkakh [Application the methods of multifractal segmentation of images to isolate circuits on aerospace images] / V. A. Malinnikov, D. V. Uchaev // Izvestiya vuzov. Seriya geodeziya i aeros'emka. – 2008. – № 6. – S. 37–41.
7. Yarmolenko A. S. Ispolzovanie veyvletov v analiticheskom predstavlenii diskretnykh funktsiy graficheskoy informatsii [The use of wavelets in the analytic representation of discrete functions of graphical information] / A. S. Yarmolenko // Izv. Vuzov. – 2008. – №3. – S. 20–30.
8. Dobeshi I. Desyat lektsiy po veyvletam [Ten lectures on wavelets] / I. Dobeshi. – Izhevsk: NITS «Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika», 2001. – 464 s.
9. Zabel V. Applications of Wavelet Analysis in. Sistem Identification : dis. Dr.–Ing. / Zabel Volkmar – Weimar, 2002. – 175 с.
10. Simonov K. V. Byistryiy algoritm veyvlet–preobrazovaniya dannykh nablyudeniya [Fast algorithm of wavelet transform of observational data] / K. V. Simonov, S.A. Peretokin // Materialy VII Mezhdunar. seminar «Kubaturnyie formuly i ih prilozheniya». – Krasnoyarsk: ITsP KGTU. – 2003. – s. 96–100.
11. Tolstihin A. M. Primenenie fraktalnogo opisaniya dlya analiza izobrazheniy v skaniruyushey zondovoy mikroskopii [The use of the fractal description for image analysis in scanning probe microscopy] / A.M. Tolstihin // Zav. lab. – 1995. – №9. Т.65. – С. 28–37.
12. Zhuravel I. M. Analiz tekstury fraktografichnykh zobrazen na osnovi spektra fraktalnykh rozmirnostej Renyi [The analysis the textures of frakto graphics images based on the spectrum of Rainier’s dimension] / I. M. Zhuravel // Iskusstvennyiy intelekt.–2013.–№ 1.–S. 204–208.
13. Polyakov V. V. Fraktalnyi analiz strukturyi poristykh materialov [Fractal analysis of the structure of porous material] / V. V. Polyakov, S. V. Kucheryavskiy // Pisma v ZhTF. – 2001. – Т. 27. Vip. 14. – S.42–46.

The Fractal Analysis of REM Images Using Wavelets

Melnyk V., Piskunova O., Vakuliuk L.

Abstract. The article deals with the application of wavelet-transformation for filtering of raster-electron microscopical (REM) images. The effectiveness of this method was illustrated in comparison with classical Fourier’s analysis of images. It is proposed to perform the fractal analysis of REM images by three methods: method of cell planimetric coating, method of definition of Hurst’s indicator and on the basis of Sierpinski’s fractal model. The practical approbation of cell method was carried out.

Keywords: wavelets, fractal analysis, fractal dimention, filtering, raster electron microscopy.

Фрактальный анализ РЭМ–изображений с применением вейвлетов

В. Мельник, О. Пискунова, Л. Вакулюк

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения вейвлет–преобразований для фильтрации растрово–электронномикроскопических (РЭМ) изображений. Проиллюстрировано эффективность этого метода по сравнению с классическим Фурье–анализом изображений. Предлагается осуществлять фрактальный анализ РЭМ–изображений тремя методами — клеточным планиметрического покрытия, методом определения показателя Херста и на основе фрактальной модели Серпинского. Полученные конкретные результаты практической апробации клеточного метода.

Ключевые слова: вейвлеты, фрактальный анализ, фрактальная размерность, фильтрация, растровая электронная микроскопия.

Інтегративна методологія нанометричної інтерпретації оцінки РЕМ-зображень, отриманих в режимі катодолюмінісценції і вторинної електронної емісії

В. Мельник¹, А. Шостак¹, Ю. Мельник^{2*}

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

²Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

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

Paper received 23.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Анотація. В статті розглянуто питання розробки взаємодоповнюючих алгоритмів нанометричної інтерпретації растрово-електронно-мікроскопічних (РЕМ) зображень, отриманих в режимі катодолюмінісценції, вторинних електронів та наведеного струму без апріорного апостоловання виду проєкції 3-D реконструкції мікротопографії поверхонь за багаторкурсними РЕМ-зображеннями та методику використання вейвлет-фільтрації для покращення якості РЕМ-зображень. Результати проведених досліджень показують, що подальше удосконалення методики може стати ефективним засобом для візуалізації та кількісної інтерпретації поверхонь твердих матеріалів

Ключові слова: Растрова електронна мікроскопія (РЕМ), РЕМ-зображення тривимірне моделювання, фільтрація, реконструкція, фільтрація, мікротопографія.

Вступ. В сучасних умовах 3D-реконструкція мікрооб'єкти досліджуваних за допомогою електронної мікроскопії просвічую чого та растрового типів є важливою нанотехнологічною задачею в області матеріало- та металознавства, біології, медицини та ін.

- Тривимірна інтерпретація РЕМ та ПЕМ зображень актуальна при моделюванні фізико-механічних властивостей багатofункціональних матеріалів;
- при застосуванні методів фрактального аналізу у дослідженні структури пористих металічних матеріалів;
- в трибології;
- у дослідженнях розроблюваних за нанотехнологіями нових полімерних та композитних матеріалів;
- для встановлення типів та характеру зломів та ін.

Аналіз останніх публікацій. Проблема морфологічного аналізу передбачає покращення радіометричних (контрастних) характеристик, розпізнавання пор (часток) та застосування коректно-достовірних алгоритмів. Дані питання досить глибоко висвітлені в роботах [1, 5, 16, 17].

В останні роки в дослідженнях з даної проблематики успішно використовують вейвлет-перетворення [3, 4, 18, 19]. Результати, отримані за допомогою таких перетворень, мають більшу інформативність та оперативність, завдяки чому можна безпосередньо обробляти такі РЕМ-зображення як за традиційного підходу аналізувати важко. На сьогодні питанням вейвлет-обробки зображень, отриманих растровою електронною чи скануючою тунельною мікроскопією, присвячено ряд робіт [1, 5, 6, 7, 8]. Питання застосування дискретних осей Вороного детально висвітлено в роботах [13, 14, 15].

Мета. Розробка взаємодоповнюючих алгоритмів нанометричної інтерпретації растрово-електронно-мікроскопічних (РЕМ) зображень, отриманих в режимі катодолюмінісценції, вторинних електронів та наведеного струму без апріорного апостоловання виду проєкції 3-D реконструкції мікротопографії поверхонь за багаторкурсними РЕМ-зображеннями.

Виклад основного матеріалу.

І. Стереолого-морфологічний аналіз РЕМ-зображень.

Подібний аналіз передбачає покращення радіометричних (контрастних) характеристик, ідентифікацію структурних елементів (пор та часток) та застосування коректно-достовірних алгоритмів кількісної інтерпретації РЕМ-зображень [1, 2, 3].

В останні роки в таких дослідженнях успішно використовують вейвлет-перетворення [4, 5]. Результати, отримані за допомогою таких перетворень, мають більшу інформативність та оперативність, завдяки чому можна безпосередньо обробляти такі РЕМ-зображення, які за традиційного підходу аналізувати важко. На сьогодні питанням вейвлет-обробки зображень, отриманих растровою електронною чи скануючою тунельною мікроскопією, присвячено ряд робіт [1, 6, 7, 8].

В теоретичному плані доцільно було б застосувати двовимірні вейвлети. Але через складність аналітичного представлення таких вейвлетів і складність розрахунків ми обмежилися одновимірними вейвлетами. Останні дозволяють суттєво послаблювати контрастні спотворення, в результаті чого більш надійно прослідковуються структурні елементи.

В РЕМ-мікроскопії найбільш важливою є цифрова фільтрація РЕМ-зображень. На практиці цифрова фільтрація зображень вейвлет-перетвореннями дозволяє застосовувати широкий спектр різноманітних вейвлетоутворюючих функцій, найвідомішими з яких є вейвлети Хаара, Добеші, Морле, Майєра, «мексиканський капелюх» [4,9]. Ми скористалися вейвлетоутворюючими функціями Хаара:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & \text{at } 0 \leq t < \frac{1}{2} \\ -1 & \text{at } \frac{1}{2} \leq t < 1 \\ 0 & \text{in other cases} \end{cases} \quad (1)$$

Достатньо високу ефективність застосування вейвлет-перетворень в процесі фільтрації цифрових зображень підтверджується ґрунтовними дослідженнями [3,4].

Виділення скелетного (твердого) компонента структури мікрооб'єктів в растровій електронній мікроскопії (РЕМ) є однією з найбільш складних і актуальних задач стереолого-морфологічного аналізу [10, 11]. Основна проблема пов'язана з неоднозначністю, а в більшості випадків і неможливістю вибору оптимального рівня дискримінації, як це прийнято у широко використовуюваному пороговому методі [1, 2], за якого тверді структурні елементи виділяються на півтоновому зображенні за умов мінімальних спотворень їх розмірів і форми. Найскладніші при цьому є групи близько розміщених один до одного структурних елементів, виділення яких нестійке по відношенню до параметрів бінаризації. Як наслідок, при автоматичному стереолого-морфологічному аналізі такі групи структурних елементів можуть сприйматися як один структурний елемент, а це призводить до суттєвого спотворення результатів аналізу – завищенню числа крупних мікрооб'єктів і заниженню числа більш дрібних.

Тому особливої актуальності набуває задача коректного розподілу конгломератів структурних елементів на складові. Очевидні підходи, пов'язані із застосуванням суперпозиції базових методів математичної морфології, таких як дилатація, ерозія і інші не вирішують даної проблеми [12].

Нами спільно з науковцями МДУ ім. М. В. Ломоносова (Росія) пропонується застосовувати двовимірні полігони Вороного, які базуються на використанні дискретних осей Вороного для граничних точок структурних елементів.

Узагальнений запис діаграм Вороного такий:

$$GP_i = \{x | d(x, i) \leq d(x, j); j \in S, j \neq i\}, \quad (2)$$

де $S = S_1, S_2, \dots, S_n$ = множина n елементів на площині

$d(x, i)$ = найменша евклідова відстань від будь-якої локалізації x в площині до будь-якої точки.

При цьому центральна дискретна вісь Вороного визначається як діаграма Вороного першого порядку для граничних точок на перетині з твірною областю S :

$$DVMA(\hat{B}(S)) \stackrel{def}{=} Vor_1(\hat{B}(S)) \cap S. \quad (3)$$

Відповідно діаграма Вороного другого порядку наступна:

$$DVMA(\hat{B}(S)) \stackrel{def}{=} Vor_1(\Omega) \stackrel{def}{=} p_i \in \Omega \wedge i \neq j H(p_i, p_j), \quad (4)$$

де $H(p_i, p_j)$ = геометричне місце точок із Ω які ближчі до p_i ніж до p_j .

При такому підході центральна дискретна вісь Вороного є плоским графом, кожне ребро якого утворюється парою граничних точок.

Для того, щоб зменшити вплив дрібних деталей границі мікрооб'єкта на форму центральних дискретних осей Вороного, застосовується спеціальна процедура регуляризації отриманого графа з використанням вагових функцій оцінки залишкової різниці. Їх застосування детально висвітлено в роботах [3, 13, 14].

З метою практичної апробації були відібрані декілька зразків дисперсних порошкових матеріалів, виготовлених за принципово новими нанотехнологіями, що базуються на принципі радіальних схем пресування [15]. На рис. 1 приведені РЕМ-мікрофотографії експериментальних зразків, отриманих на РЕМ НІТАСНІ S-800, отриманих в режимах катодоліумінесценції (рис. 1 а) і вторинної електронної емісії (рис. 1 б, в) (збільшення 100, 500 і 2500 крат відповідно). Деякі результати виконаних досліджень відображені на рис. 2, зокрема розподіл пор за площею, периметрами, еквівалентними діаметрами і фактором форми. Зведені результати показані на рис. 2 г.

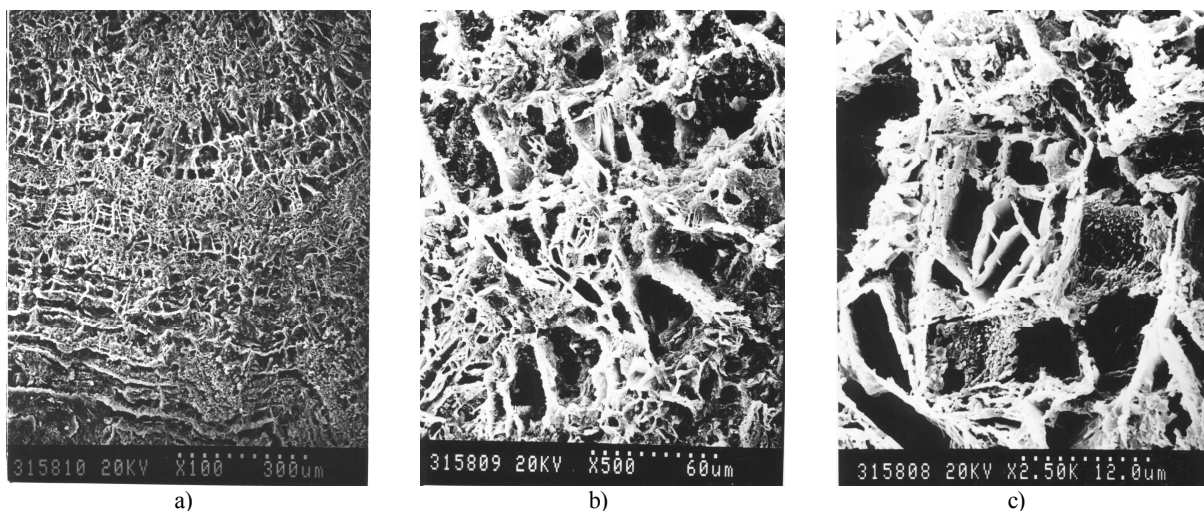
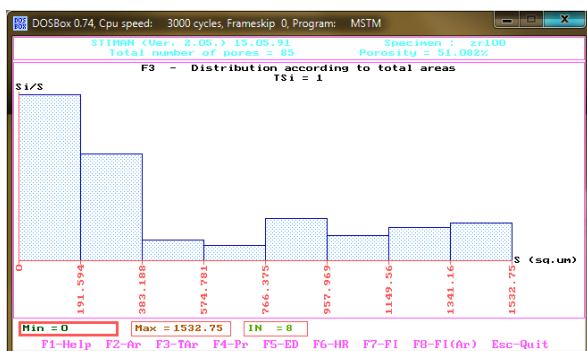


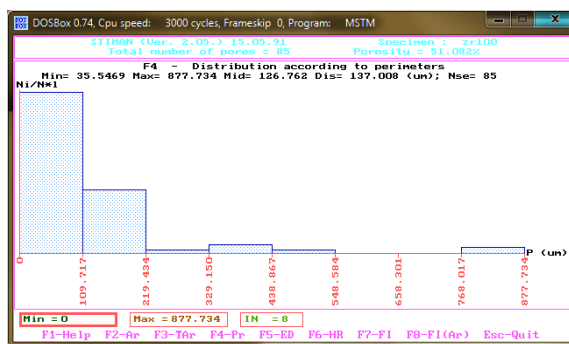
Рис. 1. а, б, в. Мікрофотографії досліджуваного зразка при збільшеннях: а) 100×; б) 500×; в) 2500×

Відповідні обчислення виконані для отримання статистичних параметрів розподілу пор (часток) здійснюється за принципами математичної морфології [5]. При таких обчисленнях аналізується характер покриття РЕМ-зображень масками розміром обчислення статистичних параметрів розподілу пор

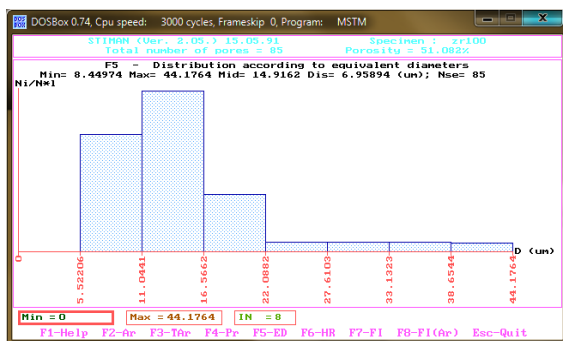
(часток) здійснюється за принципами математичної морфології [5], а саме аналізується характер покриття РЕМ-зображень масками розміром 2×2 : $SQ0, SQ1, SQ2, SQ3, SQ4, SQ5$, де 1,0 – піксели маски що належать, відповідно не належать, досліджуваному



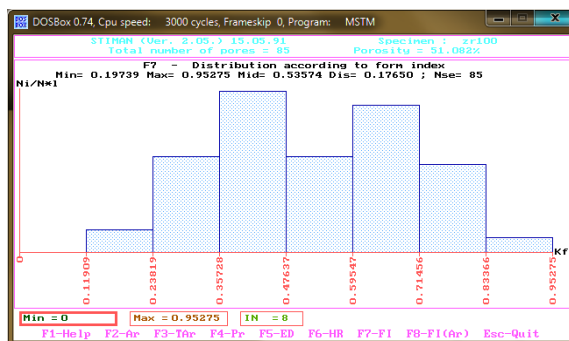
a) гістограма розподілу пор за загальними площами



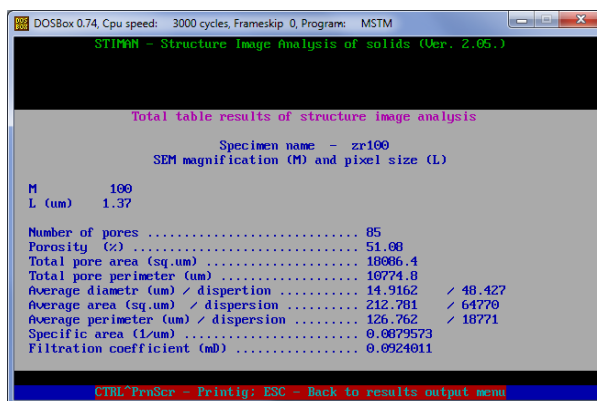
b) гістограма розподілу пор за периметрами



c) гістограма розподілу пор за еквівалентними діаметрами



d) гістограма розподілу пор за фактором форми



g) результати аналізу мікрофотографій

Рис. 2. a, b, c, d, g. Гістограмні ілюстрації обробки мікрофотографії досліджуваного зразка (збільшення 100[×]).

фрагменту PEM-зображення.

Площа A , периметр P і кількість топологічно сполучених компонентів E визначаються наступним чином [15]:

$$A = 1/8n(SQ1) + 1/4n(SQ2) + 7/8n(SQ3) + n(SQ4) + 1/4n(SQ5), \quad (5)$$

$$P = n(SQ2) + 1/\sqrt{2} [n(SQ1) + n(SQ3)], \quad (6)$$

$$E = 1/4n(SQ1) - 1/4n(SQ3) + 1/2n(SQ5), \quad (7)$$

де $n(i)$ – число елементів i на зображенні.

Програмна реалізація стереолого-морфологічного аналізу здійснена у вигляді добре відомого в електронній мікроскопії комплексу програм ПП «STIMAN» та його модифікаціями за участю професора В. Соколова (Росія) [10].

II. Математичний формалізм PEM-фотограмметричної засічки як алгебраїчна задача на власні значення.

В загальному випадку математичний розв'язок задач PEM-стереометрії базується на застосуванні

умови компланарності трьох векторів $(S_1, S_2, S_1m_1, S_2m_2)$, на основі яких складається система рівнянь поправок для визначення координат (S_1, S_2) лінійних кутових елементів взаємного орієнтування. Це значить, що просторові координати точок S_1, S_2, m_1, m_2 задовольняють умові:

$$\phi = \begin{bmatrix} X_{S_1} & Y_{S_1} & Z_{S_1} \\ X_{S_2} & Y_{S_2} & Z_{S_2} \\ X_{m_1} & Y_{m_1} & Z_{m_1} \\ X_{m_2} & Y_{m_2} & Z_{m_2} \end{bmatrix} = 0 \quad (8)$$

Для розв'язання (8) необхідна лінеаризація рівнянь, яка розв'язується за методом найменших квадратів (МНК):

$$\sum_1^n A_i \cdot t_i + l_i = V, \quad (9)$$

$$B \cdot R = \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -b_x \\ -b_y & b_x & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix},$$

де $A_i = \frac{\partial \phi}{\partial t_i}$ – частинні похідні за відповідними

$$b = [b_x b_y b_z]^T$$

невідомими.

Такий підхід можливий при наявності просторових тест-об'єктів, виготовлення яких можливе із застосуванням сучасних нанотехнологій [9].

Інший підхід передбачає розв'язання основної в РЕМ-стереометрії прямої фотограмметричної засічки як алгебраїчної задачі на власні значення. В цьому методі також використовується умова компланарності:

$$S[S_1 m_1]^T \cdot b \cdot R_2 \cdot [S_2 m_2] = 0, \quad (10)$$

де

$$\overline{S_1 m_1} = [x_1 y_1 1]^T$$

$$\overline{S_2 m_2} = [x_2 y_2 1]^T$$

$$B \cdot R = \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -b_x \\ -b_y & b_x & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Відповідно умова взаємного орієнтування матиме вигляд:

$$[S_1 m_1]^T \cdot T \cdot [S_2 m_2] = 0, \quad (14)$$

Позначивши рядки добутку матриць $[S_1 m_1]^T \cdot [S_2 m_2]$ як a_1^T, a_2^T, a_3^T , отримаємо

$$a^T \cdot X = 0, \quad (15)$$

де

$$T \cdot T^T = (B \cdot R) \cdot (B \cdot R)^T = \begin{bmatrix} b_y^2 + b_z^2 & -b_y b_x & -b_z b_x \\ -b_y b_x & b_z^2 + b_x^2 & -b_y b_x \\ -b_z b_x & -b_y b_z & b_y^2 + b_x^2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Із визначення норми і побудови вектора \bar{X} справедливі такі співвідношення:

$$\|X\|^2 = \|T\|^2 = Sp(T \cdot T^T) = 2\|b\|^2 = 2 \quad (18)$$

З урахуванням отриманих співвідношень умова мінімізації має вигляд:

$$\min_X \|A_n X\|^2 \quad (19)$$

В такій постановці умова мінімізації відповідає алгебраїчній задачі знаходження власних значень. Отримавши розв'язок для X можна обчислити матриці R і B .

Визначення оцінки для X рівнозначне визначенню матриці $T \cdot T^T$, тому можна мінімізувати таку очевидну умову:

$$\min_B \|T \cdot T^T + B^2\|^2 \text{ when } \|b\|^2 = 1 \quad (20)$$

Оскільки $Sp(T \cdot T^T - 1)$ не залежить від вектора b і $\|b\|^2 = 1$, то очевидно мінімум досягається, коли власний вектор матриці $(T \cdot T^T - 1)$ або матриці $T \cdot T^T$ відповідає її найменше власне значення.

Представимо базис

$$B = \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -b_x \\ -b_y & b_x & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

і виміряні координати точок m_1 і m_2 відповідними матрицями:

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} x_2 & 0 & 0 \\ y_2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Позначимо $B \cdot R = T$ або

$$a = \begin{bmatrix} x_1 x_2 & x_1 y_2 & x_1 \\ y_1 x_2 & y_1 y_2 & y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

а X визначаються параметри матриці T .

Розв'язання рівняння (15) здійснимо за такою схемою. Нехай компоненти векторів $S_1 m_1$ and $S_2 m_2$ нормовані так, що виконується умова $\|b\|^2 = 1$, а матриця R ортонормована, тобто $R \cdot R^T = 1$. Після нескладних перетворень отримаємо:

Коли відомі матриці T і B , то можна здійснювати наступну мінімізацію:

$$\min_R \|T - BR\|, \quad (21)$$

з якої визначається матриця rotaції R у вигляді власного вектора, що відповідає найменшому власному значенню.

Рішення прямої фотограмметричної засічки в РЕМ як алгебраїчної задачі на власні значення відповідає певним алгоритмам математичної томографії. Така алгоритмізація дозволяє здійснювати більш чітку інтеграцію фотограмметричних і томографічних методів.

III. РЕМ-стереометрія зображень, отриманих в режимі наведеного струму.

В роботі [16] нами запропоновано принципово новий в нанометрії спосіб дослідження приповерхневої топології об'ємних структур твердотілих мікрооб'єктів. Спосіб базується на поєднанні принципів електронної мікротомографії і стереовимірювань [17, 18, 19], і передбачає реконструкцію внутрішньо-об'ємної будови об'єкта за даними енергетичних спектрів відбитих електронів.

Кількісна оцінка архітектури заглиблено-схованих деталей об'єкта проводилася для окремих випадків, обмежених системою плівка – підкладка [15]. Тому має значення спроба здійснити кількісну мікротомографію за наведеними вище алгоритмами.

Важливим моментом є те, що запропонований метод не є простим додаванням переваг двох відомих методів. Їх поєднання відкриває абсолютно інші можливості у наномікроструктурних дослідженнях – одержання точної кількісної інформації про внутрішню структуру твердотілого об'єкта.

Метод стереомікротомографії дозволяє візуалізувати приховані під поверхнею внутрішньооб'ємні деталі (дефекти) мікронеоднорідностей, а також здійснювати кількісну реконструкцію топології об'єкта за глибиною. Це особливо важливо, наприклад, в області мікроелектроніки при діагностуванні багаторівневих мікросхем, а також інших багат шарових об'єктів.

Розглянемо в загальному фізичну суть методу стереомікротомографії в режимі наведеного струму. Вибором прискорюючої напруги РЕМ (тобто глибини виходу відбитих електронів) і відповідного енергетичного вікна спектрометра (положення на енергетичній осі і ширини діапазону енергій детектуючих електронів) досягаються такої ситуації, коли досить чітко спостерігається контрастна картина всіх підповерхневих шарів. При цьому суттєвою умовою є досягнення максимально чіткої взаємної диференціації схованих границь поділу по всій глибині зондованої структури. Для більш точної реконструкції необхідно також враховувати розмиття діаметра електронного зонда по мірі проникнення первинних електронів у приповерхневий шар. Це розмиття, що визначає ви-

сотну (глибинну) роздільну здатність, обернено пропорційне прискорюючій напрузі РЕМ.

Суть експериментальних досліджень наступна. Отримані стереопари в режимі «on-line» переводяться в цифрові. Оцифрування здійснюється за 256 рівнями сигналу з масштабом сканування 512×512 пікселів, а потім обробляється за допомогою модифікації програм ПП «STIMAN» і «Sterecon» [19]. Ця програма складається: із блоку ректифікації, призначеного для компенсації взаємного розвороту і зсуву стереозображень; із блоку ототожнення відповідних елементів на стереозображеннях; із блоку обчислення висот і блоку побудови тривимірних зображень аналізованого об'єкта.

Результатом стереореконструкції є об'ємна цифрова модель приповерхневої мікроструктури багат шарового об'єкта, яка може бути представлена у вигляді тривимірної блок-діаграми, карти ізоліній мікрорельєфу і набору поперечних перерізів вздовж будь-яких заданих напрямків, за якими можна визначити всі розміри аналізованого РЕМ-зображення.

Проілюструємо працездатність запропонованого методу наступним прикладом. На рис. 3 представлені дві мікрофотографії фрагмента тривірневої мікросхеми, які отримані у вторинних електронах на РЕМ JSM-35CF при кутах нахилу 18° і 30° . Прискорююча напруга РЕМ (25кеВ) і енергетичне вікно (10-20кеВ) підбрані так, щоб одночасно було видно всі шари досліджуваної мікроструктури. Відзначимо, що чіткої сепарації заглиблених шарів у цьому випадку здійснити не вдалося, хоча контраст зображень схованих шарів вийшов більш високим, ніж у випадку стереознімання без електронного енергетичного аналізатора.

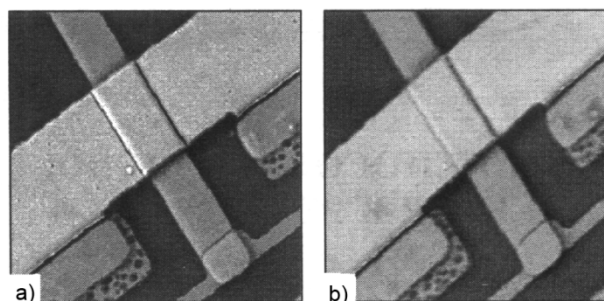


Рис. 3. Стереопара фрагмента багаторівневої мікросхеми, зняті у відбитих електронах при кутах нахилу об'єкта 18° (a) і 30° (b) ($\times 3500$).

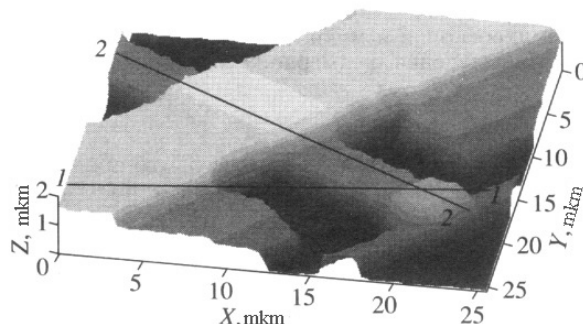


Рис. 4. Тривимірне зображення багат шарового об'єкта, реконструйованого за стереопарою (Рис. 3).

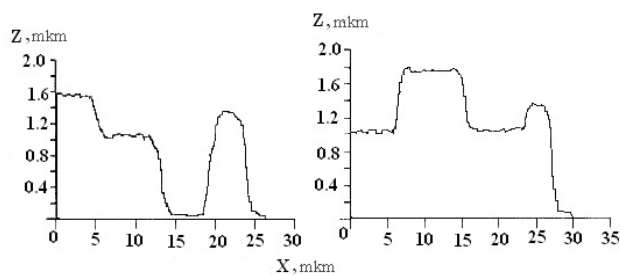


Рис. 5. Профілі розподілу структури мікросхеми по глибині уздовж зрізів ліній 1 і 2 на рис. 4.

Другим очевидним обмеженням тут виявилось те, що поверхневий шар металізації, проміжний оксидний шар і нижній шар підкладки мають дуже мале число дрібних деталей структури, за якими проводиться відлік паралакса. Усі ці артефакти ускладнюють процес коректного відновлення глибинної будови об'єкта. Проте, незважаючи на ці обмеження, вдалося досить якісно реконструювати тривимірну архітектуру об'єкта (рис.4), а також окремі профілі – розподіли структури за глибиною (рис.5). Отримані результати показують, що при подальшому вдосконаленні методу, зокрема, враховуючи зони взаємодії електронів з матеріалом об'єкта, він може стати ефективним засобом візуалізації і кількісної тривимірної реконструкції заглиблених приповерхневих деталей неоднорідного за об'ємом твердотілого об'єкта.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Розроблено та описано взаємодоповнюючі алгоритми нанометричної інтерпретації растрово-електронно-мікроскопічних (РЕМ) зображень, отриманих в режимі катодоліумінесценції, вторинних електронів та наведеного струму.

2. Запропоновано метод, який базується на поєднанні принципів електронної мікротомографії і стереовимірювань, і передбачає реконструкцію внутрішньооб'ємної будови об'єкта за даними енергетичних спектрів відбитих електронів.

3. Подальше удосконалення даної методики бути ефективним засобом для візуалізації та кількісної тривимірної реконструкції заглиблених приповерхневих деталей неоднорідного за об'ємом твердотілого об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА

1. D. M. Tsai and B. Hsiao, 2001, Automatic surface inspection using wavelet reconstruction, Pattern Recognition, vol. 34, pp.1285-1305.
2. Мельник В.М., Рудь В.Д., Мельник Ю.А., 2014, Математичний формалізм стереології порового простору порошкових матеріалів //Международный научно-технический журнал "Порошковая металлургия" (Powder Metallurgy), №1/2 (495).- С.135-141
3. Мельник В.М. Шостак А.В., 2009, Растрово-електронна стереомікрофрактографія: Монографія – РВВ "Вежа" ВНУ ім. Лесі Українки, Луцьк, с. 469.- ISBN 978-966-1532-01-3
4. M. Antonini, M. Barlaud, I. Daubechies, P. Mathieu, 1991, Image coding using vector quantization in the wavelet transform domain, IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp. 2273–2276
5. Serra J., 1992, Image Analysis and Mathematical Morphology.- London: Academic Press., P.329
6. K. Nakamae, M. Chikasa and H. Fujioka, 2007, Estimation of electron probe profile from SEM image through wavelet multiresolution analysis for inline SEM inspection, Image Vision Computing, vol. 25, pp.1117-1123
7. Ососков Г., Шитов А., 1997, Применение вейвлет-анализа для обработки дискретных сигналов гауссовской формы Сообщения объединенного ин-та ядерных исследований, P11-97-347.- Дубна.
8. Ососков Г., Шитов А., 2000, Сравнительные характеристики возможностей вейвлетов первого и второго поколения // Proceedings of 2-nd Int. Conf. "МТСП-2000".- Дубна, 20р.
9. Gackenheim C., Cayman L, Reifenberger R.,2006, Analysis of scanning probe microscope images using wavelet Ultramicroscopy, №3.-р.20-30
10. Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Розгулина О.В., Мельник В.Н., 2002, Автоматизированная система морфологического анализа скелетного компонента микроструктуры по РЭМ-изображениям // Поверхность. Рентген, синхрон. и нейтрон, исслед., № 10. –С. 66-69.
11. Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Разгулина О.В., 1998, Программно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям // Поверхность, № 1. –С. 33-41
12. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А., 1989, Микроструктура глинистых пород. Под ред. Акад. Е.М. Сергеева, Москва, Недра, 209с.
13. R. L. Ogniewicz and M. Ilg, 1992, Voronoi skeletons: Theory and applications, in Proc. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Champaign, Illinois, pp. 63–69.
14. R. L. Ogniewicz, 1993, Discrete Voronoi Skeletons. Konstanz, Germany: Hartung-Gorre Verlag. Revised and extended version of Ph.D. thesis No 9876, ETH-Zurich, Switzerland.
15. V. Rud, Y. Melnyk., 2012, Fracture surfaces stereometry of powder materials Scientific Journal of The Ternopil National Technical University, #4(68), p.58-67
16. Дицман С.А., Дубова О.Л., 1987, Формирование стереоизображения в РЭМ при использовании сигнала наведенного тока. Изв. АН СССР. Сер. физ., Т.51. -№3.- С.497-499.
17. Дицман С.А., Мельник В.Н., Рау Э.Н., Сенов Р., Соколов В.Н., Юрковец Д.И., 2000, Стереомикротомография – новый способ изучения трехмерных микроструктур в РЭМ. Поверхность. Рентген, синхрон. и нейтрон, исслед. № 12. –С. 13-15.
18. Шостак А.В., Мельник В.М., 2009, Метод РЕМ-стереомікротомографії. Зб. Теорет. і експер. иссл. в технологіях сучасного металловедення і машиностроення. – Луцьк.
19. Sokolov V., Yurkovets D., Melnik V., Boyde A., Howell P, 2001, 3D reconstruction of surface and Subsurface structures of Solids by SEM Stereo Images. Inst. Phys. Conf. Dundee, №168. -Section 4. -P. 119-122.

REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED

1. D. M. Tsai and B. Hsiao, 2001, Automatic surface inspection using wavelet reconstruction, *Pattern Recognition*, vol. 34, pp.1285 -1305.
2. Melnik V.M., Rud V.D., Melnik Yu.A, 2014, Matematichnyi formallizm stereologiyi porovogo prostoru poroshkovih materlalliv //Mezhdunarodniy nauchno-tehnicheskij zhurnal "Poroshkovaya metallurgiya" (Powder Metallurgy), #1/2 (495).- S.135-141
3. Melnik V.M. Shostak A.V., 2009, Rastrovo-elektronna stereomikrofraktografiya: Monografiya – RVV "Vezha" VNU Im. Lesi UkraYinki, Lutsk, s. 469.- ISBN 978-966-1532-01-3
4. M. Antonini, M. Barlaud, I. Daubechies, P. Mathieu, 1991, Image coding using vector quantization in the wavelet transform domain, *IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pp. 2273–2276
5. Serra J., 1992, *Image Analysis and Mathematical Morphology*.- London: Academic Press., P.329
6. K. Nakamae , M. Chikasa and H. Fujioka, 2007, Estimation of electron probe profile from SEM image through wavelet multiresolution analysis for inline SEM inspection, *Image Vision Computing*, vol. 25, pp.1117 -1123
7. Ososkov G., Shitov A., 1997, Primenenie veyvlet-analiza dlya obrabotki diskretnyih signalov gaussovskoy formy Soobscheniya ob'edinennogo in-ta yadernyih issledovaniy, R11-97-347.- Dubna.
8. Ososkov G., Shitov A, 2000, Sravnitelnyie harakteristiki vozmozhnostey veyvletov pervogo i vtorogo pokoleniya // *Proceedings of 2-nd Int. Conf. "MTCР-2000"*.- Dubna, 20p.
9. Gackenheimer C., Cayman L, Reifenberger R.,2006, Analysis of scanning probe microscope images using wavelet Ultramicroscopy, №3.-p.20-30
10. Sokolov V.N., Yurkovets D.I., Rozgulina O.V., Melnik V.N., 2002, Avtomatizirovannaya sistema morfologicheskogo analiza skeletnogo komponenta mikrostrukturyi po REM-izobrazheniyam // *Poverhnost. Rentgen., sinhron. i neytron*, issled., # 10. –S. 66-69.
11. Sokolov V.N., Yurkovets D.I., Razgulina O.V., 1998, Programmno-apparatniy kompleks dlya issledovaniya mikromorfologii poverhnosti tverdyih tel po REM-izobrazheniyam // *Poverhnost*, # 1. -S. 33-41
12. Osipov V.I., Sokolov V.N., Rummyantseva N.A., 1989, Mikrostruktura glinistyih porod. Pod red. Akad. E.M. Sergeeva, Moskva, Nedra, 209s.
13. R. L. Ogniewicz and M. Ilg, 1992, Voronoi skeletons: Theory and applications, in *Proc. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, Champaign, Illinois, pp. 63–69.
14. R. L. Ogniewicz, 1993, *Discrete Voronoi Skeletons*. Konstanz, Germany: Hartung-Gorre Verlag,. Revised and extended version of Ph.D. thesis No 9876, ETH-Zurich, Switzerland.
15. V. Rud, Y. Melnyk., 2012, Fracture surfaces stereometry of powder materials *Scientific Journal of The Ternopil National Technical University*, #4(68), p.58-67
16. Ditsman S.A., Dubova O.L., 1987, Formirovanie stereozobrazheniya v REM pri ispolzovanii signala navedennogo toka. *Izv. AH CSSP. Ser. fiz., T.51. -#3.-S.497-499.*
17. Ditsman S.A., Melnik V.N., Rau E.N., Senov R., Sokolov V.N., Yurkovets D.I., 2000, Stereomikrotomografiya – novyyi sposob izucheniya trehmernyih mikrostruktur v REM. *Poverhnost. Rentgen., sinhron. i neytron*, issled. # 12. –S. 13-15.
18. Shostak A.V., Melnik V.M., 2009, Metod REM-stereomikrotomografiyi. *Zb. Teoret. i eksper. issl. v tehnologiyah sovremennogo metallovedeniya i mashinostroeniya. – Lutsk.*
19. Sokolov V., Yurkovets D., Melnik V., Boyde A., Howell P, 2001, 3D reconstruction of surface and Subsurface structures of Solids by SEM Stereo Images. *Inst. Phys. Conf. Dundee, №168. -Section 4. -P. 119-122.*

Integrative methodology of nanometric interpretation of sem-images assessment received in the regime of cathode luminescence and secondary electron emission

Melnyk V., Shostak A., Melnyk Y.

Abstract. development of complementary algorithms for nanometric interpretation of sem-images, which obtained in cathode luminescence mode, secondary electrons and induced current, without a priori definition of projection type of 3-d micro topography reconstruction of surfaces by multiperspectival rem-images is considered in this article. The method is based on a combination of the principles of electronic micro tomography and stereo measurements, and it propose for reconstruction of the object inside volume structure according to the energy spectrum of reflected electrons. The results show that further improvement of the method it can be an effective tool for visualization and quantification of three-dimensional reconstruction of the surface depth details by volume of inhomogeneous solid object.

Keywords: SEM, 3-D reconstruction, Voronoi diagram, stereometry, reconstruction, microtomography

Интегративная методология нанометрической интерпретации оценки РЭМ изображений, полученных в режиме катодолюминесценции и вторичной электронной эмиссии

В. Мельник, А. Шостак, Ю. Мельник

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки взаимодополняющих алгоритмов нанометрической интерпретации растрово-электронно-микроскопических (РЭМ) изображений, полученных в режиме катодолюминесценции, вторичных электронов и наведенного тока без априорного апостулирования вида проекции 3-D реконструкции микротопографии поверхностей, полученных с помощью многокурсных РЭМ-изображениями и методику использования вейвлет-фильтрации для улучшения качества РЭМ изображений. Результаты проведенных исследований показывают, что дальнейшее совершенствование методики может стать эффективным средством для визуализации и количественной интерпретации поверхностей твердых материалов

Ключевые слова: Растровая электронная микроскопия (РЭМ), РЭМ-изображение трехмерное моделирование, фильтрация, реконструкция, микротопография.

PHYSIOLOGY

Гидростатический фактор кровообращения в биоритмологическом обеспечении здоровья и работоспособности у спортсменов

Е. Н. Гречко*, А. Н. Демин, А. А. Кузнецов

Запорожский национальный университет, г. Запорожье, Украина

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

Paper received 24.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Аннотация. Статья посвящена изучению особенностей циркадианного ритма и механизмов его формирования у спортсменов и неспортсменов. Оценка суточного ритма проводилась по изменению показателей кровотока кожи в условиях естественного двигательного режима. У людей, не занимающихся спортом динамика кровотока кожи максимальна в дневное и минимальна в ночное время. У спортсменов суточная регуляция кровотока кожи представлена максимальным увеличением во временные периоды, соответствующие выполнению физических нагрузок. При этом фиксируется уменьшение различий кровотока кожи в дневное и ночное время.

Ключевые слова: циркадианный ритм, кровоток кожи, физическая нагрузка.

Введение. Многие процессы в организме человека подчинены суточным колебаниям и одними из наиболее четких показателей зависимости суточного режима являются показатели кровообращения. Следует учитывать, что в жизнедеятельности спортсменов наряду со световым режимом, режимом питания и режимом двигательной активности суточный ритм проявляется в характере динамики показателей, как центрального кровообращения, так и реакций периферических сосудов [1-3].

Для спортсменов, в силу специфики их деятельности наибольший интерес представляет гемодинамическое обеспечение физических нагрузок. Известные модели тренировочных нагрузок обычно не связываются с физиологическими реакциями организма, а направлены исключительно на выполнение практических задач повышения общей и специальной физической работоспособности [4].

Представляет определенный интерес изучение динамики изменений показателей системного кровообращения, как в аспекте изучения циркадианных особенностей, так и в процессах адаптации этих изменений к постоянно воспроизводимым и имеющим четкую привязку ко времени суток тренировочным физическим нагрузкам [5-7].

Следует отметить, что если по изменениям суточных показателей центрального кровообращения, таких как ЧСС, АД, СОК, МОК имеются достаточно многочисленные, но не систематизированные данные, то по динамике показателей периферического кровообращения, а именно кровотока кожи, являющегося основным маркером оптимальности терморегуляционного обеспечения организма как неспортсменов, так и спортсменов, такие данные практически отсутствуют. Тем более, нет данных о возможном сходстве или характере различий у людей, занимающихся и не занимающихся спортивной деятельностью [8-10].

В связи с вышеизложенным, целью проведенного нами биоритмологического исследования является изучение суточной динамики показателей периферического кровообращения у людей, занимающихся и не занимающихся спортом.

Задачи исследования:

1. Изучение и анализ показателей периферическо-

го кровообращения у людей, не занимающихся спортом на протяжении суток в условиях естественной двигательной активности.

2. Изучение и анализ показателей периферического кровообращения у людей, занимающихся спортом на протяжении суток в условиях естественной и тренировочной активности.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе факультета физического воспитания Запорожского национального университета. Были обследованы 6 спортсменов-легкоатлетов высокой квалификации в возрасте 18-23 лет и 10 лиц, не занимающихся спортом.

Все исследования проводились на протяжении суток в условиях естественного для каждого обследуемого режима суточной активности.

Кровоток кожи по измерению электрокожной проводимости (ЭП) регистрировался с помощью прибора SCM-101 (Польша). Измерения показателей производились с интервалом в 1 час.

При измерении показателей электрокожной проводимости учитывалось положение тела (горизонтальное или вертикальное) на момент обследования.

Полученные данные обрабатывались статистически с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные позволяют проследить циркадианную динамику по группе неспортсменов и они представлены на рис.1. Как видно из графика, наблюдается однонаправленная динамика изменений кровотока кожи у всех обследуемых. Хорошо видна ограниченность кровотока кожи в ночные часы с тенденцией к его увеличению при пробуждении и изменении положения тела на вертикальное.

Также хорошо заметно снижение кровотока кожи после приема пищи, что соответствует 8-9 часам утра. Затем величины кровотока стабилизируются до дневного приема пищи, на фоне которого наблюдается следующее снижение кровотока кожи (с 14.00 до 16.00).

В дальнейшем наблюдается плавное снижение кровотока кожи, вплоть до перехода ко сну.

Обращает на себя внимание стабильность кровотока кожи в дневное время у всех обследуемых вне зависимости от режима жизнедеятельности и двигательной активности. В то же время хорошо видна

разница в величинах кровотока кожи в дневное и ночное время, что отражает помимо различной

интенсивности двигательного режима еще и различные механизмы регуляции системного крово-

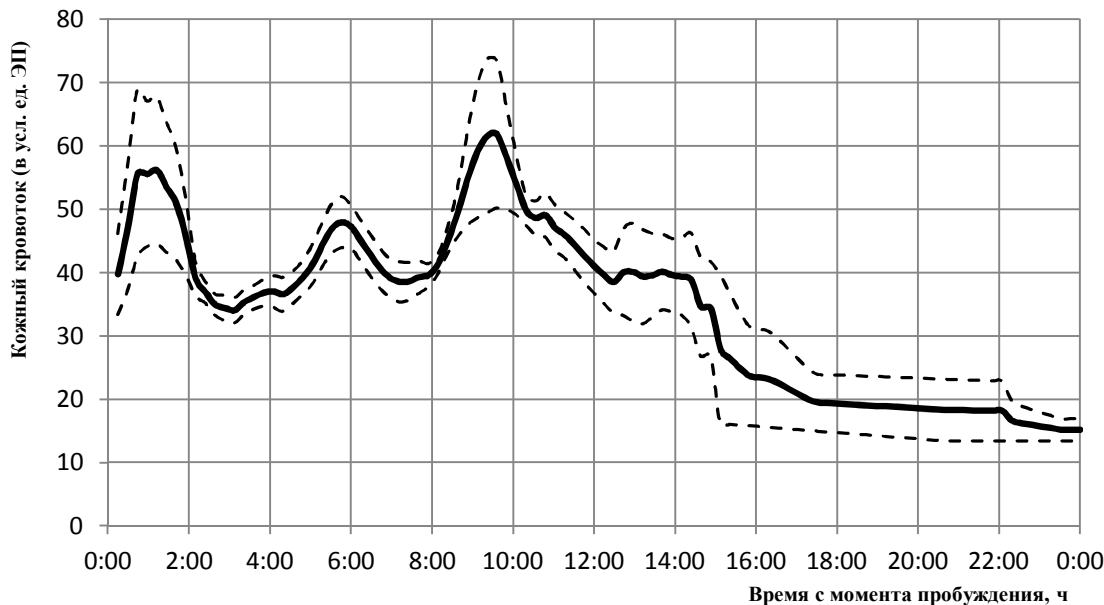


Рис. 1. Суточная динамика кровотока кожи у людей, не занимающихся спортом, в условиях естественной двигательной активности

*Примечание: а) пунктирной линией обозначена стандартная ошибка (m)
б) время измерения по оси x исчисляется с момента пробуждения

обращения в положениях стоя и лежа.

При анализе суточного режима действующих спортсменов высокого уровня (мастера спорта) обращает на себя внимание следующий факт: при сохранении тенденции к снижению кровотока кожи в вечерние, и особенно в ночные часы и увеличению его в течение дня, в отличие от людей не занимающихся спортом, четко виден прирост кровотока кожи в часы, соответствующие режиму повышенной

двигательной активности, которая соответствует времени тренировок (рис.2).

На рисунке 2 показана динамика кровотока кожи в течение суток у двух спортсменов с двухразовым режимом тренировок. Хорошо виден прирост кровотока кожи в период времени, соответствующий 9.00-11.00 и 14.30-16.00 часам. Данные временные периоды соответствуют обычному времени тренировочных нагрузок у данных спортсменов.

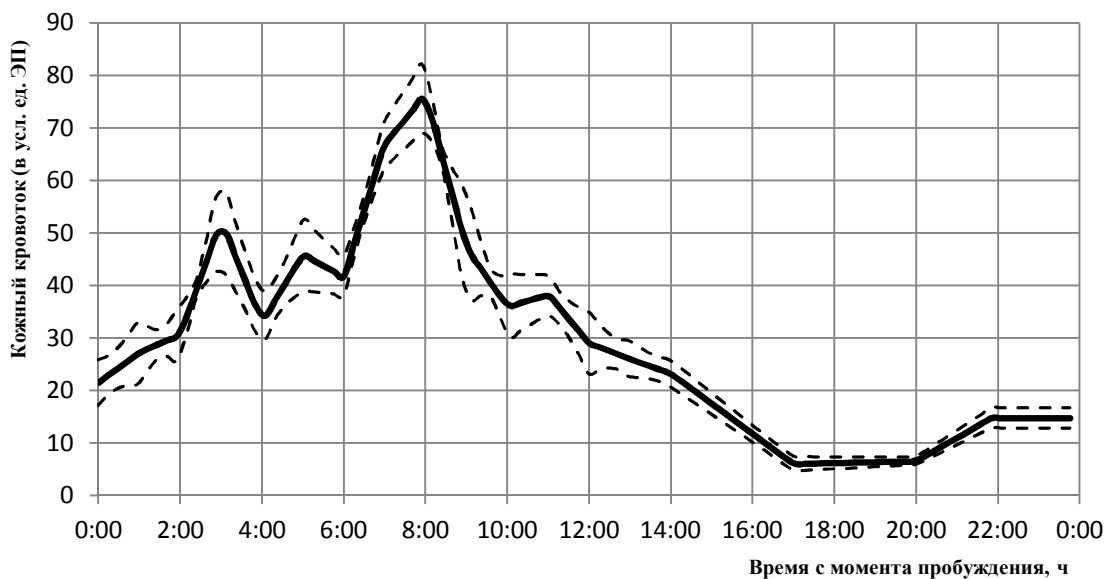


Рис. 2. Суточная динамика кровотока кожи у спортсменов с двухразовым режимом тренировок

*Примечание: а) пунктирной линией обозначена стандартная ошибка (m)
б) время измерения по оси x исчисляется с момента пробуждения

В то же время у четырех спортсменов с трехразовым режимом тренировок наблюдается 3 пика активности в соответствии со временем тренировоч-

ных нагрузок с 7.00 до 8.00, с 14.00 до 15.00, с 19.00 до 20.00 (рис.3).

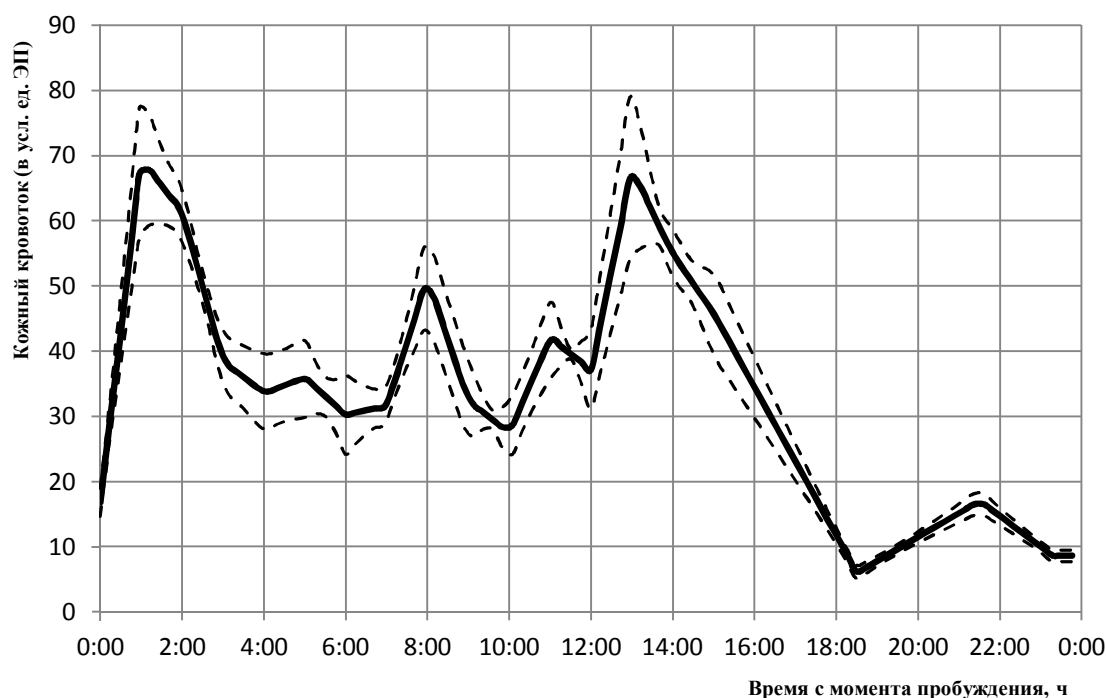


Рис. 3. Суточная динамика кровотока кожи у спортсменов с трехразовым режимом тренировок

*Примечание: а) пунктирной линией обозначена стандартная ошибка (m)

б) время измерения по оси x исчисляется с момента пробуждения

Общей тенденцией для активно тренирующихся спортсменов является отсутствие достоверного снижения кровотока кожи на фоне приема пищи, которые было заметно у людей, не занимающихся спортом. Кроме того, если исключить выраженный прирост кровотока кожи в часы, соответствующие тренировочным занятиям, то можно наблюдать менее выраженные различия между кровотоком кожи в ночное и дневное время. Особо следует подчеркнуть, что измерения циркадианного ритма, проводилось в те дни, когда у спортсменов не было тренировочных нагрузок. Соответственно можно предполагать, что у них сформировался определенный стереотип реактивности по кровотоку кожи, который воспроизводится вне зависимости от того, выполняется в этот день физические нагрузки или нет. Представляется, что при стабильных и интенсивных тренировках прирост по кровотоку кожи в соответствующие временные отрезки достигает максимума и сохраняется, постепенно редуцируясь в случае прекращения тренировочных занятий по тем или иным причинам.

Выводы.

1. Полученные данные циркадианной динамики кровотока кожи у спортсменов и неспортсменов свидетельствуют о высоких информативных возможностях данного показателя.

2. С помощью измерения кровотока кожи можно четко увидеть количественные и качественные различия регуляции периферического кровообращения в дневные и ночные часы, а также при различном положении тела (лежа, стоя).

3. Показатели кровотока кожи у неспортсменов

указывают на выраженные различия в интенсивности кровотока кожи в дневные и ночные часы. Имеет место хорошо видимое снижение кровотока кожи на фоне приема пищи. На фоне стабильной и высокой двигательной активности наблюдается в целом стабильный уровень кровотока кожи в дневное время.

4. Исследования суточной динамики кровотока кожи у спортсменов указывают на формирование специфического стереотипа реактивности, который заключается в увеличении кровотока кожи большей или меньшей степени выраженности в часы, соответствующие тренировочным нагрузкам вне зависимости от того, имеет ли место тренировочные нагрузки на момент измерения или нет. Наблюдается более стабильный и низкий, чем у людей, не занимающихся спортом уровень кровотока кожи в часы естественной двигательной активности. Имеют место меньшие количественные различия кровотока кожи в дневные и ночные часы.

5. При сравнительном анализе суточной динамики кровотока кожи у неспортсменов и спортсменов наблюдается тенденция формирования высокоспецифического алгоритма реактивности у спортсменов, которая заключается в превентивном увеличении кровотока кожи для выполнения физических нагрузок большого объема и высокой интенсивности. Кроме того, можно предполагать, что относительное сглаживание различий между величинами кровотока кожи у спортсменов в дневные и ночные часы отражает общую тенденцию к экономизации физиологических функций, имеющую место и в других функциональных системах организма спортсмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неборский С.А. Антропфизиологический подход в биоритмологическом обеспечении здоровья / С.А. Неборский, Г.С. Белканиа, К.С. Неборская // Вестник спортивной науки. – 2012. – №2. – С. 39–43.
2. Савка Ю.М. Особливості гемодинамічного забезпечення дозованих фізичних навантажень в залежності від типу саморегуляції кровообігу : Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ю. М. Савка. – К., 2001. – 17 с.
3. Комаров Ф.И., Раппопорт С.И., Артемьева О.А., Бувальцев В.И. Хронобиологические аспекты изучения сердечно-сосудистой системы // Терапевтический архив. – 1990. – Т. 62, 4. – С. 151–155.
4. Малахова С.Н. Сравнительный анализ показателей центральной гемодинамики и физической работоспособности у футболистов различной спортивной квалификации / С.Н. Малахова. // Запорожский медицинский журнал. – 2015. – №2 (89). – С. 28–29.
5. Мельник С.Н. Состояние центральной гемодинамики молодых людей в зависимости от типа кровообращения при физических нагрузках / С.Н. Мельник, Е.С. Сукач, О.Г. Савченко. // Проблемы здоровья и экологии. – 2014. – №3 (41). – С. 116–120.
6. Belkania G., Klossovski M., Tkaczuk W., Puchalska L. New approach in evaluation and optimization of health in sportsmen – general anthropophysiological justification // Polski Przegląd Medycyny Lotniczej – 2000. –V. 6. – № 4. P. 331–343.
7. Puchalska L., Bielkania G. Podstawa antropofizjologiczna zmian hemodynamicznych podczas dynamicznego wysiłku fizycznego // Medycyna Sportowa / Polish Journal of Sports Medicine. – 2002. – V. 18. – № 7. – P. 291–292.
8. Белканиа Г.С., Клоссовски М., Ткачук В.Г., Пухальска Л. Гемодинамическая классификация состояния здоровья и антропфизиологическая характеристика кровообращения у спортсменов // Вестник Балтийской педагогической академии. Актуальные научно-педагогические проблемы. – СПб., 2002. – Вып. 44. – С. 9–20.
9. Коваленко С.О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей : Автореф. дис. ... докт. біол. наук / С.О. Коваленко. – К., 2011. – 36 с.
10. Holowatz L. Peripheral mechanisms of thermoregulatory control of skin blood flow in aged humans / Lacy A. Holowatz, W. Larry Kenney. // Journal of Applied Physiology Published. – 2010. Vol. 109. – №5. – P. 1538–1544.

REFERENCES

1. Neborsky S.A. Anthropophysiological approach in biorythmological providing of health / S.A. Neborsky, G.S. Belkania, K.S. Neborsky // Vestnik sportivnoy nauki. – 2012. – №2. – S. 39–43.
2. Savka J.M. Hemodynamic provision peculiarities of dosed physical loadings depending on a type of blood circulation self-regulation : Avtoref. dis. ... kand. med. nauk / J.M. Savka. – K., 2001. – 17 s.
3. Komarov F.I., Rappoport S.I., Artem'eva O.A., Buvaltzev V.I. Chronobiologic aspects of cardiorespiratory system study // Terapevticheskij arhiv. – 1990. – V. 62. – № 4. – P. 151–155.
4. Malaxova S.N. Comparative analysis of central hemodynamics and physical performance in football players of various sports qualifications / S.N. Malaxova. // Zaporozhskij medicinskij zhurnal. – 2015. – №2 (89). – S. 28–29.
5. Melnik S.N. The parameters of central hemodynamics in young people depending on the type of blood circulation during physical exercise / S. N. Melnik, E. S. Cukach, O. G. Savchenko. // Problemy zdorovyia i ekologii. – 2014. – №3 (41). – S. 116–120.
6. Belkania G., Klossovski M., Tkaczuk W., Puchalska L. New approach in evaluation and optimization of health in sportsmen – general anthropophysiological justification // Polski Przegląd Medycyny Lotniczej. – 2000. –V. 6. – № 4. P. 331–343.
7. Puchalska L., Bielkania G. Podstawa antropofizjologiczna zmian hemodynamicznych podczas dynamicznego wysiłku fizycznego // Medycyna Sportowa / Polish Journal of Sports Medicine. – 2002. – V. 18. – № 7. – P. 291–292.
8. Belkania G.S., Klossovski M., Tkachuk V.G., Pukhalska L. Hemodynamic health state classification and anthropophysiological characteristic of blood flow in athletes // Vestnik Baltijskoi pedagogicheskoi akademii. Aktualnye nauchno-pedagogicheskie problemy. – Spb., 2002. – Ed. 44. – P. 9–20.
9. Kovalenko S.O. Regulatory Rhythms of Haemodynamics and Their Individual Peculiarities at People : Avtoref. dis. ... doct. med. nauk / S.O. Kovalenko. – K., 2011. – 36 s.
10. Holowatz L. Peripheral mechanisms of thermoregulatory control of skin blood flow in aged humans / Lacy A. Holowatz, W. Larry Kenney. // Journal of Applied Physiology Published. – 2010. Vol. 109. – №5. – P. 1538–1544.

Circulation hydrostatic factor in biorythmological maintenance of health and physical efficiency in athletes

Grechko E., Dyomin A., Kuznetsov A.

Abstract. The article examines the characteristics of circadian rhythm and the mechanisms of its formation in athletes and non-athletes. The circadian rhythm evaluation was carried out by changes in skin blood flow rates in natural motor mode. The dynamics of the skin blood flow in those people who are not involved in sports is maximum in the daytime and minimum at night. Daily regulation of skin blood flow in athletes is represented by the maximum increase within the periods of time when physical activity is being done. Whereas, the reduction in differences between the daytime skin blood flow and the night-time one is being fixed.

Keywords: circadian rhythm, skin blood flow, physical activity.

TECHNICAL SCIENCES

Graph visualization in a heterogeneous environment by means of algebra algorithms

T. M. Basyuk¹, A. S. Vasylyuk²

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

* Corresponding author. E-mail: Taras.M.Basyuk@lpnu.ua¹, Andrii.S.Vasylyuk@lpnu.ua²

Paper received 12.05.2016; Accepted for publication 25.05.2016.

Annotation. In the article the peculiarities of graphs visualization procedures on the plane by using algebra of algorithms is provided. Conducted study showed the lack of means of graphs visualization that would provide the possibility of their implementation in a heterogeneous environment. Taking it into consideration, the authors were proposed to use algebra algorithms that provided means of abstract algorithm synthesis and contributed to the creation of mathematic software for visualization of graphs. Developed models provide the necessary basis for design of visualization graphs system and proposed profiles adapt chosen approach for the operation in heterogeneous environments.

Keywords: visualization, open system, graph, unitherm, sequence, elimination.

Introduction. The general statement of the problem.

The functioning of modern data visualization systems is performed in variable conditions, in which the speed of operator response is the important factor. In particular, in the process of processes control indicated parameter is directly affecting the speed of reasoned decision-making, and therefore the quality of the final result. Therefore, the accuracy of the findings, which imposes a set of restrictions on the process of reflection and the used methods depend on the visualization time and quality of obtained image. While designing data visualization system, usually the set of technological processes appears in the form of two-dimensional data structures – graphs, which are set by using the matrix representation [1]. However, this feature of such task is the creation of set of equivalent images that are similar in structure but different in relations presentation [2]. As a result of the study on the effectiveness of graphs presentation on the plane turned out that the most effective images that meet the criteria are given in the work [3]. Namely the following is determined: uniformity of location; the minimum number of mutual intersections of arcs; inadmissibility of plane tops intersection; minimum area if generated image.

Another feature of the task of data visualization is the modern hardware as well as software, which tends to be functional integration, the hallmark of which is the union of heterogeneous information resources into a single integrated system [4]. Using this approach identified a new area of design of architecture and structure of software applications running in heterogeneous environments and implemented the concept of open systems. Ensuring the interaction between the individual elements contributed to the set of basic standards and methodologies. However, a special feature of any software created to operate in a heterogeneous environment is to respect the so-called profiles as basic tools of functional standardization [5]. In turn, the increasing complexity of such systems requires the use of additional requirements to design methods and tools. While designing such a system, it is necessary to find a solution that allows for interaction services that are governed by different operating systems, which is an extremely difficult task. Thus, the use of classical instruments does not always lead to good results, so the use a special device is proposed –

algebra of algorithms [7]. This tool provides an accurate description of the algorithm, means of minimizing and optimization the number of unitherns and reduces the cost of implementing algorithms and thus research performance [8]. Given that, means of algorithms algebra were selected to create mathematic soft-ware of data visualization process in a heterogeneous environment.

Relation of highlighted issue to important scientific and practical tasks. Development of mathematic software of data visualization process is a complex scientific and practical problem, which is in the form of two sub-tasks – forming of algorithm visualization using algebra algorithms and their visualization of on the plane. Thus, the display should be in accordance with the display criteria [3] and meet the features of construction and operation in a heterogeneous environment.

These tasks are important as they directly affect both the opportunity of functioning of created software in heterogeneous environments and the quality of created graphs images. The implementation of the described issues is a complex process, in the course of which it is necessary to apply advanced unit and operations of algebra algorithms to optimize mathematic software system. The solution of the scientific and practical tasks will help standardize the process of graphs visualization with subsequent operation in heterogeneous environments and provide the necessary apparatus with known methods of adaptation to the tasks of building data visualization in accordance with the proposed profiles.

Analysis of recent research and publications. Today, while designing heterogeneous display systems, the following forms of presentation are used UML diagrams, graph models and flow charts. UML diagrams are used to describe a unified software development process and represent an open standard that uses a graphical notation to create an abstract model of the system [5]. The main purpose of the application of graph models, is a reflection of relations between the technological objects, including model evaluator that implements the functional algorithm adopted to be represented as a graph in which the tops represent function or operators of algorithm, and the arcs – dependencies on data and management [6]. Block diagrams perform the representation of the task for its analysis or solution using special characters (geometric

primitives), which represent items such as transaction flows, etc. [4]. Thus, visualization of algorithms block diagrams and UML diagrams do not cause much difficulty and provide set of software tools, including: AllFusion Process Modeler, Eclipse Modeling Framework, WizFlow Flowcharter, Umbrello UML Modeller, so graphs visualization is fundamentally different. Since this structure served to render in matrix form and does not contain information about the spatial layout. This situation promotes the appearance of set of equivalent images that are identical with structure but different in perception [9].

Known methods of visualization [2,6,10] in bulk is not designed for correct display matrix structures as: the quality perception created images and their final sizes is not consider. In addition, existing methods do not include means from the proposed unification of approaches to different types of hardware and software platforms. [11] Therefore, the actual problem is the development of mathematic software of graphs visualization process in a heterogeneous environment using algebra algorithms.

The main objectives of the study and their significance. The adaptation of software process of graphs visualization presented in the form of matrix models for the operation in a heterogeneous environment is the goal of research. The study will provide the means of constructing graph on the plane according to the known criteria of reflection and standards of open systems construction [11]. The use of open systems facilitates a possible adaptation of established software units to operate in a heterogeneous environment. To achieve this goal it is necessary to solve the following main tasks: to adapt the known methods for visualization of graphs to the problems of building cross-platform applications and algorithms to synthesize abstract arrangement of tops and even permutations for graphs "tree." Results of the study solve actual problem of mathematic software process of graphs visualization for the operation in a heterogeneous environment.

The main research results. In general, the process of graphs visualization consists of the following stages: the location of the tops on the plane, determination of distances between tops, mapping arcs between individual tops and display of identification tags. As it was shown by conducted analysis, imaging techniques and approaches towards the solution of this scientific and practical tasks, the use of methods and models proposed in the paper is appropriate [9,12]. Which from the one side implement procedures for rapid creation of optimal graph images in terms of perception, on the other hand - require the use of innovative approaches towards building software modules and their subsequent functioning in heterogeneous environment.

Location of graph tops. According to the chosen method [9,12], the choice of which depends on the type of graph that visualizes the total programming model using algebraic algorithms the sequential method that consists of two stages is performed: synthesis and elimination sequences.

Synthesis of sequences. Sequence – unitherm or formula is intended to describe linear sequences. The main elements of sequence operation are two unitherns and punctuation mark (, or ;), which is responsible for the characteristics of unitherm commutativity [6]. Given that, at the location of graph tops the introduction of the adjacency matrix (unitherm $Msum$) is held at the beginning. The next step is to identify the type of graph (unitherm $T(g)$), the image of which is formed as a result of visualization. In accordance with the identified type the coordinates of graph tops are determined (unitherm $C(Op)$) and the coordinates of the other tops in line (unitherm CIj). If the number of tops exceeds the number of tops of the line, the remaining tops are located in the following lines according to the type of graph and are remembered by their coordinates. At the end of work the images of located tops are displayed according to their numbers. These processes are described in the following sequence (1):

$$S1 = \overbrace{(T(g), C(Op), C(Ij), Pr(g))} \tag{1}$$

$$S2 = \overbrace{(T(g), C(Op), C(Ij), L4)} \tag{1}$$

Location of tops, if it takes more than one line is described by the sequence S3 (2):

$$S3 = \left(\begin{array}{l} j=j+1 \\ , \\ C(j) \\ , \\ Pr(g) \end{array} \right) \tag{2}$$

Synthesis elimination. Elimination – unitherm or formula of algebra algorithm for the description of branching (conditional tops) and cyclic operations [7,13]. Two unitherns and unitherm of conditions are the main

elements of elimination operation. In order to describe the algorithm, the verification condition of the value of the graph is described by eliminations $L2$ and $L4$ (3):

$$L2 = \left| \overline{S1 ; S2 ; u_2 - ?} \right| \tag{3}$$

$$L4 = \left| \overline{\mathcal{L} j=j+1 ; Pr(g) ; S3 ; j - ?} \right| \tag{3}$$

After sequences substitution in the corresponding elimination the initial abstract algorithm of tops location is obtained (4):

$$\left(\begin{array}{l} Msum \\ \hline \left(\begin{array}{l} T(g) \\ C(Op) \\ C(lj) \\ Pr(g) \end{array} ; \left(\begin{array}{l} T(g) \\ C(Op) \\ C(lj) \\ L4 \end{array} ; u_2 - ? \right) ; * ; u_1 - ? \end{array} \right) \quad (4)$$

Algebra of algorithms contains means for optimization of abstract formulas of algorithms that allows performing minimization, as by the number unithersms and by moving unithersms beyond operation marks. After the optimization

based on the principle of distributive, [7] unithersms are specified as marks of elimination operation, resulting in optimized abstract algorithm of tops location (5):

$$\left(\begin{array}{l} Msum \\ T(g) \\ C(Op) \\ C(lj) \\ \hline \left(\begin{array}{l} * ; \left(\begin{array}{l} \emptyset \\ j=j+1 \end{array} \right) ; u_2 - ? \\ * ; C(j) ; j - ? \end{array} \right) ; * ; u_1 - ? \\ Pr(g) \end{array} \right) \quad (5)$$

The result of the location of graph tops on the plane is a list of centers coordinates (Xi, Yi) and labels (Xm, Ym) of all tops, which are described in an abstract algorithm (5) by unithersms $C(Op)$, $C(lj)$, $C(j)$.

of display criteria is performed [3]. Initially, the possibility of arcs as straight is modelled and those are detected, which are mutually intersected. Next, using the method of [9] the procedure for reduction of the number of crossings is performed. Check on k -tier line usage is performed in sequences $S1$ and $S2$ and elimination $L1$ (6):

Display of connections between graph tops. After the location of tops the procedure of linkages with provision

$$S1 = \left(\begin{array}{l} SortJ(k) \\ P1(k) \end{array} \right) \quad S2 = \left(\begin{array}{l} SortR(k) \\ P12(k) \end{array} \right) \quad (6)$$

$$L1 = \left(\begin{array}{l} S1 ; S2 ; u_1 - ? \end{array} \right)$$

Check for increasing the number of arcs is described by elimination (7):

$$L2 = \left(\begin{array}{l} V(R) ; * ; u_2 - ? \end{array} \right) \quad (7)$$

Even permutations in the graph "tree" are described by elimination $L3$ (8):

$$L3 = \left(\begin{array}{l} \left(\begin{array}{l} k=k+1 ; * ; u_5 - ? \end{array} ; \left(\begin{array}{l} * ; \left(\begin{array}{l} j=j+1 ; u_6 - ? \\ V(j) \end{array} \right) ; u_4 - ? \end{array} \right) ; N(v) ; u_3 - ? \end{array} \right) \quad (8)$$

and sequence $S3$ (9):

$$\left(\begin{array}{l} k=3 \\ \overline{V_k, V_{k-1}} \\ PrD \\ Sp \\ Per? \\ L1 \\ L2 \\ L3 \end{array} \right) \tag{9}$$

After substituting the sequences in the appropriate eliminations the initial abstract algorithm (10) of paired permutations for graphs "tree" is obtained.

$$\left(\begin{array}{l} k=3 \\ \overline{V_k, V_{k-1}} \\ PrD \\ Sp \\ Per? \\ \overline{S1; S2; u_1 - ?} \\ \overline{V(R); *; u_2 - ?} \\ \overline{\overline{k=k+1; *; u_5 - ?}; *; \overline{j=j+1; u_6 - ?}; u_4 - ?}; Nv; u_3 - ? \end{array} \right) \tag{10}$$

$\overline{V_j}$

After the optimization, final algorithm of paired permutations will look like (11):

$$\left(\begin{array}{l} k=3 \\ \overline{V_k, V_{k-1}} \\ PrD \\ Sp \\ Per? \\ \overline{\overline{SortJ(k); SortR(k); u_1 - ?} \\ P1(k) \quad P12(k)} \\ \overline{V(R); *; u_2 - ?} \\ \overline{\overline{k=k+1; *; u_5 - ?}; *; \overline{j=j+1; u_6 - ?}; u_4 - ?}; Nv; u_3 - ? \end{array} \right) \tag{11}$$

$\overline{V_j}$

As it is seen, derived formulas describe visualization tasks, namely: the location of tops and even permutations of graphs "tree". This will allow moving to mathematical models in the future by replacing the abstract unitherns by subject ones and setting sequence areas of variables and subject unithern. That in turn based on the method of transfinite induction will allow confirming that the model describes the corresponding process [7,8].

Design of profiles. The next stage of the study was to determine profiles, with a view to creating cross-platform application in accordance with the standards of open systems. The peculiarity of the problem is that when building profile contradictory claims, in which the processes of standardization of information technology is performed should be considered. The need for development of profiles structure of graphs visualization system will provide means for its construction in accordance with the standards of open systems and provide a possible modification of preserving functional structure. However, a prerequisite for system design is the use of functional profiles: environments of imaging systems, life cycle, project infrastructure and tools.

Functional imaging system profiles consist of graphs profile components that implement the applicable system functions, and their decomposition is performed as the detail system structure. In general, the use of functional profiles is to perform such work [14]: selection of software and hardware that meet the requirements of profiles; design of application software system according to the selected profile; development of requirements for testing system components, selection or development of modular and system tests; combination of components based on consistent application of functional profiles. Regulations governing the life cycle of the graph data visualization system should be chosen depending on the characteristics of the project. In this profile the set of steps works and transactions related to the development and application profiles that specifies the design decisions should be taken into consideration. However, the iterative character development and introduction of profiles associated with the iteration of the design and maintenance of the system is an important factor. It is proposed to use an iterative approach to building described methodology of Rational Unified Process (RUP). These standards have a certain type of process frameworks that developers adapt to specific stages. To implement this class sections it is offered to use standard ISO/IEC 12207:2008 «Systems and software engineering – Software life cycle

processes», which was approved in 2013.

This approach is justified because the software is much of value in creating this system, and the duration of the life cycle of software actually determines the duration of the life cycle of the system. Environment profile of visualization system determines the architecture of its building and has to be implemented in accordance with the model DCE (Distributed Computing Environment), which is supported by a consortium of OSF (Open Software Foundation) and is used as a standard, by such corporations as: Hewlett-Packard, IBM, Digital Equipment Corporation. Decomposition of functioning environment that is performed at the design stage, allows detailing the environment profile according to functional areas of benchmark model OSE/RM: graphical user interface, object-oriented database management systems, operating systems. Profile of tools determines the choice of methodology and technology creation, support and development of visualization graphs. The description of the design methodology and design decisions are made in it, and its functional part covers feature centralized management and administration related to: control performance and accuracy of the system, configuration management of applied software, configuring applications due to changes of applied functions. Usage of the described profiles provides the means for designing graph visualization system to work in a heterogeneous environment.

Conclusions. In the course of conducted study the analysis of known methods of visualization was performed that shows a lack of correct display of graphs and matrices and the use of a fundamentally new approach in the design process of cross-platform software is proposed. The synthesis of models of graphs visualization is carried out by using algebra algorithms. This approach provided means for the construction of abstract algorithms processes and display of the location of arches between them. As opposed to the classic toolkit it provides means to minimize them by the number of unithern, synthesis and research of appropriate mathematical models. Indicated design features of graphs visualization system provide means to its further software implementation and operation in a heterogeneous environment.

Further studies will be directed to design of appropriate software units and their verification and adaptation to functioning in a heterogeneous environment, by using standard open systems.

REFERENCES

1. Horn R.A. Matrix Analysis 2nd Edition / Roger A. Horn, Charles R. Johnson – Cambridge University Press, 2013. – 644p., ISBN 0521548233
2. Brath R. Graph Analysis and Visualization: Discovering Business Opportunity in Linked Data / Richard Brath, David Jonker – Wiley, 2015. – 544p., ISBN 1118845846
3. Basyuk T.M. Criteria display of graphs in the visualization. /T.M.Basyuk// Scientific notes UAP. – Lviv: Ukrainian Academy of Printing. – 2004. – №. 7. –P. 60-63. [in Ukrainian].
4. Puder A. Distributed Systems Architecture: A Middleware Approach /Arno Puder, Kay Römer, Frank Pilhofer – Morgan Kaufmann, 2005. – 344p., ISBN 1558606483
5. Dargan P.A. Open Systems And Standards For Software Product Development /P.A. Dargan –Artech House, 2005. – 300p., ISBN 1580537499
6. Diestel R. Graph Theory (Graduate Texts in Mathematics). / R. Diestel – NY.: Springer, 2010. – 422p., ISBN 3642142788
7. Owsiak W. Teoria algorytmów abstrakcyjnych i modelowanie matematyczne systemów informacyjnych / W. Owsiak, A. Owsiak, J. Owsiak. – Opole : Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, 2005. – 275p.
8. Vasylyuk A.S. Adaptive synthesis of the abstract algorithmic formulas /A.S. Vasylyuk, T.M.Basyuk // Journal of The National University «Lviv Polytechnic». – Lviv: National University «Lviv Polytechnic». – 2012. – №. 743. –P. 35-43. [in Ukrainian].

9. Basyuk T.M. The method of image links between graph tops. /T.M.Basyuk// Journal of Ternopil State Technical University. – Ternopil: Ternopil State Technical University. – 2005. – №. 1. –P. 144-50. [in Ukrainian].
10. Muller-Hannenmann M. Drawing Graphs: Methods and Models (Lecture Notes in Computer Science) / M. Muller-Hannenmann, D. Wagner – Springer, 2001. – 318p., ISBN 3540420622
11. Russell A.L. Open Standards and the Digital Age: History, Ideology, and Networks/ Andrew L. Russell – Cambridge University Press, 2014. – 326p., ISBN 1107612047
12. Basyuk T.M. The method of placing tops in the visualization. /T.M.Basyuk// Journal of The National University «Lviv Polytechnic». – Lviv: National University «Lviv Polytechnic». – 2004. – №. 519. –P. 3-10. [in Ukrainian].
13. Vasylyuk A.S. Intelligent analysis of unithers parameters / A.S. Vasylyuk, T.M.Basyuk // Journal of The National University «Lviv Polytechnic». – Lviv: National University «Lviv Polytechnic». – 2015. – №. 814. –P. 33-44. [in Ukrainian].
14. Emmerich W. Engineering Distributed Objects / Wolfgang Emmerich – Wiley, 2000. – 390p., ISBN 0471986577

Комп'ютерна програма синтезу зображення на відбитку для нової інформаційної та традиційних технологій кольорового друку

Б. М. Ковальський, М. Р. Семенів, М. В. Шовгенюк

Українська академія друкарства, м. Львів, Україна

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

Paper received 24.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Анотація. Описані нові методи цифрової обробки кольорових видавничих оригіналів на стадії додрукарської підготовки форм на основі комп'ютерної програми синтезу кольорового зображення на відбитку для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] та традиційних технологій кольорового друку. Приведена блок-схема цифрової обробки синтезованого кольорового зображення за критеріями максимуму накладання кольорових фарб та максимуму накладання кольорових і чорної фарб на друкарському відбитку в заданому діапазоні темних ділянок на відбитку. Обговорюються питання аналізу та визначення кількісних характеристик якості кольоровідтворення зображення на відбитку за новою інформаційною технологією в порівнянні із традиційними технологіями кольорового друку, значної економії кольорових фарб для кольорового друку, яку забезпечує використання нової технології ICaS-ColorPrint[®].

Ключові слова: цифрова обробка, комп'ютерна програма, колірний простір ICaS, синтез зображення на відбитку, накладання фарб TAC, інформаційна технологія кольорового друку.

Вступ. Розробка нових методів цифрової обробки кольорових зображень і спеціалізованого програмного забезпечення для створення нормалізованих технологічних процесів є однією з актуальних і перспективних напрямків розвитку сучасних інформаційних технологій кольорового друку ілюстрованих видань.

Сучасні технології виготовлення кольорової репродукції способами цифрового та офсетного друку базуються на автотипному синтезі кольорового зображення на папері трьома кольоровими: голубою (C), пурпурною (M) та жовтою (Y) і четвертою чорною (K) фарбами, який суттєво відрізняється від колірних систем реєстрації зображення в телевізійній і відеотехніці, цифрової фотографії. Стандартні профілі СМУК кольорового друку побудовані виключно на використанні багаторівневих табличних даних кольорів оригіналу і необхідних кількостей кольорових і чорної фарб для відтворення цього кольору на відбитку.

Особливо важлива стадія додрукарської підготовки ілюстрованих видань відповідно до вимог нового стандарту кольорового друку [1].

Короткий огляд публікацій. Запропонована і розроблена авторами інформаційна технологія ICaS-ColorPrint[®] базується на принципово новій теоретичній основі цифрової обробки зображення кольорового оригіналу, яка не має аналогів в практиці кольорового друку [2].

Автотипний принцип синтезу зображення на відбитку кольоровими фарбами описують рівняннями Ньюберга-Нейгебауера. Аналітичних рішень автотипних рівнянь до цього часу не було отримано, тому для прикладних задач кольороподілу використовують профілі СМУК, побудовані на табличних даних. Для вирішення цього завдання авторами вперше отримано аналітичні розв'язки рівнянь автотипного синтезу зображення на відбитку в колірному просторі ICaS [3].

Принципова перевага опонентного колірного простору ICaS в тому, що для характеристики і кількісної оцінки кольорів оригіналу використовують три нові координати: ахроматична координата I і дві хроматичні координати C і S . Ахроматична вісь простору ICaS однозначно і повністю характеризує нейтрально-сірі кольори зображення оригіналу, які на відбитку

друкують чорною фарбою. Для довільно обраного кольору хроматичні координати однозначно і повністю визначають дві кольорові фарби.

Відповідно до патенту [4] спосіб кольороподілу цифрового зображення на дві кольорові і чорну фарби здійснюють наступним чином. Якщо колір F пікселя цифрового зображення на CaS-діаграмі знаходиться в секторі кольорів, який обмежений зліва колірним тоном n -ої фарби і справа колірним тоном m -ої сусідньої фарби, то такий колір однозначно відтворюється на відбитку цими ж двома фарбами. Необхідну кількість кольорових фарб знаходять на основі аналітичного розв'язку системи двох нелінійних рівнянь автотипного синтезу. Принципово важливо, що аналітичний розв'язок завжди дає мінімальну кількість двох кольорових фарб, необхідну для колориметрично точного відтворення кольору F на відбитку.

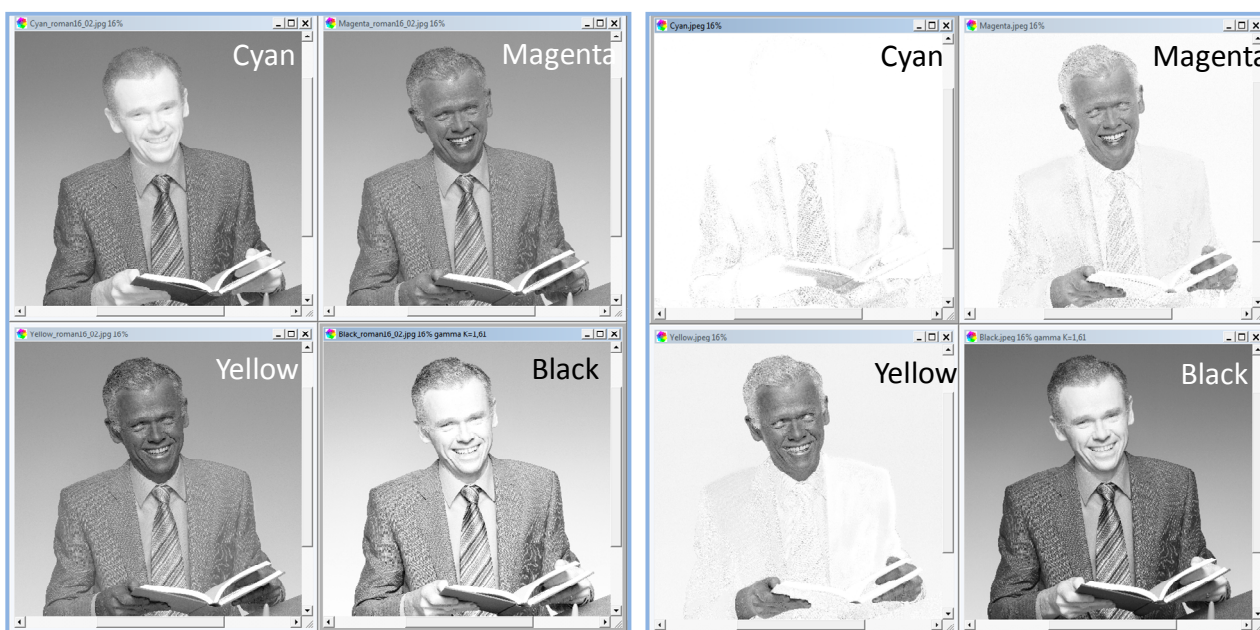
Мета роботи. В даній роботі описані нові методи цифрової обробки кольорових видавничих оригіналів на стадії додрукарської підготовки форм на основі комп'ютерної програми синтезу кольорового зображення на відбитку для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] та традиційних технологій кольорового друку на основі використання стандартних профілів СМУК.

Опис комп'ютерної програми ICaS-Color Synthesis-2.0. Комп'ютерна програма "ICaS-Color Synthesis-2.0" призначена для синтезу зображення 4-ма та 6-ти друкарськими фарбами на основі аналітичної моделі рівнянь Ньюберга-Нейгебауера та колірних векторів друкарських фарб в колірному просторі ICaS [5]. Програма здійснює побудову колірного охоплення заданих фарб, відкриває кольороподілені зображення в форматі файлів *.jpeg, *.tiff кожної з фарб та проводить повний аналіз формування зображення кольоровими та чорною фарбами за критерієм TAC (Total Area Coverage) середнього покриття кожної фарби по площі зображення та в областях максимального накладання фарб. Програма дозволяє проводити гамма-корекцію фарб, виконувати технологічні операції додрукарської підготовки кольорового зображення оригіналу в моделі СМУК у форматі файлу *.tiff для цифрового та офсетного друку.

Принципова відмінність нової комп'ютерної програми від аналогічних програм цифрової обробки кольорового зображення в тому що вона реалізує аналітичний метод синтезу кольорів на відбитку на основі автотипних рівнянь Ньюберга-Нейгебауера. Для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®], для якої кольороподіл здійснюється на основі аналітичних розв'язків рівнянь Ньюберга-Нейгебауера, програма виконує аналітичний синтез кольорів двома кольоровими і третьою чорною фарбами на основі базових векторів кольорів двох фарб СМУК та їх попарних накладань. В програмі аналітичний метод синтезу узагальнений на випадок шестифарбового друку Pantone-Нexachrome.

Для традиційних технологій кількості друкарських фарб попередньо визначені на основі профілів СМУК. Аналітичний метод синтезу дозволяє з високою точністю розрахувати кольори на відбитку для вибраної тріади кольорових фарб із врахуванням нелінійності друкарського процесу.

На рис.1 показаний приклад комплекту кольороподілених зображень тестового оригіналу *roman 16_02_midtone* для інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] кольорового друку двома кольоровими і чорною фарбами, виготовлених на основі використання розв'язків рівнянь Ньюберга-Нейгебауера, та традиційної технології кольорового друку трьома кольоровими і чорною фарбами, отриманих на основі європейського стандарту ISO Coated v.2 (ECI) [6].



Технологія ICaS-ColorPrint

Традиційна технологія СМУК

Рис. 1. Кольороподілені зображення тестового оригіналу *roman 16_02_midtone*

Аналіз кольороподілених зображень виконується командою <Analysis>. Ця команда призначена для розрахунку середнього (по площі зображення) значення показника сумарної площі накладання друкарських фарб ТАС (Total Area Coverage), яка характеризує

витрати кожної з фарб за величиною середнього значення відносної площі растрових елементів на формі. На рис. 2 приведені результати аналізу кольороподілених зображень (рис. 1) для двох технологій кольорового друку.

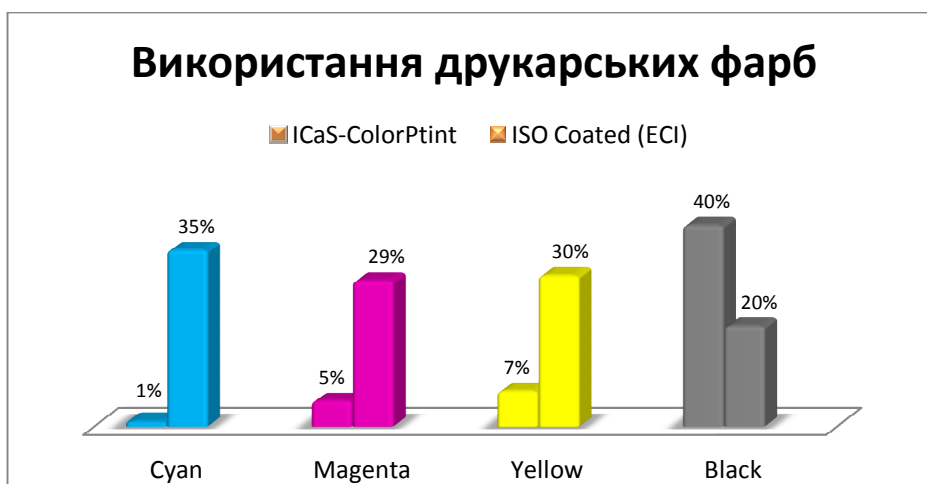


Рис. 2. Діаграма використання фарб для друку тестового зображення *roman 16_02_midtone*.

Як видно, для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] використовується мінімальна кількість кольорових фарб, яка в сумі складає 13%. Для технології кольорового друку ISO Coated (ECI), яка побудована на класичному принципі синтезу кольорів трьома кольоровими фарбами, використовується велика кількість кольорових фарб, яка в сумі складає 94%. Звідси отримуємо, що при використанні технології ICaS-ColorPrint[®] досягається велика економія кольорових фарб 86% при друці тестового зображення *roman 16_02_midtone*. Загальна економія фарб СМҮК складає 53,5% незважаючи на те, що в новій технології використовується вдвічі більша кількість чорної фарби.

В комп'ютерній програмі "ICaS-Color Synthesis-2.0" реалізовані нові методи цифрової обробки синтезованого кольорового зображення на стадії додрукарської підготовки форм за критеріями максимуму накладання кольорових фарб та максимуму накладання кольорових і чорної фарб на друкарському відбитку, що набуває особливого практичного значення для контролю процесу кольорового друку відповідно до вимог нового стандарту [2].

Блок-схема цифрової обробки зображення на відбитку приведена на рис. 3. Для виконання алгоритму, який закладений в процедурі аналізу зображення (команда *Analysis*), необхідно ввести кольороподільні зображення фарб СМҮК (голуба, пурпурна, жовта та чорна) та параметри циклу – Ht (висота зображення в пікселях), Wd (ширина зображення в пікселях). Зчитування значення кольору зображень фарб СМҮК здійснюється в двох циклах: по рядках – лічильник *i* та по елементах в рядку – лічильник *j*. В середині циклу визначаються відносні площі растрових елементів поточного пікселя для всіх чотирьох зображень фарб. Отримані значення сумуються з врахуванням відносної площі чорної фарби та без неї і присвоюються змінним величинам TAC_СМҮК та TAC_СМҮ відповідно. Тоді перевіряються дві умови: перша – якщо змінна величина Max_TAC_СМҮ (на початку циклу дорівнює 0), яка відповідає максимальному значенню сумарної площі накладання трьох кольорових фарб є меншою, або рівною величині TAC_СМҮ, тоді Max_TAC_СМҮ присвоюється число змінної TAC_СМҮ. Друга умова – аналогічна першій, лише з тою відмінністю, що змінна величина Max_TAC_СМҮК враховує значення чорної фарби. Отже, якщо сумарне значення є більшим за попередні, то воно приймається показником сумарної площі накладання фарб TAC. Також в циклі здійснюється сумування відносних площ растрових елементів для кожного зображення фарб окремо. А по закінченні розглянутих двох циклів отримані результати виводяться на екран у вигляді діаграми з відповідними позначеннями та зберігаються у текстовому файлі.

Після визначення чисельного значення максимуму показника сумарної площі накладання фарб Max_TAC_СМҮК можна викликати команду <Показати максимальне значення TAC> (*Show Maximum TAC*). В алгоритмі здійснюється повторно зчитування елементів зображення та порівнюється значення сумарної площі накладання фарб TAC_СМҮК з максимальним значенням враховуючи

границю відхилення від нього – (Max_TAC_СМҮК–Δ). В результаті на синтезованому зображенні отримуємо позначені червоним кольором пікселі, колір яких можна відтворити максимальним значенням сумарної площі накладання фарб, або не меншим за встановлену границю.

Обговорення результатів синтезу зображення на відбитку. На рис. 4, справа результат аналітичного методу синтезу тестового зображення, кольороподіленого за європейським стандартом ISO Coated v.2 (ECI). Для синтезу використані базові вектори кольорів фарб СМҮК, отримані на основі колориметричних вимірювань нормалізованих технологічних умов компанії Юнівест ПреПрес (м. Київ), що відповідають вимогам європейського стандарту друку. Як видно, аналітичний метод забезпечує високу якість синтезу тестового зображення на відбитку.

Особливий інтерес представляли дослідження технологічних умов друку тестового зображення *roman 16_02_midtone* на відбитку, кольороподіленого за традиційною технологією кольорового друку трьома кольоровими і чорною фарбами, в областях максимуму накладання друкарських фарб. Аналіз кольороподілених зображень за допомогою комп'ютерної програми показує, що для цього тестового зображення Max_TAC_СМҮ = 265%, що характеризує високий процент кольорових фарб в темних ділянках зображення. Відповідно, граничне накладання чотирьох фарб Max_TAC_СМҮК = 363%. Це наперед завищений процент, який не відповідає вимогам стандарту кольорового друку. Для цього проведена цифрова обробка синтезованого зображення в області максимуму накладання фарб $330\% \leq \text{Max_TAC_СМҮК} \leq 363\%$, результати якої показані на рис. 4, зліва.

Як видно, комп'ютерна програма "ICaS-Color Synthesis-2.0" дозволяє візуалізувати на майбутньому відбитку критичні області максимуму накладання фарб, що можливо досягнути на основі аналітичного методу синтезу кольорового зображення. Характерно, що на контрольних полях тестового зображення *roman 16_02_midtone* критичних областей немає. Це вказує на те, що на стадії додрукарської підготовки форм необхідно проводити повний аналіз зображення на відбитку. Проведені додаткові дослідження показують, що із врахування нелінійності друкарського відбитку граничні значення Max_TAC_СМҮК відповідають вимогам нового стандарту кольорового друку [1].

Використання нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] забезпечує оптимальні технологічні умови кольорового друку. На рис. 5 приводиться результат синтезу кольорового зображення на відбитку для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®] кольорового друку двома кольоровими і чорною фарбами. При мінімумі використання кольорових фарб ця технологія забезпечує детальну роботу на відбитку дрібних деталей тестового зображення *roman 16_02_midtone*, широку гаму тілесних кольорів. Аналіз показує, що гранична межа накладання кольорових фарб рівна Max_TAC_СМҮ = 200%, якої неможливо досягнути в традиційних технологіях кольорового друку. Важливо, що граничне значення максимуму накладання фарб

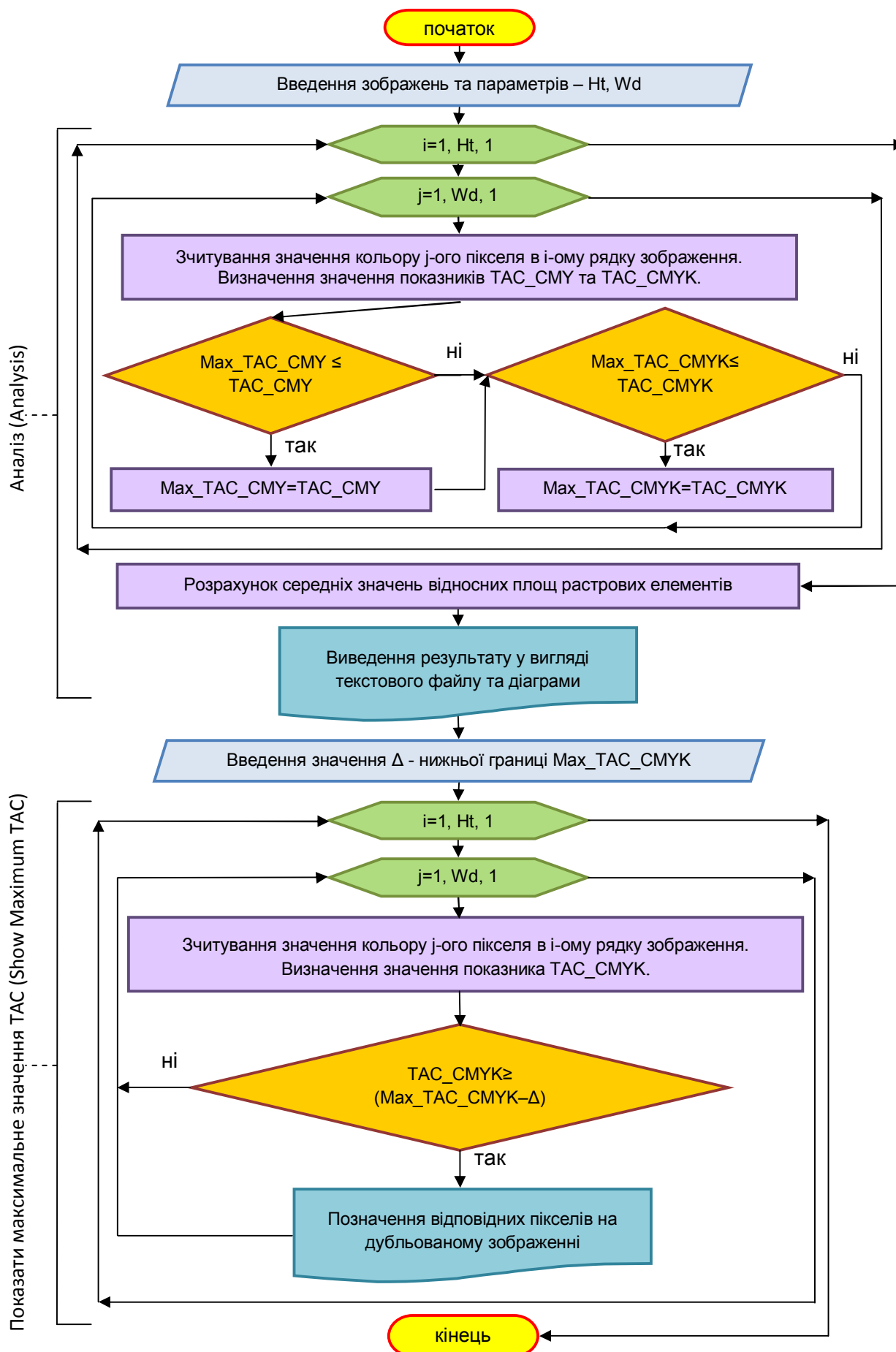


Рис. 3. Блок-схема цифрової обробки синтезованого зображення на відбитку.

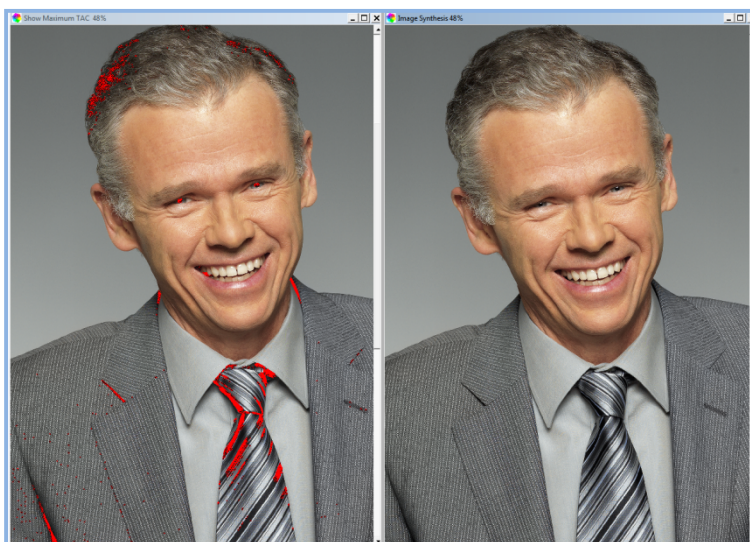


Рис. 4. Результат обробки (зліва) тестового зображення roman 16_02_midtone

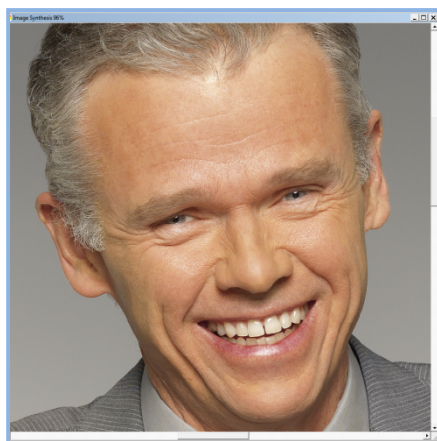


Рис. 5. Результат синтезу тестового зображення roman 16_02_midtone для нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint[®]

$Max_TAC_CMYK = 286\%$, що характеризує “ідеальні” умови кольорового друку і забезпечує детальну проробку темних ділянок зображення на відбитку.

Друга важлива технологічна операція, яку виконує комп’ютерна програма, полягає у градаційній гамма-

корекції кольороподілених зображень, яка здійснюється за допомогою команди <Gamma Correcting>, для покращення якості процесу кольороподілу зображення на відбитку із врахуванням сюжетних особливостей видавничого оригіналу та умов друку.

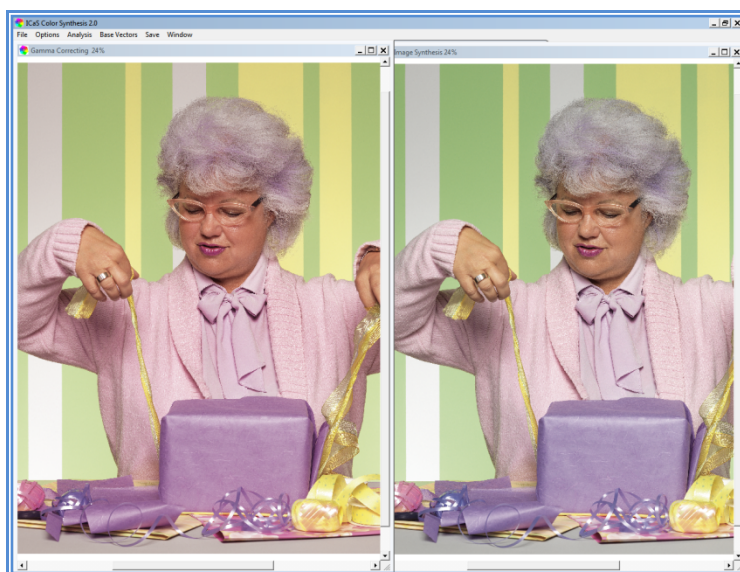


Рис. 6. Результат гамма-корекції двох фарб тестового зображення roman 16_12_pastel

Як видно із рис. 6, зліва, в результаті виконання гамма-корекції двох кольороподілених зображень – зменшення голубої і збільшення пурпурної фарб на синтезованому зображенні суттєво змінюється загальний колірний відтінок на відбитку в порівнянні із базовим зображенням на рис. 6, справа. Важливо відмітити, що для класичної технології кольороподілу надмірна гамма-корекція кольорових фарб завжди буде приводить до зміни балансу кольорового зображення по-сірому. Принципова перевага нової технології ICaS-ColorPrint® в тому, що незалежно від ступені гамма-корекції кольорових і чорної фарб баланс кольорового зображення по-сірому залишається незмінним, що дозволяє на етапі додрукарської підготовки зображення оригіналу ефективно управляти кольором на друкарському відбитку.

Висновки. На основі проведених досліджень показано:

1. Використання комп'ютерної програми "ICaS-Color Synthesis-2.0", в якій вперше реалізований аналітичний метод синтезу зображення на відбитку на основі автотипних рівнянь Ньюберга-Нейгебауера та базових векторів кольорів друкарських фарб, дозволяє

на стадії додрукарської підготовки форм проводити повний аналіз кольороподілених зображень для нової інформаційної технології кольорового друку двома кольоровими і чорною фарбами та традиційних технологій кольорового друку трьома кольоровими і чорною фарбами незалежно від вибору стандартних профілів СМУК та використання спеціального програмного забезпечення для їх реалізації.

2. Розроблені нові методи цифрової обробки кольорового зображення на відбитку, які дозволяють проводити розрахунок використання кольорових фарб для різних технологій кольорового друку, визначити граничні межі максимуму накладання кольорових і чорної фарб в темних ділянках друкарського відбитка, виконувати операції гама-корекції кольорових і чорної фарб на відбитку.

3. Показано, що використання нової інформаційної технології ICaS-ColorPrint® синтезу зображення двома кольоровими і чорною фарбами забезпечує оптимальні умови кольорового друку, високу якість кольорівідтворення на відбитку та досягнення значної економії друкарських кольорових фарб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints. Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2-2013.
2. Шовгенюк М. В., Ковальський Б. М. New information technology of digital color printing ICaS-ColorPrint® // Proc. International Scientific Conference "Hight Technology. Business. Society 2016", Bulgaria. Vol. 5/191, P. 115-121, 2016.
3. Шовгенюк М. В., Крик М. Р. Аналитическое решение уравнений автотипного синтеза изображения в цветовом пространстве ICaS – Доклады НАН Украины, 2012, № 11.- С.81-86.
4. Заявка WO2014088525. Способ разделения цветов цифрового изображения на две цветные и черную краски // Шовгенюк М.В. Публикации 12.06.2014.
5. Свідоцтво № 64598. Комп'ютерна програма " ICaS-Color Synthesis-2.0" /Автори: Шовгенюк М.В., Ковальський Б.М., Семенів М.Р. Дата реєстрації авторського права на твір – 22.03.2016 р.
6. ECI offset profiles 2009. European Color Initiative (ECI) – Режим доступу : <http://www.eci.org>

REFERENCES

1. Online Browsing Platform (2013), "ISO 12647-2:2013. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes", available at: <https://www.iso.org>.
2. Shovhenyuk M. V., Kovalskyi B. M. (2016), "New information technology of digital color printing ICaS-ColorPrint®", Proc. International Scientific Conference "Hight Technology. Business. Society 2016", Bulgaria. Vol. 5/191, pp. 115-121.
3. Shovhenyuk M. V., Kryk M. R. (2012), "The analytical solution of autotype equations of image synthesis in the color space ICaS", Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, No. 11, pp. 81-86.
4. U.S. Patent Application No. WO2014088525 A1. (2014). Shovhenyuk M. V. "A method of separating the digital image into two colored and black inks".
5. Shovhenyuk M. V., Kovalskyi B. M., Semeniv M.R. (2016), The computer program "ICaS-Color Synthesis-2.0", Certificate No. 64598.
6. European Color Initiative (ECI), ECI offset profiles 2009, available at: <http://www.eci.org>.

Computer program for the image synthesis on impress for the new information and traditional technologies of color printing Kovalskiy B., Semeniv M., Shovgenyuk M.

Abstract. Described new methods of digital processing of color originals publishing prepress stage forms-based computer program for synthesis the color image on the impress for the new information technology ICaS-ColorPrint® and traditional technologies in colored printing. Presented the block diagram of a digital processing color image synthesized by criteria of maximum total coverage of colored inks and total coverage of maximum colored and black inks prints in a given range dark areas on the impress. The problems of analysis and quantification of quality color reproduction characteristics of the image to impress the new information technology compared to traditional technologies of color printing, significant savings colored inks for color printing, which ensures the use of new technology ICaS-ColorPrint®.

Keywords: digital processing, software, color space ICaS, synthesis image on the impress, total area coverage of inks TAC, information technologies of color printing.

Компьютерная программа синтеза изображения на оттиске для новой информационной и традиционных технологий цветной печати

Б. М. Ковальский, М. Р. Семенов, М. В. Шовгенюк

Аннотация. Описаны новые методы цифровой обработки цветных издательских оригиналов на стадии допечатной подготовки форм на основе компьютерной программы синтеза цветного изображения на оттиске для новой информационной технологии ICaS-ColorPrint® и традиционных технологий цветной печати. Приведена блок-схема цифровой обработки синтезированного цветного изображения по критериям максимума наложения цветных красок и максимума наложения цветных и черной красок на печатном оттиске в заданном диапазоне темных участков на отпечатке. Обсуждаются вопросы анализа и определения количественных характеристик качества цветовоспроизведения изображения на оттиске по новой информационной технологии по сравнению с традиционными технологиями цветной печати, значительной экономии цветных красок для цветной печати, которую обеспечивает использование новой технологии ICaS-ColorPrint®.

Ключевые слова: цифровая обработка, компьютерная программа, цветовое пространство ICaS, синтез изображения на оттиске, наложения красок TAC, информационная технология цветной печати.

TELECOMMUNICATIONS

The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services

N. Kniazieva, L. Zimenko*, T. Kunup

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

*Corresponding author. E-mail: Zimenko.liliya@gmail.com

Paper received 23.06.2016; Accepted for publication 05.07.2016.

Abstract. In this paper the method for determining the functional survivability of intelligent superstructure, controlling the process of providing intelligent services is proposed. We introduced the next definitions: the multitude of functions of the system F , the multitude of functional elements R (system resources), the multitude of functional relationships between the elements Y , classes of intelligent services K , the route μ_{AB}^g , the probability of events $E_{AE}, E_l, E_{ly}, E_{lr}$. As a result of calculations there have been received the formulae for estimation the functional system survivability of providing of intelligent services, which can be used in engineering of the system of controlling intelligent services, in choosing the control methods, in solving problems of increasing the functional survivability of control system over the intelligent services.

Keywords: functional survivability, external adverse effect, providing of intelligent service, system state, route, events, probability of a functional failure, number of states of the system, class of intelligent services.

Survivability is one of the most important properties of telecommunication networks (TCN), which provides their effective functioning. At the same time the problems of providing TCNs' survivability are becoming increasingly important due to the intensive development of telecommunications – transition to Next Generation Network (NGN) and to Future Generation Network (FGN). With regard to the FGN in the ITU documents [1] it is recommended, that engineering, exploitation and development of FGN would be carried out in such a way that to ensure provide the reliability, security, and also survivability in order determining systems capacity to perform its mission in time – to provide the performance of maximal subset of functions to achieve functioning purposes and also an acceptable level of service, even if normal exploitation of the network is complicated with different problems.

Under the survivability of TCN we mean the property which characterizes the network ability to function effectively under adverse external effects due to some adverse external influences or to restore this ability during a certain period of time [2, 3]. Into the development of questions concerning the theory of systems survivability for different applications a significant contribution made V. Vishnevsky, J. Gromov, A. Dodonov, V. Krapivin, I. Ryabinin, V. Popkov, Yu. Stekolnikov and others. It's necessary to note that at this stage of the development of the theory of survivability still there are no conditions that would allow to formulate and to realize a common approach to the solution of problems optimize survivability characteristics of different types of systems. However, there have been stated the principles the control of which leads to a positive effect in ensuring the survivability systems for various purposes [3]:

Principle 1. Systems elements must have low structural significance and high resistance.

Principle 2. Structure of the system should provide the greatest possible or sufficient (in optimization problems) number of states of abilities.

Principle 3. States of abilities of the system should be provided by the smallest possible number of elements.

Principle 4. The different states of the system abilities must be provided by different elements.

In accordance with these principles are proposed methods of providing structural and functional survivability in the systems of different applications, including TCN [2 – 6]. At the same time, it should be noted that the tasks of evaluating and providing functional survivability of intelligent superstructure are not being considered in the scientific literature, despite of the intensive development of intelligent services and to perform certain requirements to the quality of service.

In this paper it is proposed the method for determining the functional survivability of intelligent superstructure, controlling the process of providing intelligent services (IS).

While analyzing the functional system survivability for different applications the following characteristics of the system are being regarded: the purpose of functioning, a multitude of problems at the solution of which system is oriented, and a multitude of resources used in the process of solving problems [2].

Let's define the characteristics of the control system over – the intelligent superstructure.

The purpose of the functioning – is to provide the IS.

Multitude of problems (system functions) – is to control the process of providing IS.

A multitude of resources – is a multitude of functional elements used in the process of providing IS.

To provide the purpose systems functioning usually is used one of the strategies: to provide fault-tolerance (f -strategy) or provide survivability (s -strategy).

For the formation of s -strategy it's necessary to define the multitude of system states $S = \{s_i\}$, in each of which is performed the control process over providing IS of i -th type (IS $_i$) ($i = \overline{1, n}$, n – is the number of states of the system (IS types)).

According to [2] the following solutions (mechanisms) concerning functioning purpose may be used:

1. Multitude of system functions can't be changed, that is all the functions f_i must be used;

2. In any state of the system must be carried out a certain subset of functions f^* which perform the purpose of the system functioning;

3. In an arbitrary state of the system must be carried

out at least one of the functions from the subset of functions f^* .

We'll define the multitude of system functions: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$ where f_i – is function of control over IS of the i -th type of IS, n – is the number of types of system functions.

The multitude of functional elements $R = \{r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_m\}$, where r_j – is a functional element of the j -th type, m – is the quantity of types of functional elements. Under the j -th functional element we'll understand the j -th type of the system resources.

Resources R are used in the process of performing functions F of the system. And here, for each the f_i -th function is used a corresponding multitude of system resources: $\{r_j^{(i)}\} \subset R (j = \overline{1, m})$.

Besides, are given the multitude of functional connections $Y = \{y_{st}\}$ between functional elements $r_j (s, t = \overline{1, m}, s \neq t, j = \overline{1, m})$.

The example of the interaction of the system resources (devices) in providing IS "800" is represented in Figure 1.

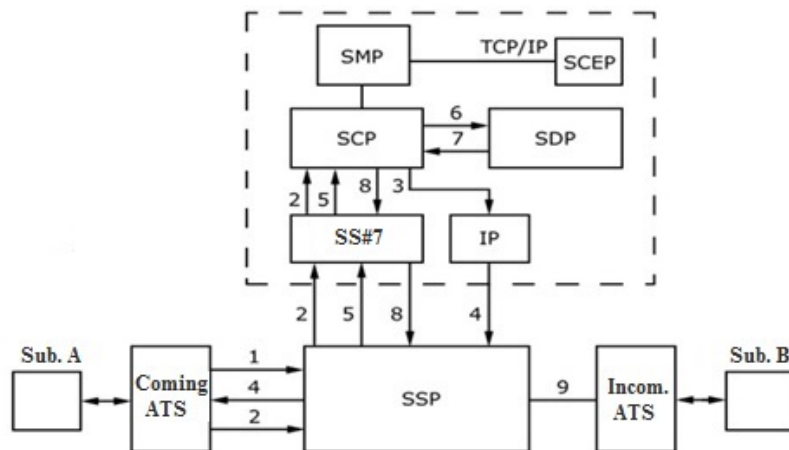


Figure 1. Algorithm of interaction of devices in providing "Service 800" (free call)

Denotations on the Figure 1:

- SSP –Service Switch Point;
- SCP – Service Control Point;
- IP – Intelligent Peripheral;
- SDP – Service Data Point;
- SCEP – Service Creation Environment Point;
- SMP –Service Control Point.

Subscriber A dials a number, SSP (Softswitch) through the Signaling System #7 (SS7) suspends the service phone call and transmits a service request to SCP. Further, the SCP accesses to the server database SDP. The data obtained from SDP, are transmitted to SCP again. SCP sends a voice command using voice interface IP to subscriber B through SSP.

$$r_j^q = \begin{cases} 1, & \text{if the } j\text{-th the recourse is used for providing IS} \\ & \text{of the } q\text{-th class;} \\ 0, & \text{in the other case.} \end{cases}$$

For each class K_q are given $Y^q = \{y_{st}^q\}$ – the multitude of functional connections between the elements r_j^q , used in the control process of providing IS belonging to the q -th class. For each q -th class of IS multitude of $Y^q = \{y_{st}^q\}$ is represented as a matrix M^q size

$$m_{st}^q = \begin{cases} 1, & \text{if there is an interaction of element } r_s \text{ with element } r_t \\ & \text{in the process of providing IS of the } q\text{-th class;} \\ 0, & \text{in the other case.} \end{cases}$$

For other IS are used other interaction schemes.

In accordance with the logic and complexity of providing IS we'll combine IS in classes $K = \{K_1, K_2, \dots, K_q, \dots, K_Q\}$, where q – is the class of IS, Q – is the number of classes. We'll note that K_1 – is the class of IS with maximum complexity, K_Q – is the class of minimum complexity.

For each class K_q is used an appropriate multitude of resources $R^q = \{r_j^q\}$. Here are $j = \overline{1, m}$, $R^q \subset R$, $q = \overline{1, Q}$.

$K^q \times K^q$, where K^q – is the quantity of resources r_j^q , used for the IS of the q -th class.

Element m_{st}^q of matrix M^q is defined as follows:

It's accepted $m_{st}^q = 0$, if $s = t$, $s, t = \overline{1, m}$. The elements r_s, r_t – are resources of the s -th and the t -th types of multitudes of R^q .

Thus, according to the representation for each q -th service class of the multitude of functional connections $Y^q = \{y_{fj}^q\}$ as a matrix M^q , is obtained the possibility to form an oriented graph without loops $G^q = (R^q, Y^q)$, where $R^q = \{r_j^q\}$ – are points of graph, $Y^q = \{y_{fj}^q\}$ – are functional connections between

graph points. Corresponding graph is generated for each class of the service. The control process of providing services of the q -th class can be represented by route μ_{AB}^q , including a multitude of used resources of the points and multitude of branches of functional connection:

$$\mu_{AB}^q = (\{r_j^q\}, \{y_{st}^q\}). \tag{1}$$

It's noted that in matrix (1) multitude of used connection $\{y_{fj}^q\}$ is pointed by $\{y_{st}^q\}$ to indicate between which resources (s and t) this connection

exists (since each element y_{st}^q of the given multitude is the elements of matrix M^q).

Let's represent route μ_{AB}^q as follows:

$$\mu_{AB}^q = (r_{jA}^q, y_{A,1}^q, r_{j1}^q, y_{1,2}^q, r_{j2}^q, y_{2,3}^q, \dots, y_{(t-1),B}^q, r_{jB}^q). \tag{2}$$

Graphically, route (2) is shown in Figure 2:

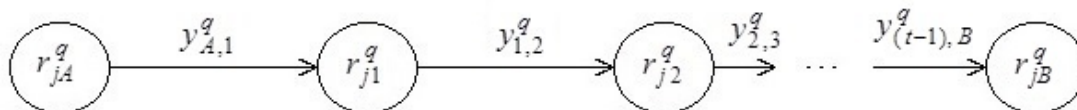


Figure 2. Graphical interpretation of the process of providing the q -th class service

Here $(r_{jA}^q, r_{j1}^q, r_{j2}^q, \dots, r_{jB}^q) \subset R^q$, $(y_{A,1}^q, y_{1,2}^q, y_{2,3}^q, \dots, y_{(t-1),B}^q) \subset Y^q$.

Let us note that in the process of providing the i -th service ($i = \overline{1, n}$, n – is the number of types f_i of the system functions, or the number of types of provided IS), some resources r_j^q can be used more than once, i.e. route (2) can be self-intersecting [7].

to the multitude of resources $R^q = \{r_j^q\}$ (points) and functional interconnections $Y^q = \{y_{st}^q\}$, may be exist under external adverse effects.

In accordance with the organization of intelligent superstructure and with the principles of providing IS, the resources R interact on the basis of hierarchical principle (Figure 3) [8]:

Each element included into route μ_{AB}^q (2), belonging

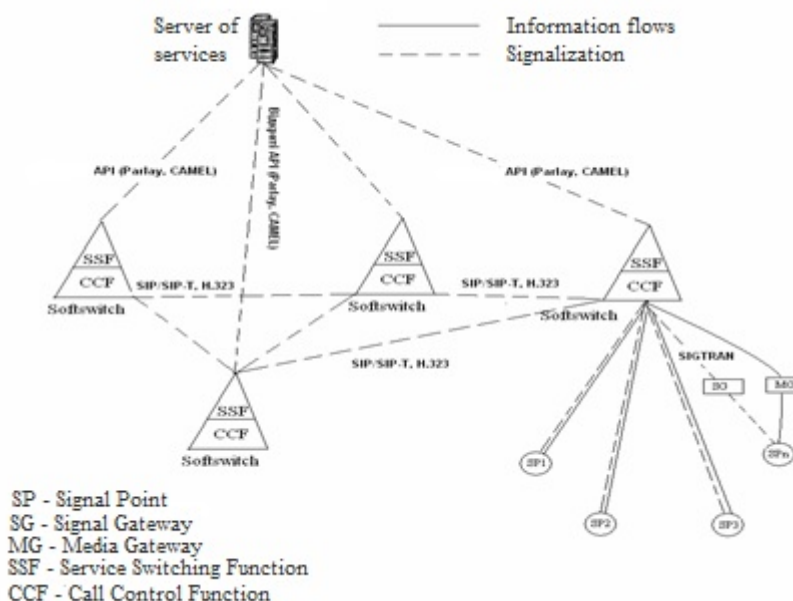


Figure 3. Intelligent superstructure

Here the multitude of R include of the following resources: server of service, SP, SG, MG, Softswitch,

SSF, CCF. The multitude of Y – are connections between these resources.

Then formula (2) can be represented as follows:

$$\mu_{AB}^q = (r_{jA}^q, y_{A,1}^q, r_{j1}^q, y_{1,2}^q, r_{j2}^q, y_{2,3}^q, \dots, y_{(t-1),B}^q, r_{jB}^q), \quad (3)$$

where $l_A, l_1, l_2, \dots, l_B$ – are characteristics of resources belonging to $r_{jA}^q, r_{j1}^q, r_{j2}^q, \dots, r_{jB}^q$ corresponding to hierarchal level, $l = \overline{1, L}$;

$(l_A + \delta_A), (l_1 + \delta_1), (l_2 + \delta_2), \dots, (l_{(t-1)} + \delta_{(t-1)})$ – are characteristics of the belongings of the functional connections, emanated from points (resource) $A, 1, 2, \dots$,

used in the providing IS on route μ_{AB}^q , the corresponding to hierarchal level. Let's note that the transition from a resource r^q to a functional connection the hierarchal level can vary into δ_s ($s = A, 1, 2, \dots$) .

The process of providing IS of any class can be represented as a hierarchical system (Figure 4):



Figure 4. Stages of a hierarchical system

As it can be seen, at each odd-numbered stage are located points (points of graph, used resources), and at the even-numbered – are branches of graph – the functional connections between the system resources. Let us define the following quantitative characteristics of the system:

N – is the total quantity of points (may coincide with a value $m : N \geq m$) ;

B – is the total quantity of branches;

L – is the quantity of hierarchical levels;

L_r – is the quantity of points levels;

L_y – is the quantity of levels of functional connections;

l – is the number of stage (level), $l = \overline{1, L}$;

l_r – are numbers of levels, at which points are located;

l_y – are numbers of levels of functional connections.

Let us assume that levels of hierarchical system are equally attackable. Also, equally attackable are points and branches (functional connections) at each level.

In accordance with Figure 4 the number of upper hierarchal level will be denoted by "1", the next level will be denoted by "2", etc. At each level l ($l = \overline{1, L}$) quantity of points r_j or branches (functional connections) y_{st} are different. Let us mark this number g_{l_r} and g_{l_y} for level points and the branches, accordingly: $l_r = \overline{1, L_r}$, $l_y = \overline{1, L_y}$. Will assume that the external adverse effect at the level l_r all points q_l of given level are equally attackable, and also under adverse

effect on the level l_y all functional connections of this level are equally attackable.

Let us introduce the following events: E_{AE} , E_l , E_{l_r} , E_{l_y} .

1. E_{AE} – is the appearance of external adverse effect (EAE). The probability of the beginning of this event can be very little, however, always $P(E_{AE}) > 0$.

2. E_l – is the influence of EAE at the l -th system level. This event can take place only at the beginning of the event E_{AE} .

The conditional probability of the beginning of E_l – $P\{E_l / E_{AE}\}$ – under the conditions of the events E_{AE} is defined by the axiom of probabilities in the combination of the events $E_l \cap E_{AE}$: $P\{E_l \cap E_{AE}\} = P(E_{AE})P(E_l / E_{AE})$.

Wherein, $P(E_l / E_{AE}) = \frac{P(E_l \cap E_{AE})}{P(E_{AE})}$, hence is

the requirement: $P(E_{AE}) > 0$.

3. E_{l_r} – is the influence of EAE at the point r_j of the l -th level. This event can take place only as a result of the beginning of the event E_l .

The probability of the beginning of the event E_{l_r} can be defined as probability of combinations of all events E_{AE} , E_l , E_{l_r} :

$$P\{E_{AE} \cap E_l \cap E_{l_r}\} = P(E_{AE})P(E_l / E_{AE})P(E_{l_r} / E_{AE} \cap E_l). \quad (4)$$

4. E_{l_y} – is the influence of EAE on the branch y_{st} of the l -th level. This event can only take place as a result of the beginning of E_l .

$$P\{E_{AE} \cap E_l \cap E_{l_y}\} = P(E_{AE})P(E_l / E_{AE})P(E_{l_y} / E_{AE} \cap E_l). \quad (5)$$

Having determined the probability of the beginning events E_{l_r} and E_{l_y} in accordance with formulae (4) and (5) and assuming that at the beginning of the event E_{l_r} or E_{l_y} there can be a functional failure of element r_j or element y_{st} , we can determine the probability of failure in the providing IS of the corresponding q -th class $P_{IS}(q)$.

Assuming that the functional failure of at least of one

$$P(E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_k \cup \dots \cup E_K) = 1 - (1 - P(E_1))(1 - P(E_2)) \dots (1 - P(E_k)) \dots (1 - P(E_K)). \quad (6)$$

$P(E_k)$ – is the probability of functional failure of the k -th element of route (3).

Let's denote the events included in a functional failure of the route elements (3) under EAE as follows:

1. $E(r_{js}^q(l_s))$ – is a resource failure of the j -th type used in the process of the providing IS of the q -th class according to route (3), comprising point s , located on the hierarchal level l_s . Denotation " l_s " is used to

$$P(E(r_{jA}^q(l_A)) \cup E(y_{A,1(l_A+\delta_A)}^q) \cup E(r_{j1(l_1)}^q) \cup E(y_{1,2(l_1+\delta_1)}^q) \cup E(r_{j2(l_2)}^q) \cup E(y_{2,3(l_2+\delta_2)}^q) \cup \dots \cup E(y_{(t-1),B(l_{t-1}+\delta_{t-1})}^q) \cup E(r_{jB}^q(l_B))) = 1 - (1 - P(E(r_{jA}^q(l_A))))(1 - P(E(y_{A,1(l_A+\delta_A)}^q))) \dots (1 - P(E(y_{(t-1),B(l_{t-1}+\delta_{t-1})}^q)))(1 - P(E(r_{jB}^q(l_B))))). \quad (7)$$

Here $\delta_A, \delta_1, \delta_2, \dots$ – determine the change of the level number l in moving from the point to the branch on a route μ_{AB}^q .

To calculate the probability of a functional failure of the system as a result of EAE on any route element (3) it's necessary to determine the values of all probable events

$$\left. \begin{aligned} \sum_{l_r=1}^{L_r} n_{L_r} &= N; \\ \sum_{l_y=1}^{L_y} n_{L_y} &= B; \\ L_r + L_y &= L. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Based on the hypothesis of the equal attackability of all the levels of the system, we'll calculate the conditional probability of the event, included into the adverse effects EAE on the level l_r of system points $P(E_{l_r})$ (9) and the level l_y of the functional connections $P(E_{l_y})$ (10):

$$P(E_{l_r}) = P(E_{AE}) \cdot \frac{L_r}{L_r + L_y}; \quad (9)$$

$$P(E_{l_y}) = P(E_{AE}) \cdot \frac{L_y}{L_r + L_y}. \quad (10)$$

Based on the hypothesis of equal attackability of all the elements of each level under the EAE at this level, we'll

The probability of the beginning of event E_{l_y} can be defined as the probability of the combination of all the events E_{AE}, E_l, E_{l_y} :

element included into route (3), leads to a failure of providing services of the q -th class, will get the formula for calculation of $P_{IS}(q)$ as the probability of logically connected events, namely, as the probability of at least of one of K independent combined events $E_1, E_2, \dots, E_k, \dots, E_K$, where E_k – is an event including in a functional failure of the k -th element of route (3), K – is the number of elements of the route:

note that point s of route (3) belongs to level l ($l = \overline{1, L}$).

2. $E(y_{js}^q(l_s + \delta_s))$ – is the functional of the failure connection, belonging to route (2), and located on level ($l_s + \delta_s$), connected with level l_s .

Analogically let's denote all other events. Then formula (6) can be written as follows:

including into formula (7). Let's remind that the quantity of the elements – points and branches of functional connections, which are on each l -th level, are denoted as g_{l_r} and g_{l_y} , correspondingly. Here must be performed conditions (8):

receive the formula for the calculation of the conditional

probabilities of failure of levels element l_r and l_y – $P_{l_r}^q$ and $P_{l_y}^q$, used in the process of the providing IS of the q -th class.

We'll assume that the quantity of types of the resources

$$P_{l_r}^q = \frac{l_r(g_{l_r}^q)}{g_{l_r}} \cdot P(E_{l_r}) = \frac{l_r(g_{l_r}^q)}{g_{l_r}} \cdot \frac{L_r}{L_r + L_y} \cdot P(E_{AE}); \quad (11)$$

$$P_{l_y}^q = \frac{l_y(g_{l_y}^q)}{g_{l_y}} \cdot P(E_{l_y}) = \frac{l_y(g_{l_y}^q)}{g_{l_y}} \cdot \frac{L_y}{L_r + L_y} \cdot P(E_{AE}). \quad (12)$$

The probability of at least one of two events E_1 – the functional failure of resources of level l_r (11) or E_2 – the failure of the functional connections of level l_y (12),

$$P\{E_1 \cup E_2\} = P\{E_1\} + P\{E_2\} - P\{E_1 \cap E_2\}. \quad (13)$$

In the result, the probability of performing the subset of functions f^* – providing IS of the q -th class $P_{f_q^*}$ – is determined in accordance with formula (14):

$$P_{f_q^*} = 1 - (P\{E_1\} + P\{E_2\} - P\{E_1 \cap E_2\}). \quad (14)$$

Here $P(E_1)$ is calculated in accordance with (11), $P(E_2)$ – is calculated in accordance with (12).

For calculation of the probability of performing at least one of the multitude of functions f^* – providing at least one of the i -th services of the q -th class – we'll assume that the quantity of types of resources $l_r(g_{l_{ri}}^q)$ and functional connections as $l_y(g_{l_{yi}}^q)$ are known, and used

$$P_{l_{ri}}^q = \frac{l_r(g_{l_{ri}}^q)}{l_r(g_{l_r}^q)} \cdot \frac{l_r(g_{l_r}^q)}{g_{l_r}} \cdot \frac{L_r}{L_r + L_y} \cdot P(E_{AE}), \quad (15)$$

$$P_{l_{yi}}^q = \frac{l_y(g_{l_{yi}}^q)}{l_y(g_{l_y}^q)} \cdot \frac{l_y(g_{l_y}^q)}{g_{l_y}} \cdot \frac{L_y}{L_r + L_y} \cdot P(E_{AE}). \quad (16)$$

Here are $i = \overline{1, n}$, $l_r = \overline{1, L_r}$, $l_y = \overline{1, L_y}$, $q = \overline{1, Q}$.

Having calculated in accordance with formulae (15) and (16) the values of probable resources failure and functional connections, used for providing IS of i -th type, belonging to the q -th class, and filling the results obtained in formula (7), will get the desired value of probable failure of functional system of at least of one of the element, included into the route of this i -th services, that is we'll obtain the probability of interference of

$$P_{f_{qi}^*} = 1 - (P(E(r_{jA}^q(l_A)) \cup E(y_{A,1}^q(l_A + \delta_A)) \cup E(r_{j1}^q(l_1)) \cup E(y_{1,2}^q(l_1 + \delta_1)) \cup E(r_{j2}^q(l_2)) \cup E(y_{2,3}^q(l_2 + \delta_2)) \cup \dots \cup E(y_{(i-1), B}^q(l_{i-1} + \delta_{i-1})) \cup E(r_{jB}^q(l_B)))). \quad (17)$$

Thus, we have got the formulae for estimation of the functional system survivability in providing intelligent services – the performance of certain subset of functions f^* , which realize the purpose of the system functioning (providing intelligent services of the q -th class) and also the performance of at least of one of the functions out of subset

$l_r(g_{l_r}^q)$ and functional connections $l_y(g_{l_y}^q)$ are known, and are used for providing IS of the q -th class, which are at levels l_r and l_y , correspondingly.

Using these denotations, we'll get:

used in providing services of the k -th class can be calculated as a probability of at least one of two events E_1 and E_2 :

for providing IS of the i -th type of the q -th class, which are at levels l_r and l_y , correspondingly.

Using these denotations we'll obtain the method for calculating the conditional probability of failure of the levels element l_r and l_y , $P_{l_{ri}}^q$ (15) and $P_{l_{yi}}^q$ (16), used in the process of providing the i -th services of the q -th class:

functional survivability of the system in providing the i -th service of the q -th class.

The probability of saving the functional system survivability $P_{f_q^*}$, performance of at least one of the quantity of functions f^* (providing least of one of the i -th service of the q -th class) – we'll get as the probability of the opposite event (17):

f^* (providing the i -th intelligent service of the q -th class).

The obtained formulae can be used in the engineering system control over the intelligent services, in the choice of the control principles in solving the problems of increasing functional survivability of the control system over the intelligent services.

REFERENCES

1. Recommendation ITU-T Y.3001: SERIES Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks Next Generation Networks – Future networks Future networks: Objectives and design goals / ITU: Committed to connecting the world. – <http://www.itu.int>
2. Dodonov A.G. Survivability of information systems. / A.G. Dodonov, D.V. Lande. – K.: scientific thought, 2011. – 256 p.
3. Stekolnikov Yu.I. Survivability of systems.– St.P.: Politehnica, 2002. – 155p.
4. Kniazieva N.A. Improving structural survivability of telecommunication network / N.A. Kniazieva // International Journal “Information Models and Analyses”. – 2013. – №. 2. – P. 275-284.
5. Kniazieva N.A. The method of providing structural survivability of telecommunication network / N.A. Kniazieva // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2014. – №. 8. – С. 152-166.
6. Krivosheya D.O. The approach to evaluation of functional survivability hierarchical system of videoconferencing on a wireless cell network / D.O. Krivosheya // Internet-journal «Naukovedenie». – 2014. – №. 5(24).
7. Kniazieva N.A. Theory of engineering of computer systems and networks. P.2. The methods of analysis and synthesis of computer network / N.A. Kniazieva. Odessa: 2012. -240 p.
8. Shestopalov S.V. Estimation of the total service time of application on additional service management systems / S.V. Shestopalov. // Problems of information and management, – 2009 – №3(27).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация ИТУ-Т Y.3001: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений [Электронный ресурс] / ИТУ: Committed to connecting the world. – Режим доступа: \www/ <http://www.itu.int> / – 10.03.2012 г. – Загл. с экрана.
2. Додонов А.Г. Живучесть информационных систем. / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
3. Стекольников Ю.И. Живучесть систем – СПб.: Политехника, 2002. – 155с.
4. Князева Н.А. Повышение структурной живучести телекоммуникационной сети / Н.А. Князева // International Journal “Information Models and Analyses”. – 2013. – №. 2. – С. 275-284.
5. Князева Н.А. Метод обеспечения структурной живучести телекоммуникационной сети. / Н.А. Князева // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2014. – №. 8. – С. 152-166.
6. Кривошея Д.О. Подход к оценке функциональной живучести иерархической системы видеоконференцсвязи на беспроводной ячеистой сети / Д.О. Кривошея // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – №. 5(24).
7. Князева Н.А. Теория проектирования компьютерных систем и сетей. Ч.2. Методы анализа и синтеза компьютерных сетей / Н.А. Князева. Одесса: СПД Бровкин О.В., 2012. -240 с.
8. Шестопалов С.В. Оценка общего времени обслуживания заявки на дополнительную услугу системами управления / С.В. Шестопалов. // Проблемы информатизации и управления, – 2009 – №3(27).

Метод оценки структурной живучести интеллектуальной надстройки с централизованным принципом управления Н. А. Князева, Л. Н. Зименко, Т. В. Кунуп

Аннотация. В работе предложен метод определения функциональной живучести интеллектуальной надстройки, осуществляющей управление процессом предоставления интеллектуальных сервисов. Для этого были введены понятия: множество функций системы F , множество функциональных элементов R (ресурсов системы), множество функциональных связей между элементами Y , классы интеллектуальных сервисов K , маршрут μ_{AB}^q , представляющий процесс предоставления сервисов q -го класса, вероятности наступления событий $E_{HВ}$, E_b , $E_{b'}$, E_{Γ} . В результате расчетов получены выражения для оценки функциональной живучести системы предоставления интеллектуальных сервисов, которые могут быть использованы при проектировании системы управления интеллектуальными сервисами, при выборе принципа управления, при решении задач повышения функциональной живучести системы управления интеллектуальными сервисами.

Ключевые слова: функциональная живучесть, внешний неблагоприятный эффект, обеспечение интеллектуальных сервисов, состояния системы, маршрут, события, вероятность функционального отказа, число состояний системы, класс интеллектуальных сервисов.

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